Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Eficiência alimentar e suas associações com lucro, características de carcaça e qualidade de carne de bovinos Nelore

Michele Lopes do Nascimento

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

Piracicaba
2011

Michele Lopes do Nascimento
Engenheiro Agrônomo

Eficiência alimentar e suas associações com lucro, características de carcaça e qualidade de carne de bovinos Nelore

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 5890 de 2010

Orientador:
Prof. Dr. **DANTE PAZZANESE DUARTE LANNA**

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

Piracicaba
2011

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP

Nascimento, Michele Lopes do
Eficiência alimentar e suas associações com o lucro, características de carcaça e qualidade de carne de bovinos Nelore / Michele Lopes do Nascimento. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 5890 de 2010. - - Piracicaba, 2011.
118 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2011.

1. Bovinocultura de corte 2. Carnes e derivados - Maciez 3. Consumo alimentar residual I. Título

CDD 636.2084
N244e

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

À minha mãe ***Elizabeth Ribeiro do Nascimento***, exemplo de coragem e determinação, que sempre fez o impossível para que eu pudesse chegar até aqui. Mesmo tendo muitas vezes que suportar a ausência, esteve ao meu lado dando-me o apoio necessário. Obrigada mãe por acreditar na minha escalada, mesmo quando eu própria duvidei, e, sobretudo por me ensinar a ter paciência e determinação com seus exemplos de superação.

À minha irmã ***Jackinha*** sempre muito presente em meu viver, a irmã-amiga de todas as horas, que desde que eu vim ao mundo me deu muito apoio, colo, amor, palavras de incentivo e muitos motivos de orgulho necessários para que eu pudesse ter força e ânimo para que eu pudesse superar os obstáculos e chegar até aqui.

À minha princesa ***Sandrinha*** que é verdadeira fonte de alegria em meu viver, pela dedicação do amor mais puro que possa existir.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus, fonte inesgotável de amor, pela oportunidade da vida, pela saúde, pela família, pela força concedida para que eu pudesse chegar até aqui, apesar das inúmeras dificuldades, e por sempre colocar pessoas maravilhosas em meu viver que me proporcionam alegrias e aprendizados.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (USP/ESALQ) e à coordenação do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens pela oportunidade de realização do curso de doutorado, e por terem contribuído para com a minha formação profissional.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

À Embrapa Pecuária Sudeste pela oportunidade de desenvolvimento da parte experimental dessa tese, pelo acolhimento e aprendizado.

Ao professor Dr. Dante Pazzanese D. Lanna, pela oportunidade de orientação, confiança e amizade ao longo desse período. E por tantas vezes ter tido paciência para me ensinar o óbvio.

Ao Dr. Rymer Ramiz Tullio, pela co-orientação em todas as fases deste trabalho, pela paciência, confiança e motivação. Principalmente pela amizade e incentivo ao longo do período que estive na Embrapa, imprescindíveis para a conclusão desse trabalho.

Ao Professor Dr. Gerson Barreto Mourão, que tanto me auxiliou nas análises estatísticas, despendendo horas e horas do seu tempo com esse trabalho. Levarei sempre comigo, em minha carreira e vida pessoal seus preciosos ensinamentos de educador!!!

Ao Dr. Maurício de Mello Alencar, chefe-geral da Embrapa Pecuária Sudeste, pelo apoio, confiança, ensinamentos e sobretudo pelo exemplo de conduta e caráter.

Ao Prof. Dr. Pedro Eduardo de Felício, pelos ensinamentos e amizade durante a disciplina Tópicos em Qualidade de Carne realizada na Unicamp.

Aos Professores do departamento de Zootecnia da ESALQ, em especial Cláudio M. Haddad, Raul Machado Neto e Wilson Mattos que tanto contribuíram para com a

minha formação profissional, desde a graduação, pelos seus exemplos de profissionalismo e conduta, e também pela amizade e incentivo nos momentos de dificuldade.

Ao Prof. Dr. Sila Carneiro da Silva, coordenador do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens, pela conduta e dedicação com que vem conduzindo o programa, pelo apoio e ajuda nos momentos de incertezas, e também pelos conselhos nos momentos oportunos.

Aos colegas que muito me auxiliaram na fase experimental: Maria Lígia, Leonardo, Jucelane, Roni, Adriana, Amália,Taciana, Priscila, Ana Luiza e Marcela. Muito obrigado pelo apoio, pelos momentos de muito trabalho e alegria, sem vocês esta etapa seria ainda muito mais difícil de ser cumprida.

Aos funcionários da Embrapa Pecuária Sudeste, especialmente Gilberto, Cosme, Paulinho, Ricardo, Didi, Nelsinho, Carlão, Avaré, Henrique, Tadeu e César que muito me ajudaram na condução do experimento, pela amizade imprescindível para os dias fossem mais felizes.

Aos colegas e estagiários do laboratório de análises de qualidade de carne da Embrapa Pecuária Sudeste: Avelardo, Thalles, Marita, Paula, Marina, Bianca Maria, Bianca Elisa e Willian, pela incomensurável ajuda com as análises.

Aos colegas de pós-graduação Rafaela Carareto, Michelle Maia, Leandro Coelho, Rodrigo Gourlart e Fabiane Silva pelos bons momentos compartilhados.

À bibliotecária Eliana pela presteza, carinho e atenção na formatação desta tese.

Aos amigos do laboratório de Nutrição e Crescimento Animal que ao longo desses anos foram uma verdadeira família: Raphael Monteiro, Mariana Caetano, Tiago Albertini, Amália Chaves, Pâmela Rizzo, Rodrigo Goulart e Fabiane Souza.

À querida Tuka, pela paciência com nossas dificuldades, pelo carinho, pelos tantos momentos felizes, pelas inúmeras conversas, pelos cafezinhos, festinhas, e sobretudo pela amizade. Obrigada Tuka... por tudo!!!!

Aos irmãos que fiz na ESALQ, Yuri, Gabi e Clayton (Cirilo), que à distância, estiveram ao meu lado, me incentivando a seguir. A amizade de vocês para mim é ouro!

Ao lindo casal que tanto adoro Carol e Murilo, pelos ótimos momentos vividos, pelas ótimas jantas compartilhadas... conversas, conselhos... Obrigada, até mesmo por puxarem a minha orelha quando foi necessário. Amo vocês.

A minha irmã d´alma Daniele, que mesmo de muito distante esteve presente em meu viver... TODOS OS DIAS... me dando apoio, força, ânimo... palavras amigas que foram verdadeiros bálsamos frente aos momentos de dificuldade. Obrigada minha amiga por acreditar em mim, obrigada por fazer parte da minha vida!!!

À querida amiga Andrea, que esteve ao meu lado nos momentos mais difíceis não só na conclusão deste trabalho, mas desde o início dele, me dando apoio e ânimo para seguir. Não tenho palavras para agradecer seu apoio e amizade!!!

Ao Renan, cuja presença providencial em meu viver não me deixou desistir desse sonho. Obrigada por não desistir, por me ensinar tantas coisas, pelo incentivo diário, por acreditar que eu seria capaz, por sempre me mostrar o lado bom das coisas, e principalmente pelo exercício da paciência ao compreender os momentos de nervosismo. Obrigada pelo companheirismo.

Ao tio Moacir pelas tantas preces a mim dedicadas, pelos telefonemas para dizer: *filha o tio tá torcendo por você!!!* Foram combustíveis para mim. Obrigada Tio...te amo.

À Tia Elza, Wallan e meu sobrinho Gustavo pelos momentos felizes.

Ao pai Nabel pelo exemplo, e pelos tantos ensinamentos.

À minha família que tanto amo... minha mãe, Jack e Sandrinha... sem as quais eu jamais chegaria até aqui, pois com amor, carinho e compreensão me deram ânimo e a certeza que estou no caminho certo. Amo muito vocês... obrigada por acreditarem que eu seria capaz!!!

Enfim, a todos aqueles que participaram direta ou indiretamente para que esse trabalho pudesse ser concluído.

Muito obrigada!!!

"*A transformação só acontece pelo poder do fogo. Milho de pipoca que não passa pelo fogo continua a ser milho de pipoca, para sempre. Assim acontece com a gente. As grandes transformações acontecem quando passamos pelo fogo. Quem não passa pelo fogo fica do mesmo jeito, a vida inteira."*

"Imagino que a pobre pipoca, fechada na panela, lá dentro ficando cada vez mais quente, pense que sua hora chegou: vai morrer. De dentro de sua casca dura, fechada em si mesma, ela não pode imaginar destino diferente. Não pode imaginar a transformação que está sendo preparada. A pipoca não imagina aquilo de que ela é capaz. Aí, sem aviso prévio, pelo poder do fogo, a grande transformação acontece: pum! - e ela aparece como uma outra coisa, completamente diferente, que ela mesma nunca havia sonhado. É a lagarta rastejante e feia que surge do casulo como borboleta voante"

Trechos do livro *O amor que acende a lua* de Rubem Alves.

SUMARIO

RESUMO.....13
ABSTRACT.....15
1 INTRODUÇÃO.....17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....21
2.1 Importância da avaliação da eficiência alimentar em programas de melhoramento genético de bovinos de corte.....21
2.2 Eficiência alimentar em bovinos de corte.....23
2.2.1 Medidas de Eficiência Alimentar.....23
2.2.2 Consumo Alimentar Residual como medida alternativa de eficiência alimentar em bovinos de corte.....25
2.2.2.1 Perspectivas de melhoramento genético na eficiência alimentar pelo consumo alimentar residual.....27
2.2.2.2 Relações entre CAR e desempenho animal.....29
2.2.2.2.1 Taxa de crescimento e outras características de produção.....29
2.2.2.2.2 Consumo de alimentos.....32
2.2.2.3 Relações entre CAR e características de carcaça bovina.....33
2.2.2.4 Relações entre CAR e qualidade da carne bovina.....37
2.2.2.5 Relações entre eficiência alimentar e custo de produção.....42
3 MATERIAL E MÉTODOS.....45
3.1 Obtenção da família de meios-irmãos.....45
3.2 Cronograma Experimental.....47
3.3 Animais e instalações.....48
3.4 Dieta, Manejo Alimentar e Coletas.....50
3.5 Características Avaliadas.....52
3.5.1 Desempenho.....52
3.5.2 Consumo de matéria seca e energia metabolizável.....52
3.5.3 Energia líquida da dieta consumida.....53
3.5.4 Medidas de eficiência.....54
3.5.5 Composição corporal, energia retida e composição do ganho.....55

3.6 Manejo pré-abate e abate 56
3.7 Avaliações dos parâmetros de qualidade de carne 57
3.8 Calculo da lucratividade dos animais confinados 59
3.9 Análise Estatística dos dados 60

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 63
4.1 Avaliação da eficiência alimentar pelo consumo alimentar residual 63
4.2 Desempenho, Consumo e Eficiência 64
4.3 Partição de energia, composição do ganho de peso e energia retida 69
4.4 Parâmetros de carcaça 74
4.5 Parâmetros de Qualidade de Carne 78
4.6 Avaliação dos parâmetros econômicos 85
4.7 Avaliação dos touros 90

5 CONCLUSÕES 101
REFERÊNCIAS 103

RESUMO

Eficiência alimentar e suas associações com lucro, características de carcaça e qualidade de carne de bovinos Nelore

O Brasil, com o maior rebanho comercial do mundo, só agora está desenvolvendo pesquisas sobre genética da eficiência alimentar. Além disso, é impossível ignorar a pressão nacional e internacional para uma indústria mais sustentável de produção de carne. Países como Austrália e Canadá, já desenvolveram programas para identificar animais mais eficientes, que produzem menos poluentes, em busca de marcadores moleculares para eficiência alimentar e qualidade da carne. Austrália, com um rebanho de 27 milhões de bovinos visa reduzir aproximadamente 30% do custo de produção de carne e 10% das emissões de metano, o Brasil com 205 milhões de animais tem um desafio ainda maior. O objetivo neste projeto foi estudar a eficiência alimentar e suas relações com características de lucro, carcaça e qualidade da carne em bovinos Nelore terminados em confinamento. O estudo avaliou em dois anos, 310 novilhos com medições individuais de consumo alimentar. Parâmetros de carcaça (peso, rendimento, área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea, peso dos rins, coração, fígado e gordura interna) foram determinados. Qualidade da carne de amostras maturadas ou não (pH, força de cisalhamento, cor, perdas por cocção, capacidade de retenção de água, índice de fragmentação miofibrilar e gordura intramuscular) também foram avaliadas. Variáveis de eficiência alimentar calculadas foram: conversão alimentar, eficiência de crescimento parcial, eficiência da manutenção, eficiência de ganho de peso, taxa de crescimento relativo, índice de Kleiber e consumo alimentar residual (CAR). Foram analisados os coeficientes de regressão linear entre as variáveis avaliadas e o CAR. Peso vivo médio metabólico e ganho médio diário não foram relacionados ao CAR ($P>0,05$). Os animais mais eficientes consumiram, no mínimo 11,2% menos do que os ineficientes ($P<0,05$). A redução do CAR em uma unidade reduziu 0,021 na eficiência alimentar e 0,796 na conversão. Não houve relação entre CAR e área de olho de lombo ($P> 0,05$), mas houve redução da espessura de gordura subcutânea e intramuscular depositadas, com a diminuição do CAR ($P <0,05$). A estimativa de energia retida no ganho reduziu em 0,2 Mcal/dia. Isto significa que mudanças na composição corporal do ganho foram capazes de explicar 16,5% das diferenças no consumo de alimentos entre animais eficientes e ineficientes definidos pelo CAR. Parâmetros de carcaça, fígado, coração e gordura interna assim como pH, força de cisalhamento e índice de fragmentação miofibrilar de amostras do *L.dorsi* não foram relacionados com CAR ($P>0,05$). O lucro foi positivamente associado ao CAR ($r= -0,124$;$P<0,05$), mas melhor associado à eficiência alimentar ($r= -0,85$; $P<0,001$) e ganho de peso ($r=0,64$; $P<0,001$). Ganho de peso, consumo de matéria seca, conversão alimentar, espessura de gordura subcutânea e lucro apresentaram efeito de touro. Há uma relação entre CAR e a composição do ganho em animais Nelore, de acordo com mudanças na deposição de gordura subcutânea e intramuscular. Pelo fato de produzir carcaças mais magras, a adoção do CAR como critério de seleção deve ser cuidadosa.

Independente da possível redução na qualidade da carne, conclui-se que o CAR é menos adequado que ganho, consumo ou conversão alimentar para prever lucro em confinamento.

Palavras-chave: Bovinocultura de corte; Consumo alimentar residual; Maciez

ABSTRACT

Feed efficiency and relationships with profitability, carcass characteristics and meat quality of Nellore

Brazil, with the biggest commercial herd in the world, is just now developing research on the genetics of feed efficiency. In addition, it is impossible to ignore national and international pressure for a more sustainable beef production industry. Countries like Australia and Canada have already developed programs to identify more efficient animals, that produce less pollutant, in search of molecular markers for feed efficiency and at the same time meat quality. Australia, with a 27 million bovine herd aims to reduce by approximately 30% the cost of meat production and by 10% methane emissions. Brazil with 205 million animals has an even greater challenge. The objective of this project was to study feed efficiency and its relationships with profitability, carcass characteristics and meat quality in Nellore steers finished in the feedlot. The study evaluated in two years, 310 calves with individual feed intake measurements. Carcass parameters (yield, size, loin eye area, backfat thickness, weight of the kidneys, heart, liver and internal fat) were determined. Meat quality of aged and not aged samples (pH, shear force, color parameters, cooking losses, water holding capacity, myofibrillar fragmentation index and intramuscular fat) was also evaluated. Feed efficiency variables calculated were: feed:gain ratio, partial growth efficiency, maintenance efficiency, efficiency of weight gain, relative growth rate, Kleiber index and residual feed intake (RFI). The linear regression coefficients between the variables evaluated against the calculated RFI were used. The average metabolic live weight and average daily gain were not related to RFI ($P > 0.05$). The most efficient animals consumed at least 11.2% less than the inefficient ones ($P<0.05$). The reduction in RFI by one unit resulted in a decrease in feed efficiency by 0.021 in feed efficiency and 0.796 feed:gain ratio. There was no relationship between RFI and loin eye area ($P>0.05$), but there was a decrease in backfat deposited and intramuscular fat gain due to the decrease in RFI ($P<0.05$). The retained energy, estimated by the difference in body composition, was reduced by 0.2 Mcal/day in inefficient vs efficient animals. This means that the change in estimated body composition was able to explain 16,5% of the difference in feed intake between RFI efficient and RFI inefficient animals. Parameters of carcass, liver, heart and internal fat, pH, shear force and myofibrillar fragmentation index of *L.dorsi* samples were not associated with RFI ($P>0.05$). Profitability was indirectly related to RFI ($P<0.05$). However, profit had much greater association with feed:gain ratio ($r= -0.85$; $P<0.001$) as well as with weight gain ($r=0.64$; $P<0.001$). The weight gain, dry matter intake, feed:gain ratio, backfat, RFI and profitability demonstrated sire effects. There was a relationship between RFI and composition of gain in Nellore steers, consistent with the changes in deposition of subcutaneous and intramuscular fat. Because it produces leaner carcasses, the adoption of RFI as a selection criterion should be evaluated carefully. Independent of a possible reduction in meat quality, the data demonstrates that RFI is less efficient than gain, feed intake or feed conversion to predict feedlot profit.

Keywords: Beef cattle; Residual feed intake; Tenderness

1 INTRODUÇÃO

O rebanho bovino brasileiro possui aproximadamente 205 milhões de cabeças (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2009), sendo a maior parte representada por animais da raça Nelore (PEREIRA, 2004), que são adaptados às condições tropicais. Além de animais adaptados às suas condições, 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 nosso país a segunda posição mundial na produção de equivalente carcaça, e desde 2005, a primeira na exportação de carne bovina (ESTADOS UNIDOS, 2009).

As projeções de produção de carne bovina para o Brasil indicam que o setor deve apresentar intenso dinamismo nos próximos anos (BRASIL, 2010), com crescimento da produção e o consumo de carne bovina, para o período de 2019/2020, de 2,15% e 1,94% ao ano, respectivamente. Estima-se que as exportações de carne bovina em 2016 serão lideradas por Brasil, Austrália, Índia, Argentina e Nova Zelândia, que responderão por 93,8% das exportações mundiais de carne bovina e um volume em equivalente carcaça de 2.849 mil toneladas (FAPRI, 2006).

A expansão prevista das exportações de carne pelo Brasil, de aproximadamente 3,9% ao ano, coloca-o em posição de destaque no comércio mundial. O país deverá manter a liderança de principal exportador de carne bovina em 2019/20 e as relações de Exportação do Brasil devem representar 42,7% do comércio mundial (BRASIL, 2010; FAPRI, 2009). Para manter-se na liderança e atender a crescente demanda, o Brasil deverá aumentar a produção de carne. Isto implicará na ampliação e intensificação da área de produção e o aumento no número de animais no rebanho, fato que contribuirá para aumento da produção de gases e esterco.

O grande desafio, portanto, será aumentar a produtividade do rebanho bovino minimizando os prejuízos ao meio ambiente e a abertura de novas áreas. Uma alternativa para vencer este desafio seria a identificação de animais mais eficientes no aproveitamento do alimento. Os animais eficientes teriam grande impacto sobre a lucratividade do sistema, devido à economia potencial de alimentos e maior produção de

carne/unidade de área, e ao mesmo tempo exerceriam menor impacto sobre o meio ambiente por serem menos poluentes (BASARAB, 2003; CRC, 2004). Resultados recentes de pesquisa indicam que animais eficientes emitem menos metano entérico (HEGARTY et al., 2005; NKRUMAH et al., 2006), sugerindo benefício ambiental.

Apesar destas vantagens, a seleção para eficiência alimentar tem sido relegada ao segundo plano pelos programas de melhoramento genético de bovinos de corte. Isto ocorre, provavelmente, pela dificuldade de se obter o consumo alimentar individual dos animais e da eficiência ser considerada associada à taxa de ganho (KENNEDY et al., 1993; CAMERON, 1998). A taxa de ganho e pesos em diferentes idades são características utilizadas nos programas de avaliação genética de bovinos de corte no Brasil devido à maior facilidade de avaliação (ALENCAR, 2004).

Entretanto, existem evidências de correlação genética positiva e elevada entre pesos em idades jovens e à maturidade de fêmeas (JENKINS et al., 1991; BULLOCK et al., 1993; SILVA et al., 2000; TALHARI et al., 2003), fato que sugere que a utilização do peso como critério de seleção pode resultar em aumento do tamanho adulto do animal e de suas exigências, conferindo à estes genótipos menor desempenho em condições limitantes.

No Brasil, a maior parte dos animais é produzida sob regime de pastagens, as quais apresentam grande flutuação sazonal de produção e qualidade, o tamanho adulto do animal passa a ser ainda mais importante na determinação da eficiência biológica e econômica dos sistemas. Este é um ponto relevante, uma vez que as exigências para mantença (MARSHALL et al., 1976) e o consumo de alimentos (McMORRIS; WILTON, 1986) dependem do tamanho do animal.

A eficiência de utilização do alimento pode ser expressa de diversas maneiras, dentre elas: eficiência bruta, conversão alimentar, eficiência de mantença, eficiência parcial de crescimento, consumo alimentar residual, eficiência do par vaca/bezerro, taxa relativa de crescimento, entre outras (ARCHER et al., 1999; ARTHUR; HERD, 2008; OKINE et al., 2003), sendo a eficiência bruta e conversão alimentar as mais utilizadas.

Embora sejam bastante utilizadas, estas medidas como parâmetros de seleção genética podem apresentar limitações de inclusão nos programas de melhoramento

genético, devido ao seu efeito no tamanho adulto do rebanho, citado anteriormente, por serem correlacionadas com peso vivo (ARCHER et al.,1999).

Um índice alternativo para medir eficiência alimentar, que não levaria ao aumento do tamanho adulto dos animais, seria o Consumo Alimentar Residual (CAR). Conforme proposto por Koch et al. (1963), este índice permite comparar a eficiência de utilização dos alimentos entre animais contemporâneos com diferentes pesos vivos e níveis de produção. O CAR é obtido da diferença entre o consumo real de alimentos e o consumo predito, o qual é calculado a partir do peso vivo médio metabólico e ganho médio diário individual dos animais. Esta medida é geneticamente independente do peso vivo e do nível de produção (ARTHUR et al., 2001b) e apresenta potencial de utilização que permite comparações de eficiência energética líquida e alimentar entre animais de peso à idade adulta inalterado.

Apesar de o CAR ter sido proposto nos Estados Unidos na década de 60, foi no início da década de 90 que os australianos se dedicaram ao seu estudo, sendo seguidos pelos canadenses (LANNA; ALMEIDA, 2004). Desde então, vários estudos conduzidos nesta área constataram que existe satisfatória variabilidade fenotípica para consumo alimentar ajustado para taxa de ganho e peso vivo metabólico e indicam a utilização do CAR como critério de seleção (ARTHUR et al., 2001b).

Os primeiros dados de CAR com bovinos Nelore (ALMEIDA, 2005) demonstraram variabilidade fenotípica de média a alta para esta característica (0,7 kg). A variação entre indivíduos dentro da mesma raça, com considerável herdabilidade, deixa amplo espaço para o melhoramento genético e sugere que a seleção de animais mais eficientes sem alterar as características de desempenho poderia aumentar significativamente a rentabilidade da indústria de carne bovina. A herdabilidade do CAR em bovinos de corte em crescimento estimada varia de 0,16 a 0,43 (HERD et al., 2003).

Embora a seleção genética para eficiência alimentar, especialmente pelo CAR, que não alteraria o tamanho adulto dos animais, apresente vantagens biológicas e econômicas para o sistema de produção de carne bovina, as associações genéticas entre esta medida com as características de carcaça e qualidade de carne devem ser

conhecidas, pois se existem antagonismos entre as medidas de eficiência e características de carcaça, estes devem ser identificados.

Qualquer prejuízo ao tamanho, à conformação e cobertura de gordura da carcaça, por exemplo, podem reduzir o benefício econômico alcançado pela seleção para diminuição dos custos com alimentação animal. Portanto, estudos envolvendo a variação fenotípica e genética, assim como as relações entre eficiência alimentar e características de carcaça e qualidade de carne, principalmente de animais da raça Nelore, são fundamentais para que os programas de melhoramento genético estabeleçam critérios de seleção associando características de eficiência alimentar e produção para melhorias econômicas do sistema de produção.

Neste contexto, o objetivo desta tese foi estudar a eficiência alimentar e suas associações com lucro, características de carcaça e qualidade de carne de novilhos Nelore em confinamento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A pesquisa na área de produção animal do século XX foi voltada, prioritariamente, à investigação de estratégias para aumentar a capacidade de produção dos animais, porém pouca atenção foi dada à eficiência com a qual a produção era atingida. Isso é compreensível, uma vez que esse período coincidiu com a Revolução Verde, onde a agricultura mundial sofreu transformações que resultaram, entre 1950 e 1984, no aumento de 250% na produção mundial de grãos. Naquele momento, não se previa que em 2011, aproximadamente 40% da produção de grãos dos Estados Unidos seria destinada à produção de combustível para automóveis, e o preço do óleo afetaria o preço dos alimentos destinados aos animais. Este fato contribuiu para as recentes mudanças de estratégias que visam aumentar a produção de carne cujos objetivos estão direcionados para melhorarias não somente no ganho de peso, mas principalmente na conversão alimentar dos animais. As contribuições de pesquisas recentes nesta linha indicam que a indústria animal é eminentemente capaz de aumentar o suprimento de produtos cárneos sem prejudicar o meio ambiente, diante da disponibilidade cada vez menor de grãos (CRONJE, 2011).

2.1 Importância da avaliação da eficiência alimentar em programas de melhoramento genético de bovinos de corte

Um dos principais desafios econômicos e ambientais da indústria da carne é buscar alternativas para maximizar a eficiência de utilização de alimentos e minimizar a excreção de resíduos. McWhir e Wilton (1987) indicaram que a eficiência de conversão alimentar pode ser responsável por até 50% da variação na margem bruta de sistemas de produção de bovinos de corte.

Infelizmente, em ruminantes, a eficiência da conversão de alimentos em produto cárneo é relativamente baixa quando comparados aos animais monogástricos (LOBLEY, 1992). Por exemplo, nos animais produzidos em confinamento, cerca 80% da ingestão de nitrogênio pode ser excretada nas fezes (BIERMAN et al., 1999). Melhorias na eficiência de conversão alimentar, sem dúvida, teriam um impacto positivo sobre a

rentabilidade por exercer um efeito considerável sobre o custo da produção de carne bovina. Okine et al. (2003) estimaram que a melhoria de 5% na eficiência alimentar sem alteração na taxa de crescimento dos animais poderia resultar em economia nove vezes maior nos custos de alimentação quando comparado à economia gerada pelo aumento de 5% no ganho médio diário, sem qualquer alteração no consumo de ração. Outros autores também indicaram benefícios econômicos como resultados da redução do consumo de ração, sem alterar o crescimento (ARTHUR; HERD, 2005).

Além da eficiência de utilização de alimentos melhorarem a rentabilidade, contribui também para redução da excreção de nutrientes, beneficiando diretamente o ambiente. Animais eficientes produzem menor quantidade de poluentes por unidade de carne produzida (TAMMINGA, 1996; Van HORN et al., 1996), principalmente de metano entérico (HEGARTY et al., 2005;. NKRUMAH et al., 2006). Apesar das inúmeras vantagens, a seleção para eficiência alimentar tem sido relegada ao segundo plano pelos programas de melhoramento genético de bovinos de corte no Brasil e provavelmente não foi incluída nas avaliações genéticas pela dificuldade de se obter o consumo alimentar individual dos animais e pelo fato da eficiência estar associada à taxa de ganho (KENNEDY et al., 1993; CAMERON, 1998).

As taxas de ganho e pesos em diferentes idades são as características mais utilizadas nos programas de melhoramento genético de bovinos de corte no Brasil devido à maior facilidade de avaliação (ALENCAR, 2004). A associação da eficiência com ganho de peso permitiria uma seleção indireta de animais eficientes no aproveitamento dos alimentos, fato que reduziria investimentos em instalações individuais, alimentação e mão de obra qualificada para condução destas avaliações.

A seleção indireta para eficiência alimentar, considerando a sua associação com ganho de peso, seria indicada se não existissem evidências da correlação genética positiva e elevada entre os pesos de fêmeas nas idades jovem, adulto e na maturidade (JENKINS et al., 1991; BULLOCK et al., 1993; SILVA et al., 2000; TALHARI et al., 2003). A conversão alimentar apresenta-se correlacionada negativamente com a taxa de crescimento, com valores entre -0,60 e -0,93. (BRELIN; BRANNANG, 1982; KORVER et al., 1991; ARCHER et al., 1998; HERD; BISHOP, 2000; ARTHUR et al., 2001a, 2001b;

BISHOP et al., 1991;. MacNEIL et al., 1991;. KORVER et al., 1991; KOOTS et al., 1994a, 1994b), ou seja, quanto melhor a conversão maior o ganho de peso dos animais.

Dados nacionais de animais avaliados para CAR, obtidos por Almeida (2005), demonstraram que após anos de seleção para crescimento, a eficiência alimentar é comprometida. Nesse estudo, animais pré-selecionados para ganho de peso obtiveram ganhos 10% maiores em peso vivo, porém apresentaram consumo diário de alimento 16% superiores do que os não selecionados. Os aumentos no ganho de peso foram proporcionalmente menos expressivos que os aumentos no consumo de MS.

Dessa forma, a utilização do peso como critério de seleção para eficiência alimentar pode resultar em aumento do tamanho adulto do animal, das suas exigências nutricionais e na obtenção de genótipos com menor desempenho em condições limitantes. A seleção de animais maiores e mais exigentes, mesmo que eficientes, para produção em sistema a pasto, poderia comprometer a produtividade por limitar o potencial genético de desempenho, devido à variação de disponibilidade e qualidade de forragem durante o ano.

2.2 Eficiência alimentar em bovinos de corte

Existem várias maneiras de medir e expressar a eficiência de utilização dos alimentos, com vantagens e desvantagens específicas, cujas aplicações dependem do objetivo da seleção. Definir os *inputs* biológicos ou econômicos e os *outputs* pode ser um grande desafio e a interpretação nutricional das medidas de eficiência deve ser cautelosa para que sejam utilizadas corretamente no desenvolvimento de programas de melhoramento genético animal. Quantificar a eficiência do uso do alimento para a seleção de bovinos de corte é uma tentativa de enumerar diferenças individuais, apesar do metabolismo em si ainda não ser totalmente compreendido.

2.2.1 Medidas de Eficiência Alimentar

Uma das primeiras medidas de eficiência do uso de alimentos proposta como eficiência parcial de crescimento foi descrita por Kellner (1909), sendo obtida pelo ganho

de peso relativo ao consumo acima da mantença, chamada também de eficiência energética do ganho de peso. Outro índice para avaliação da eficiência é a conversão alimentar (CA), calculada pela relação de alimento consumido por quilograma de ganho de peso corporal (BRODY, 1945).

Enquanto investigava o metabolismo energético, Kleiber (1936) descreveu mais um índice de eficiência alimentar, denominado Índice de Kleiber (IK), calculado pelo ganho de peso diário por unidade de peso vivo metabólico (Peso Vivo^{0,75}). Fitzhugh e Taylor (1971) sugeriram medir eficiência como sendo ganho de peso referente ao tamanho instantâneo do corpo, denominado taxa relativa de crescimento (TRC).

Além destas abordagens de eficiência, muitos autores têm revisado (ARCHER et al., 1999;. ARTHUR; HERD, 2005; OKINE et al., 2003; HOQUE; SUZUKI, 2009) e estudado (ARTHUR et al., 2001a; NKRUMAH et al., 2004; SCHENKEL et al., 2004) outras alternativas para medir a eficiência de utilização de alimentos, como a eficiência bruta (ganho de peso/consumo de alimento), a eficiência de mantença (ganho de peso/consumo para a mantença), o consumo alimentar residual, a eficiência do par vaca/bezerro e a eficiência de produção (carne produzida/consumo de alimento).

Destas medidas, as mais simples e amplamente utilizadas são a conversão alimentar e a sua relação inversa, e a eficiência bruta (SCHENKEL et al., 2004). Estas são consideradas medidas brutas por não levarem em consideração as diferenças das exigências de mantença e crescimento dos animais (ARTHUR et al., 1996; MRODE et al., 1990; BISHOP et al., 1991). Em função disso, podem apresentar sérias limitações para serem incluídas nos programas de melhoramento como parâmetros de seleção genética, pois, de maneira similar à seleção para taxa de crescimento, podem resultar no aumento do tamanho à maturidade do rebanho (ARCHER et al.,1999; HERD; BISHOP, 2000). O uso de relações conversão e eficiência alimentar para a seleção genética apresenta problemas associados com a predição das mudanças nas características de gerações futuras (ARTHUR et al., 2001b). Além disso, a correlação genética entre a característica mensurada em animais jovens e em animais adultos é baixa (ARCHER et al., 2002).

As exigências de mantença dos animais devem ser consideradas ao se calcular índices da eficiência, pois o alimento necessário para suprir os requerimentos de mantença pode representar de 60 a 65% do requerimento total de um animal (MONTAÑO-BERMUDEZ; NIELSEN; DEUTCHER, 1990). Além da representatividade no requerimento nutricional total, as variações existentes nas exigências de mantença são componentes que definem as diferenças na eficiência entre os animais (ARTHUR et al.,1996).

Aumentar o tamanho das vacas, pela seleção por eficiência bruta, por exemplo, resultaria em aumento na exigência de mantença, e, consequentemente, na diminuição da eficiência de produção do par vaca/bezerro, pois o custo com energia de mantença de vacas é bastante elevado, representando até 70-75% do total de energia requerida ao longo do ano (FERRELI; JENKINS, 1985). Portanto, a utilização de valores de eficiência bruta em programas de seleção genética deve ser cautelosa e levar em consideração as potenciais mudanças em características correlacionadas, como tamanho adulto ou peso ao nascer.

2.2.2 Consumo Alimentar Residual como medida alternativa de eficiência alimentar em bovinos de corte

Um índice alternativo para medir eficiência alimentar, que evitaria o aumento do tamanho adulto e leva em consideração as exigências de mantença e produção dos animais, seria o consumo alimentar residual (CAR). O CAR é calculado pela regressão linear do consumo individual real em função do peso vivo metabólico médio ($PV_{médio}^{0,75}$ = PVMM) e ganho de peso diário (GPD). A regressão do consumo observado de cada animal com seus respectivos PVMM e GPD dá origem aos coeficientes médios do grupo (β_0, β_1 e β_2) e o resíduo (ε). A equação comumente utilizada para esta estimativa foi proposta por Koch et al. (1963):

$$CMS = \beta_0 + \beta_1 \times (PVMM) + \beta_2 \times (GPD) + \varepsilon$$

O consumo predito pela equação indica a quantidade de alimento que seria necessária para manter uma unidade de peso vivo metabólico e para produzir uma unidade de produto. O resíduo obtido na regressão (ε), ou seja, o CAR, é a diferença entre o consumo real de alimentos e o predito pela equação. Assim, os animais eficientes são aqueles que apresentam CAR negativo (consumo observado menor que o predito) e os ineficientes, CAR positivo (consumo observado maior que o predito).

Para que a adequada estimativa do CAR, deve-se garantir a acurácia das determinações de consumo individual e ganho de peso dos animais avaliados. Para a estimativa acurada do consumo individual Archer et al. (1997) contataram que seriam necessários no mínimo 35 dias de avaliação para animais taurinos, para a raça Nelore Castilhos et al. (2011) consideram que 28 dias de avaliação são suficientes. No entanto, para o ganho de peso, deve-se ter um período mínimo de avaliação de 70 a 84 dias em função da maior variação desta característica no tempo (devido às diferenças de conteúdo gastrointestinal entre pesagens) quando comparado ao consumo, por esta razão o CAR deve ser determinado por um período mínimo de 70 dias (ARCHER; BERGH, 2000; CASTILHOS et al., 2011).

Esta medida de eficiência é geneticamente independente do peso vivo e do nível de produção (ARTHUR et al., 2001b) e apresenta potencial de utilização para comparações de eficiência energética líquida e alimentar entre animais com peso adulto estável. Basarab et al. (2001) relataram que o CAR pode ser relacionado aos requerimentos necessários para a mantença do animal independente do ganho, tamanho ou consumo.

O consumo de alimentos e sua utilização envolvem um complexo de processos biológicos e interações com o ambiente, contribuindo para existência de indivíduos de peso vivo similares, porém com requerimentos nutricionais distintos (BYERLY, 1941, apud HERD; PITCHFORD, 2011). O CAR é um dos poucos índices de eficiência alimentar de bovinos em crescimento que identifica as diferenças de consumo entre indivíduos de peso vivo e ganho de peso vivo semelhantes. Koch et al. (1963) sugeriram que o consumo alimentar deve ser ajustado para peso vivo e ganho de peso,

efetivamente fracionando consumo alimentar em dois componentes: consumo alimentar esperado para dado nível de produção e a porção residual.

A porção residual do consumo, obtida na equação citada anteriormente, foi utilizada para identificar animais que desviam do seu consumo esperado. As variações individuais em consumo alimentar acima ou abaixo do esperado em função do seu peso vivo metabólico e ganho de peso diário também têm sido demonstrado para ratos (ARCHER et al., 1998), aves domésticas (LUITING; URFF, 1991), suínos (FOSTER;KILPATRICK; HEANEY, 1983; GILBERT et al., 2007; HOQUE et al., 2007) e bovinos de corte (ARCHER et al., 1999), existindo evidências de base genética para a variação entre as espécies. A única estimativa nula ou próxima de zero para CAR tem sido obtida em vacas de leite de alta produção (ARCHER et al., 1999).

O interesse em melhorar a eficiência alimentar de bovinos de corte pelos programas australianos de melhoramento genético foi crescente na última década (HERD et al., 2003; ARTHUR; HERD, 2008; HERD, 2008). O CAR pode ser menos influenciado por fatores ambientais no pré-teste do que por caracteristicas relacionadas ao crescimento (HERD; BISHOP, 2000; ARTHUR et al., 2001a). Como essa medida é independente do tamanho do animal e taxa de crescimento, variações no CAR podem representar variação inerente à processos fisiológicos que determinam a eficiência de produção (ARCHER et al., 1999).

De acordo com estimativas de Richardson e Herd (2004), os processos fisiológicos que regulam essa variação são: o *turnover* protéico, estresse e metabolismo dos tecidos (37%), o transporte de íons (27%), atividade (10%), digestibilidade (10%), incremento calórico (9%), composição corporal (5%) e comportamento ingestivo (2%). O conhecimento das variações biológicas pode auxiliar na busca de novas tecnologias para identificar animais eficientes em determinadas fases da criação, como por exemplo, no confinamento.

2.2.2.1 Perspectivas de melhoramento genético na eficiência alimentar pelo consumo alimentar residual

Apesar de o CAR ter sido proposto na década de 60, foi no início da década de 90 que os australianos se dedicaram ao seu estudo, seguidos pelos canadenses. Desde então, vários experimentos vêm sendo conduzidos nesta área (LANNA; ALMEIDA, 2004). A resposta à seleção para CAR depende da variância genética e da herdabilidade da característica (CREWS et al., 2005). A literatura aponta variação genética para CAR em animais em crescimento e mantença (KOCH et al., 1963; ARCHER et al., 1999; LIU et al., 2000; HERD; BISHOP, 2000; ARTHUR et al., 2001a; NKRUMAH et al., 2007 HOQUE; SUZUKI, 2009). Arthur et al. (1996) observaram variação genética significativa para consumo de alimento e CAR entre indivíduos da mesma raça e filhos de diferentes de touros. Os autores avaliaram novilhas oriundas de vacas Angus, Hereford e Shorthorn submetidas a um teste de desempenho com duração de 120 dias no pós-desmame alimentadas com uma dieta peletizada de alto volumoso e observaram valores individuais de CAR variaram de -1,53 a 1,68 kg/dia.

Segundo algumas pesquisas brasileiras, a variação fenotípica do CAR para bovinos zebuínos é semelhante ou superior aos demais estudos em taurinos, com valores entre 0,41 a 1,05 kg de MS/dia (ALMEIDA; LANNA; LEME, 2004; ALMEIDA, 2005; BONIN et al., 2008; PAULINO et al., 2005; LEME; GOMES, 2007; GOMES, 2009). Nestes estudos, os animais eficientes e ineficientes apresentaram composição corporal similares. Arthur et al. (2001b) relataram satisfatória variabilidade fenotípica para consumo alimentar ajustado para taxa de ganho e peso vivo metabólico e afirmaram que o CAR poderia ser utilizado como critério de seleção de animais eficientes.

Está estabelecido na literatura que a característica consumo alimentar residual apresenta moderada herdabilidade, com a maior parte das estimativas publicadas entre 0,18 a 0,35 (KOCH et al., 1963; FAN et al., 1995; ARTHUR et al., 1997, 2001b; ARCHER et al., 1998; RENAND et al., 1998; HERD; BISHOP, 2000; ROBINSON; ODDY, 2004). A variação entre indivíduos dentro da mesma raça, com considerável herdabilidade, indica que a seleção de animais mais eficientes, sem alterar as características de desempenho, poderia aumentar significativamente a rentabilidade da indústria de carne bovina e trazer benefícios econômicos, sugerindo sua inclusão em programas de melhoramento genético de bovinos de corte.

2.2.2.2 Relações entre CAR e desempenho animal

2.2.2.2.1 Taxa de crescimento e outras características de produção

Além de o CAR apresentar variação genética, como exposto anteriormente, muitos estudos têm demonstrado correlações genéticas entre CAR e ganho de peso próximas à zero (BRELIN; BRANNANG, 1982; KORVER et al., 1991;. ARCHER et al., 1998;. HERD; BISHOP, 2000; ARTHUR et al., 2001b, 2001a), resultados que indicam ser um índice independente da taxa de crescimento. Na avaliação de 148 novilhos para CAR, Basarab et al. (2003) verificaram amplitudes entre -1,95 e +1,82 kg/dia e ausência de correlação entre CAR e ganho e peso vivo médio metabólico. Arthur et al. (2001a) também reportaram que o CAR foi geneticamente independente de ganho de peso (r_g= -0,06).

Resultados similares foram observados em estudos com animais da raça Nelore (CORVINO, 2010; FARJALLA, 2009). Em um estudo de compilação com dados de mais de 700 touros da raça Charolês em teste de desempenho pós-desmame, Arthur et al. (2001b) observaram que o CAR foi fenotipicamente independente de características de peso vivo e ganho de peso, mas outros índices de eficiência alimentar, como Índice de Kleiber e Taxa Relativa de Crescimento, apresentaram forte correlação com ganho de peso. Neste trabalho, os autores verificaram correlação negativa entre ganho de peso e conversão alimentar (r = -0,54) e eficiência parcial de crescimento (r = -0,14), e correlações significativas entre peso vivo com índice de Kleiber (IK), taxa relativa de crescimento (TRC), eficiência parcial de crescimento (EPC) e conversão alimentar (CA).

Resultados semelhantes foram obtidos por Nkrumah et al. (2004) ao avaliarem animais mestiços castrados e inteiros durante o mesmo período de tempo. Os autores detectaram correlação significativa entre eficiência parcial de crescimento e GPD (r = 0,24). Neste estudo, os animais castrados foram menos eficientes que os animais inteiros para CAR, EPC e CA e as médias de TRC e IK não diferiram entre os grupos. A similaridade das médias de TRC e IK em termos de eficiência sugere que essas medidas podem ser incapazes de detectar diferenças verdadeiras em eficiência

energética. Entretanto Arthur et al. (2001b) observaram que a EPC é negativamente correlacionada ao GPD (- 0,14).

Um estudo de seleção divergente, iniciado em 1993 por pesquisadores australianos, tem contribuído para avaliação do impacto da seleção para CAR sobre as características de produção. Nesse estudo, os touros mais eficientes (CAR negativo) foram acasalados com 50% das melhores fêmeas em termos de eficiência, enquanto os touros mais ineficientes foram acasalados com as 50% fêmeas mais ineficientes (ARTHUR et al., 2001a). Os autores evidenciaram que depois de duas gerações de seleção divergente para CAR, não foram observadas diferenças no peso ao sobreano ou ganho de peso das progênies oriundas de pais com CAR negativo ou positivo.

Entretanto, ao contrário da maioria dos resultados da literatura, Archer et al. (1998) e Herd e Bishop (2000) detectaram correlações genéticas significativas entre CAR e peso ao sobreano (r = -0,25 e r = 0,15, respectivamente). Jensen et al. (1992) avaliaram animais confinados em dois diferentes períodos de testes e obtiveram correlações genéticas entre CAR e ganho de peso (r = 0,32 e r = -0,24), assim como Arthur et al. (2001b) quando estudaram touros Charoleses (r = -0,10). Archer et al. (1998) relataram uma correlação genética negativa (r = -0,25) entre CAR e peso vivo em touros e novilhas Angus, sugerindo que animais mais eficientes, identificados por CAR negativo, podem ter peso vivo maior. Em contraste, Arthur et al. (2001a) relataram uma correlação genética positiva (r = 0,32) entre CAR e peso vivo em touros Charolês. Outras correlações genéticas entre CAR e peso vivo encontradas foram r = 0,03 (KORVER et al., 1991), r = 0,22 (HERD; BISHOP, 2000) e r = -0,06 (ARTHUR et al., 2001b).

Estes resultados contraditórios sugerem que a independência da relação genética entre peso vivo e CAR não é bem estabelecida. Porém, Nkrumah et al. (2004) afirmaram que o CAR é a única medida de eficiência fenotipicamente independente de características que o compõem. Hoque et al. (2009) recentemente compararam CA, EPC, TRC, IK e CAR utilizando mais de 22.000 registros de progênies de animais *Japanese Black*. Dos parâmetros genéticos estimados para as características listadas, CAR se mostrou superior a outras medidas de eficiência.

Outras características de produção, tais como altura da garupa e circunferência escrotal, também não são correlacionadas com CAR (ARTHUR et al., 2001a;. BASARAB et al., 2003; SCHENKEL et al., 2004; KELLY et al., 2010). Mesmo que o CAR seja independente da maioria das características fenotípicas, poucos pesquisadores têm estudado as relações potenciais entre CAR e outras características economicamente importantes em animais adultos. A eficiência geral do sistema de produção tem sido investigada em estudos com ênfase na eficiência reprodutiva, um dos traços mais importantes para determinar a rentabilidade (KOOTS; GIBSON, 1998). Os dados disponíveis indicam que as vacas de baixo CAR podem aumentar em 15% a eficiência do sistema de produção (HERD et al., 1998).

Estudando três ciclos de produção de vacas Angus divergentemente selecionadas para CAR no pós-desmame, Arthur e Herd (2005) observaram que após avaliação de 1,5 gerações de seleção para CAR, o valor genético estimado para essa característica diferiu em 0,8 kg/dia e as vacas de baixo CAR permaneceram mais magras durante todo o período experimental. Neste experimento não foram observadas diferenças significativas entre as médias de taxa de prenhez (90,5 vs 90,2%), taxa de parição (89,3 vs 88,3%), taxa de desmama (81,5 vs 80,2%), produção de leite (7,5 vs 7,8 kg/dia), peso do bezerro ao nascimento (33,6 vs 31,8 kg) e na desmama (191,3 vs 198,4 kg) entre os grupos baixo e alto CAR.

Basarab et al. (2007) investigaram a eficiência do sistema de produção, separando vacas em grupos de baixo, médio e alto CAR baseado nas progênies acasaladas por monta natural durante três anos. Um subconjunto de vacas foi avaliado para CAR durante o segundo trimestre de gestação em cada um dos três anos, e todos os bezerros, exceto aqueles usados como fêmeas de substituição, foram avaliados até a terminação para estudo de características de carcaça. Em concordância aos resultados obtidos por Arthur e Herd (2005), estes autores não detectaram diferenças significativas na taxa de prenhez (P = 0,90), taxa de parição (P = 0,62), taxa de desmame (P = 0,79), e peso vivo entre os grupos de CAR em todo o ciclo de produção.

2.2.2.2.2 Consumo de alimentos

Embora o CAR apresente correlações com ganho de peso e peso vivo próximas a zero, as correlações genéticas entre CAR e consumo de matéria seca (CMS) variam entre 0,38 e 0,83 (ARCHER et al., 1998; KORVER et al., 1991). Assim, animais ineficientes (CAR positivo) apresentam maior ingestão de alimentos. Arthur et al. (2001b) verificaram que o CAR está positivamente correlacionado com o consumo de ração (r = 0,60). Vários pesquisadores (HERD; BISHOP, 2000; ARTHUR et al., 2001b, 2001a) têm relatado moderada correlação positiva (r_p) entre CAR e consumo de matéria seca (CMS). Esses valores têm variado em r_p = 0,64 em Hereford, r_p = 0,60 em Charolês e r_p= 0,72 em animais Angus.

As correlações entre CAR e CMS para a raça Nelore estão na ordem de r_p = 0,74 (FARJALLA, 2009). Similarmente, o r_p entre CAR e conversão alimentar varia entre 0,53 e 0,70 (HERD; BISHOP, 2000; ARTHUR et al., 2001a, 2001b) e apresenta valores de 0,36 (FARJALLA, 2009) e 0,25 (CORVINO, 2010) para bovinos da raça Nelore. Nos estudos de Arthur et al. (2001a, 2001b), o CAR também foi positivamente correlacionado ao consumo de matéria seca (r_g = 0,69 e r_g = 0,66, respectivamente) e à conversão alimentar (r_g = 0,85 e r_g = 0,79, respectivamente). Arthur et al. (2004) observaram uma forte correlação entre o CAR no pós-desmame e consumo de ração das vacas (r = 0,74).

Respostas diretas e indiretas à seleção para CAR foram estudadas por pesquisadores australianos usando linhas divergentes de seleção em bovinos de corte da raça Angus (ARTHUR et al., 2001; RICHARDSON et al., 2001; HERD et al., 2002, 2003), que começaram a ser formadas em 1994 e concluídas em 1999. Após cinco anos de seleção divergente para CAR, os autores observaram que as progênies da linhagem baixo CAR, quando comparadas aos animais alto CAR, apresentaram menor consumo de matéria seca (9,40 vs 10,60 kg/dia, respectivamente), melhor conversão alimentar (6,60 vs 7,80, respectivamente) e ganhos médios diários similares (1,44 vs 1,40, respectivamente).

Arthur et al. (2001a) avaliaram o crescimento e características de eficiência alimentar na pós-desmama de bezerros provenientes de cinco anos de seleção

divergente para CAR, produtos do acasalamento de novilhas com valores genéticos para CAR negativo com touros para CAR negativo e novilhas com valores genéticos para CAR positivo com touros de valor genético para CAR positivo. Após período de seleção baseada no CAR, a progênie da linha de seleção alto CAR e baixo CAR apresentaram ganho de peso e peso ao sobreano similares. Os animais do grupo alto CAR apresentam maior ingestão (12,8%) e maior conversão alimentares (18,2%) que os animais do grupo baixo CAR. A diferença de 1,25 kg/dia na ingestão de matéria seca entre as linhas de seleção representou uma redução de 14% nos custos com alimentação (ARTHUR et al., 2001b)

No estudo de Fox (2004), foi possível observar que os 10 bezerros mais eficientes de 62 touros avaliados apresentaram redução de 28% no consumo de alimento em relação aos 10 animais menos eficientes e com ganho de peso vivo semelhante. Basarab et al. (2003) verificaram 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 ganhos de pesos similares. Logo, a variação existente e a pressão de seleção contra CAR positivo para melhorias genéticas na eficiência alimentar poderiam ser obtidas sem afetar o tamanho adulto dos animais, embora alguns resultados da literatura sejam contraditórios em relação à independência deste índice da taxa de crescimento.

2.2.2.3 Relações entre CAR e características de carcaça bovina

As associações fenotípicas e genéticas entre as medidas de eficiência alimentar e de interesse econômico, como as características de carcaça e qualidade de carne devem ser bem definidas. Se houver antagonismos entre essas variáveis, estes podem reduzir o benefício econômico alcançado pela seleção para diminuição dos custos com alimentação animal. As correlações entre os valores genéticos estimados de touro para CAR e estimativas ultrassonográficas de espessura de gordura subcutânea e área de olho de lombo sugerem que a seleção baseada unicamente em CAR podem resultar em mudanças na composição corporal e composição do ganho dos animais (RICHARDSON et al., 2001).

A maior parte da literatura consultada (ARCHER et al., 1999; BASARAB et al., 2003, CARSTENS et al., 2002; ROBINSON et al., 2004; HERD et al., 2009) 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. Logo, a adoção do CAR como critério de seleção de animais eficientes deve considerar os potenciais efeitos negativos associativos com outras características de produção ou desempenho

Existe evidência que há relação genética entre CAR e espessura de gordura subcutânea (HERD; PITCHFORD, 2011). No estudo de Herd et al. (2003), as medidas de ultrassom antes do abate mostraram que os animais da linha de seleção para baixo CAR apresentaram menor espessura de gordura subcutânea sob as 12ª e13ª costelas, menor espessura de gordura da carcaça quente (14,9 mm vs 16,5 mm) e menor área de olho de lombo que os animais da linha de seleção alto CAR. De acordo com esses autores, as regressões significativas para as medidas de gordura subcutânea, área de olho de lombo e porcentagem de cobertura com valor genético para CAR positivo ou negativo, na pós-desmama, evidencia a associação dessas características de carcaça à variação genética na eficiência alimentar.

Herd e Bishop (2000) observaram correlações fenotípicas e genéticas negativas entre CAR e conteúdo de carne magra e taxa de crescimento magro, assim como Maynard (1998) quando avaliou progênie de animais de baixo CAR, observou menor espessura de gordura subcutânea em animais eficientes. No trabalho de Arthur et al. (1997), as correlações fenotípicas entre CAR e área de olho de lombo não foram significativas e os animais eficientes apresentaram menor gordura subcutânea de cobertura.

Resultados semelhantes foram observados por Arthur et al. (2001), com positiva correlação fenotípica e genética entre CAR e espessura de gordura subcutânea. Arthur et al. (2001a) também relataram que o CAR foi fenotipicamente e geneticamente correlacionados com espessura de gordura subcutânea medida em ultrassom em novilhos e novilhas selecionados divergentemente para CAR no pós-desmame (r_p =

0,14; r_g = 0,17). Em um estudo utilizando novilhos mestiços em vários pontos de abate, Basarab et al. (2003) também demonstraram que CAR está positivamente correlacionado (r_p = 0,15) com espessura de gordura subcutânea medida no ultrassom. Estes autores observaram diferenças na composição do corpo entre os animais dos grupos baixo, médio e alto CAR, onde os animais de baixo CAR ganharam significativamente menos gordura corporal total e apresentaram ganho de peso, peso vivo e altura de garupa similares aos animais dos demais grupos.

Esses resultados estão de acordo com Schenkel et al. (2004), que relataram existência de correlação fenotípica entre CAR e EGS (r = 0,17). Robinson e Oddy (2004) também observaram correlação entre essas variáveis (r = 0,48), assim como Nkrumah et al. (2007), que obtiveram valor de r = 0,25. Neste estudo, estes autores avaliaram características de carcaça dos animais de grupos baixo, médio e alto CAR e verificaram que os animais de baixo CAR ganharam menos EGS em relação aos demais grupos e apresentaram peso vivo similar. Em quatro ensaios com novilhos Angus conduzidos por Lancaster et al. (2009a), o CAR não foi correlacionado com GPD ou peso vivo, mas foi correlacionado positivamente com EGS (r = 0,20), ganho de EGS (r = 0,30) e AOL (r = 0,17). Os autores também compararam os grupos de CAR e concluíram que animais de baixo CAR ganharam menos EGS e possuíam menor AOL que os animais de alto CAR (18,99 cm^2 contra 22,04 cm^2 , respectivamente).

Em contraste, Cruz et al. (2010) não observaram diferenças nas características de carcaça ao compararem animais de baixo e alto CAR durante a terminação. Da mesma forma, Castro Bulle et al. (2007) observaram que animais Angus x Hereford de baixo CAR comparados não diferiram dos animais alto CAR em gordura da carcaça, mas relataram que novilhos de baixo CAR tenderam a ganhar menos gordura do que os novilhos de alto CAR (494 vs 719 g/dia). Mader et al. (2009) não detectaram correlações significativas entre CAR e peso vivo, peso de carcaça quente, espessura de gordura ou área do músculo *Longissimus dorsi* (AOL), mas para gordura perirrenal a relação foi significativa (r = 0,34). Sainz et al. (2006) não encontraram diferenças 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.

Em um estudo semelhante, porém com fêmeas (novilhas Brangus), Lancaster et al. (2009b) verificaram que o CAR foi correlacionado com a EGS (r = 0,36), o ganho de EGS (r = 0,22) e ganho em AOL (r = 0,55). A razão para maior relação entre CAR e composição corporal observada nas fêmeas não é clara, provavelmente seja associada às diferenças no metabolismo e manutenção relacionados ao sexo. Outros estudos (LANCASTER et al., 2009b; KELLY et al., 2010) utilizando novilhas em crescimento são limitados, mas em geral as novilhas de baixo e médio CAR apresentaram menor ganho de EGS e/ou menor EGS no final do ensaio e nenhuma diferença no desempenho ou o tamanho à maturidade.

Ao investigarem a eficiência do sistema de produção de vacas de grupos baixo, médio e alto CAR acasaladas por monta natural durante três anos, Basarab et al. (2007) observaram que vacas de baixo CAR exibiram maior EGS em todos os anos de avaliações. Isso pode ser indício de menor exigência de manutenção de animais de baixo CAR (NKRUMAH et al., 2006), fato que resulta no acúmulo de gordura corporal com o envelhecimento da vaca (BASARAB et al., 2007).

Diante de tantas evidências da relação entre CAR e EGS, a composição corporal tem sido incluída nos modelos de estimativa do CAR. Vários pesquisadores incluíram medidas de gordura (EGS, ganho de EGS e marmoreio) e área de olho de lombo (AOL) no modelo para o cálculo do CAR (RICHARDSON et al., 2001; BASARAB et al., 2003; SCHENKEL et al., 2004; NKRUMAH et al., 2007; LANCASTER et al., 2009a, 2009b; KELLY et al., 2010). Em todos os casos, a inclusão destas variáveis nos modelos melhorou o ajuste e suas relações fenotípicas e genéticas com composição da carcaça foram removidas. A adição de medidas de carcaça, ganho de EGS para estimativa do CAR contribui para obtenção de um índice de seleção mais robusto para eficiência alimentar.

Ao incluírem EGS e marmoreio para estimativa do CAR, Basarab et al. (2003) observaram que essas características representaram 6,8% da variação do consumo de matéria seca. Os autores compararam o CAR calculado com base no modelo básico

(com o peso médio metabólico e ganho médio diário) e o modelo considerando também a composição corporal (ganho em EGS). O segundo modelo proposto para estimativa do CAR aumentou ligeiramente o coeficiente de determinação da estimativa (R^2 = 0,71 para R^2 = 0,76), mas não alterou significativamente o ranking dos animais em comparação ao modelo básico.

Da mesma forma, quando incluíram ganho em EGS na 12ª costela e ganho de marmoreio, valor R^2 aumentou em 3 pontos percentuais. Arthur, Herd e Arthur (2003) avaliaram a inclusão de medidas de composição corporal, como EGS na garupa e AOL obtidas pelo ultrassom em modelos de CAR e concluiu que houve aumento de 3,6 e 4,4 pontos percentuais no R^2, respectivamente. De acordo com Herd et al. (2003), o estabelecimento de critérios de seleção para CAR deverá considerar as relações genéticas entre CAR e espessura de gordura subcutânea, área de olho de lombo e rendimento de carcaça, para a produção de animais eficientes e carcaças com características que atendam os requisitos dos frigoríficos.

2.2.2.4 Relações entre CAR e qualidade da carne bovina

Os objetivos principais dos métodos de seleção para o aumento das taxas de crescimento são aumentar os ganhos diários e, concomitantemente, reduzir a ingestão alimentar diária. Estes métodos utilizados na seleção de suínos eficientes resultaram em animais com maior proporção de tecido magro, fato que pode afetar negativamente a qualidade da carne fresca. De acordo com Suzuki et al. (2005), a seleção para ganho de peso diário maior leva a produção de carne com textura mais macia, menor pH final e maciez, além da redução das perdas por gotejamento ao longo de gerações selecionadas. Esses resultados contradizem a conhecida relação entre capacidade de retenção de água e pH final, mas o maior conteúdo de gordura intramuscular pode ter influenciado o aumento na capacidade de retenção de água.

Em estudo realizado por Wijk (2005), a seleção para aumento do ganho de peso em suínos resultou em carne com coloração pálida, pH final e capacidade de retenção de água menor. Gilbert et al. (2007) também observaram resultados similares, onde a seleção de suínos para baixo CAR afetou negativamente a qualidade da carne com pH

final menor e coloração pálida da carne. As consequências da seleção para eficiência alimentar em bovinos de corte poderão ser semelhantes às obtidas pela indústria suína, que se encontra em estágio mais avançado nesta linha de pesquisa. Embora os resultados envolvendo avaliações de qualidade de carne bovina, oriunda de animais eficientes, ainda sejam contraditórios, evidenciam que a seleção para baixo CAR (alta eficiência) poderia afetar negativamente a maciez da carne (HERD; PITCHFORD, 2011).

Depois de uma geração de seleção divergente para CAR no pós-demame, McDonagh et al. (2001) avaliando linhas de seleção para alto e baixo CAR nas variáveis de qualidade de carne das amostras de contra-filé (*Longissimus dorsi*) de animais terminados em confinamento, observaram médias de força de cisalhamento após um a 14 dias de maturação, concentrações iniciais de m e µ-calpaína (enzimas associadas com a iniciação da degradação da fibra muscular) similares. No entanto, as amostras de animais de baixo CAR apresentaram maior concentração de calpastatina (inibidor da calpaína) e menor índice de fragmentação miofibrilar em relação aos animais de alto CAR.

De acordo com McDonagh (1998), a fragmentação miofibrilar, afetada pelo tempo de maturação, que contribui para melhorias na maciez da carne, é associada a vários processos, como desagregação das miofibrilas do músculo, pela atividade proteolítica da µ-calpaína, e a inibição específica da calpaína por calpastatina, que afetam diretamente a força de cisalhamento e o índice de fragmentação miofibrilar. O índice de fragmentação miofibrilar e seus efeitos sobre a maciez da carne têm se mostrado positivamente correlacionados aos níveis de atividade proteolítica do sistema calpaína no músculo, tanto no momento do abate quanto no animal vivo, fato que indica maiores taxas de degradação de proteínas no *ante* e *post mortem*.

Assim, as diferenças observadas na fragmentação miofibrilar da carne de animais eficientes são consistentes com a proposta que diferenças no *turnover* e degradação protéica contribuem para a variação no CAR (RICHARDSON; HERD, 2004). A seleção para CAR pode produzir mudanças no sistema calpaína, que possui associação com a eficiência do uso de energia no músculo, podendo melhorar a

eficiência alimentar dos animais e, ao mesmo tempo, afetar a maciez da carne. Recentes resultados de gerações anteriores da progênie em ensaio de confinamento (EGARR et al., 2009; HERD et al., 2009) mostraram que a carne de animais selecionados para baixo CAR possui um pico maior de força de cisalhamento e maior taxa de maturação em relação àqueles de alto CAR.

No trabalho de McDonagh, Fernandez e Oddy (1999), foram observadas correlações significativas entre a relação µ-calpaína:calpastatina (estimativa da atividade proteolítica potencial da µ-calpaína) e a taxa de fragmentação miofibrilar (r = 0,75) e o ganho em maciez da carne (r = -0,64) em cordeiros. Posteriormente, McDonagh et al. (2001) avaliaram a progênie de bovinos oriundos de seleção divergente para CAR e verificaram que os animais de baixo CAR (mais eficientes) apresentaram menores valores de índice de fragmentação miofibrilar e maiores concentrações de calpastatina no músculo (13%) em relação aos animais de alto CAR (menos eficientes). 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.

Entretanto, Baker et al. (2006) avaliaram características de qualidade de carne em novilhos Angus com alto e baixo CAR e não observaram diferenças quanto à composição química, perdas por cozimento, atividade enzimática da calpastatina, força de cisalhamento e escore de maciez e sabor. Os resultados divergentes observados na literatura podem estar associados ao fato de que, além de variações individuais ao se comparar grupos de eficiência, existem também diferenças genéticas na maciez da carne influenciando na taxa e extensão da proteólise muscular que ocorre durante o armazenamento *post mortem* da carne fresca (WHIPPLE et al., 1990; SHACKELFORD, et al., 1994; WULF et al., 1996; O´CONNOR et al., 1997).

Nos trabalhos de Pringle et al. (1997) e Shackelford et al. (1991), foi demonstrado que o aumento da participação de sangue zebuíno em cruzamentos de novilhos tem efeitos negativos na maciez da carne devido à maior atividade da calpastatina no músculo. No entanto, Reis (2009) estudou qualidade de carne de novilhas *three cross* de três grupos genéticos com participação de sangue zebuíno e não observou

diferenças significativas entre as médias de índice de fragmentação miofibrilar, perdas por cocção e força de cisalhamento dos grupos.

Em estudos envolvendo avaliação das relações entre CAR e qualidade de carne de novilhos Nelore (GOMES, 2009; FARJALLA, 2009) não foram detectadas diferenças significativas entre os valores de força de cisalhamento no músculo *Longissimus dorsi*, independente da realização do processo de maturação, e as perdas totais por exsudação e cozimento da carne também não foram influenciadas pelo grupo de CAR. Apesar das relações entre CAR e qualidade de carne bovina terem sido avaliadas intensamente em animais taurinos, os poucos estudos em animais zebuínos contribuem para a inconsistência dos resultados obtidos.

No Brasil não existem trabalhos avaliando a variação genética para as características de qualidade de carne nas raças Zebuínas. Sainz et al. (2005) observaram variação fenotípica de maciez da carne em um rebanho Nelore, fato que justifica estudos elaborados para avaliar a existência de variação genética para a característica. Resultados de trabalhos realizados no exterior sugerem, em geral, que há possibilidades de se obter progresso genético pela seleção para características de qualidade da carne (CREWS; FRANKE, 1998; ROBINSON et al., 2001).

Quando comparadas em relação à media da população, muitas raças possuem maciez semelhante, no entanto, muitas vezes existe maior variação dentro de cada raça, do que entre elas. Koohmaraie, Wheller e Shackelford (1994) indicaram que poderia ser esperada a mudança menor de desvios-padrão genéticos pela seleção da raça Pinzgauer ao invés de Nelore puro, cuja variação dentro da raça é maior que a diferença entre as outras raças (Figura 1A), embora somente 1,43 desvios-padrão fenotípicos seriam obtidos entre a raça Pinzgauer e Nelore (Figura 1B). Estes autores destacaram que para fazer melhoria adicional de maciez dentro de uma raça requer a identificação dos touros cuja descendência produza carne mais macia.

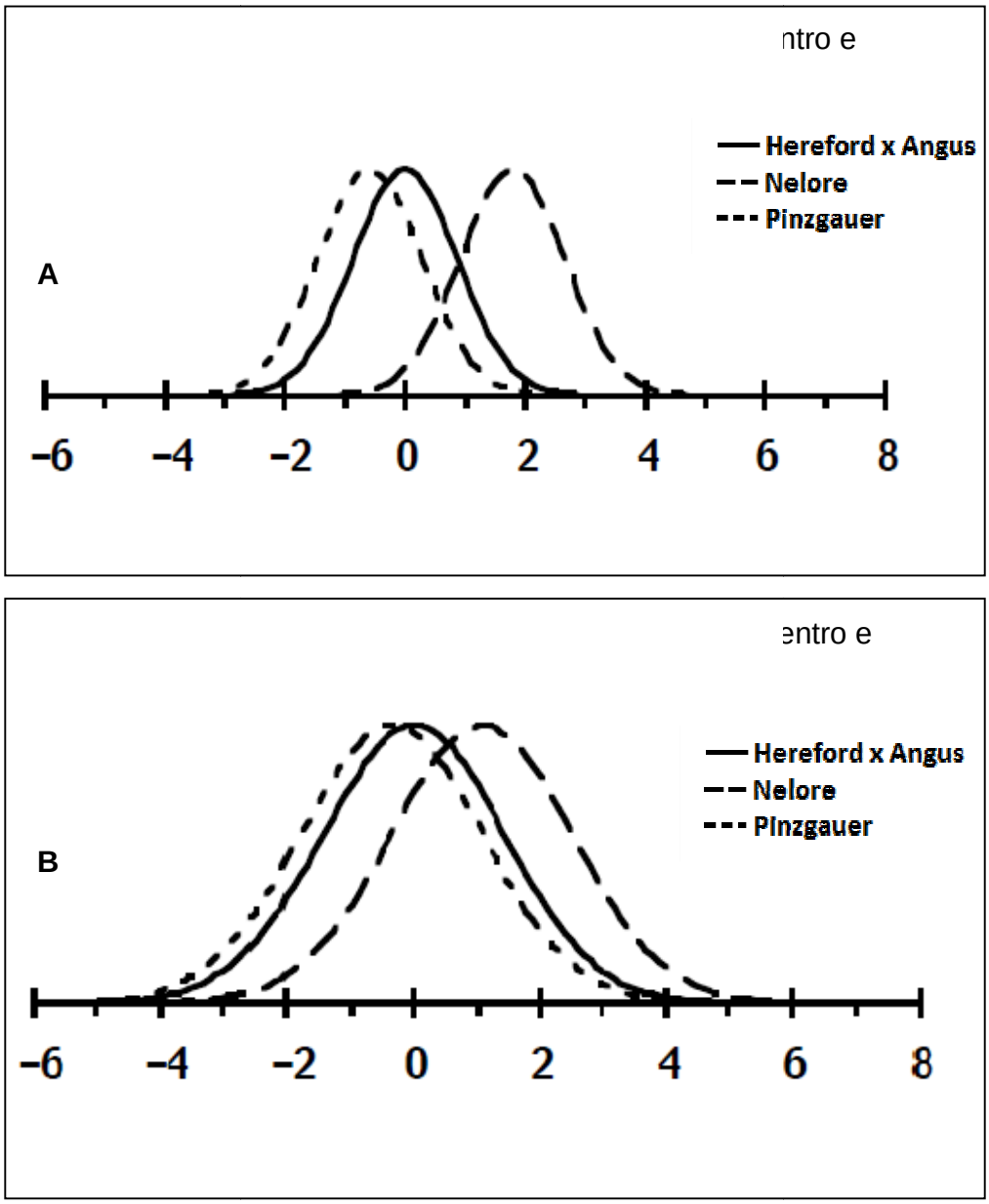

Figura 1 - Variação genética (A) e variação fenotípica (B) para força de cisalhamento dentro e entre raças paternas. (Adaptada de KOOHMARAIE; WHELLER; SHACKELFORD, 1994)

2.2.2.5 Relações entre eficiência alimentar e custo de produção

Embora o CAR possa ser uma excelente medida de eficiência para seleção de vacas, pois animais de CAR negativo têm menor exigência de mantença, os dados obtidos pela equipe do Laboratório de Nutrição e Crescimento Animal/ESALQ-USP (NUÑES; ALMEIDA; LANNA, 2005) sugerem que a lucratividade é melhor correlacionada com ganho de peso do que com este índice de eficiência. Em um estudo de terminação de novilhos em confinamento, Cruz et al. (2010) observaram que CAR representa apenas 18% da variação no custo enquanto GPD e CMS representam 98,5%, sugerindo que o CAR não seria um critério de seleção economicamente viável e um indicador de eficiência e rentabilidade em confinamento.

Mesmo assim, pesquisas mostraram que por ser independente do tamanho da maturidade e desempenho, o CAR é a medida de eficiência alimentar mais viável. Os benefícios da seleção para CAR foram demonstrados em estudos realizados por Arthur et al. (1996), onde os animais mais eficientes (baixo CAR) consumiram 13,5% menos alimentos. Em um estudo que mensurou CAR em touros por 140 dias, Liu et al. (2000) reportaram que o custo com alimentação para os animais menos eficientes (alto CAR) foi US$ 58,33 maior comparados aos animais mais eficientes (baixo CAR), para mesmo nível de ganho de peso.

Exton et al. (2000) determinaram ao longo de um período de 25 anos de utilização de touros superiores para alta eficiência alimentar resultou em uma economia anual no custo de alimentação de US$ 6,95 por animal. Considerando estes valores, os custos de alimentação de cinco milhões de vacas e de 500 mil bois equivalem a economia de US$ 52 milhões e US$ 10 milhões por ano, respectivamente.

No trabalho de Archer, Barwick e Graser (2004), progênies de touros de alta e baixa eficiência, alimentadas a pasto ou confinamento, tiveram a lucratividade avaliada. Os melhores touros selecionados para eficiência alimentar (baixo CAR) apresentaram o lucro superior em ambos sistemas de alimentação (9% em pasto e 33% em confinamento). Crews (2006) demonstrou ser possível uma economia anual de US$ 26,25/animal (US$ 0,18/animal/dia) no custo da alimentação para os animais eficientes (baixo CAR) durante um período de 150 dias de terminação. Carstens e Tedeschi,

(2006), avaliaram novilhos confinados por um período de 120 dias e observaram estimativas maiores para animais baixo CAR, que apresentaram economia de US$ 38,00/animal.

Determinar a redução de um *input* de custo específico é uma tarefa difícil, pois o custo da alimentação é determinado a partir dos preços de mercado com flutuação periódica ao longo do tempo. No entanto, o que pode ser deduzido pelos resultados das pesquisas citadas é que animais de baixo CAR apresentam um menor custo de alimentação em comparação a animais de médio e alto. Mas é importante considerar que o benefício econômico dos animais baixo CAR não deve ser o único critério de seleção em programas de melhoramento genético e outras características do sistema de produção devem ser incluídos (ARTHUR; HERD, 2008), pois existem poucos trabalhos relacionados ao potencial impacto econômico da incorporação do consumo alimentar residual em programas de seleção em bovinos de corte.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento fez parte do Projeto Componente “Estratégias genéticas para melhoria da eficiência de produção e da qualidade da carne bovina no Brasil” do Macro Programa 1 – Grandes Desafios Nacionais - coordenado pela Embrapa. Os objetivos gerais do Macro Programa são a avaliação da existência de variação genética aditiva e identificação dos genes relacionados às características de qualidade da carne e eficiência alimentar da raça Nelore. O Macro Programa foi concebido para compor uma rede multidisciplinar de pesquisa composta pela integração de conceituados centros como a Embrapa Pecuária Sudeste, Embrapa Gado de Corte e Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP.

Para que os objetivos propostos pudessem ser alcançados, o Projeto Componente foi dividido em planos de ação que contemplaram abordagens fenotípicas, de genética quantitativa e molecular. No primeiro plano foram selecionados touros da raça Nelore, que teriam sua progênie avaliada, e na formação, propriamente dita, da família de meio-irmãos. A segunda etapa consistiu na avaliação da progênie produzida, para a obtenção das características de desempenho, consumo e eficiência alimentar em confinamento, parâmetros de carcaça e qualidade da carne, informações esta que permitirão fazer a avaliação da variação genética aditiva para essas características.

As informações fenotípicas e genéticas serão utilizadas para a identificação de possíveis marcadores moleculares e genes candidatos para características estudadas. As avaliações fenotípicas de desempenho, consumo, eficiência alimentar em confinamento, características de carcaça e qualidade da carne foram realizadas em duas estações experimentais: Embrapa Pecuária Sudeste (CPPSE) e Embrapa Gado de Corte (CNPGC). As informações apresentadas nesta tese são referentes às avaliações realizadas na Embrapa Pecuária Sudeste, nos anos 2009 e 2010.

3.1 Obtenção da família de meios-irmãos

O Macro Programa começou a ser executado no ano de 2006, com a escolha de 30 touros da raça Nelore para produzir, em três safras (três anos), 800 filhos machos

para avaliação de desempenho em confinamento e características de carcaça e qualidade da carne. A seleção dos touros foi feita a partir de consultas ao Sumário Nacional de Touros da Raça Nelore (BRASIL, 2005), editado pela Associação Brasileira dos Criadores de Zebu e Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, sob a coordenação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Os reprodutores foram escolhidos para representar os touros ativos na população, com sêmen disponível no mercado, cujas genealogias fossem representativas das principais linhagens que compõem a raça Nelore. O valor comercial da dose do sêmen também foi levado em consideração onde o limite máximo foi de R$ 50,00, na tentativa de representar, dentro da raça, touros com maior chance de uso em escalas comerciais.

Outra estratégia utilizada na seleção dos touros foi a formação de grupos divergentes, considerando os coeficientes de parentesco entre os animais (a partir da análise de parentesco de cerca de 600 animais com sêmen disponível), de modo a maximizar as chances de encontrar diferenças relacionadas às características de eficiência e qualidade da carne. Para obtenção do número de progênies experimentais, foi considerado um número de cerca de 20 filhos por touro, coerente com a disponibilidade de infra-estrutura para avaliações em confinamento e com a contribuição relativa de cada linhagem na composição da raça.

Os acasalamentos foram feitos ao acaso, em matrizes da raça Nelore da própria Embrapa (CNPGC e CPPSE) bem como de parceiros privados (Fazenda Novo Horizonte, Coxim, MS; Fazenda do Sagrado Coração de Jesus, Vila Bela da Santíssima Trindade, MT, e Fazenda Bodoquena, Miranda, MS), atentando-se para a necessidade de obtenção do número de produtos machos por touro, para a produção das famílias.

Os machos foram criados e recriados a pasto nas fazendas de origem, desmamados com média de 8 meses de idade, pesados na desmama, no sobreano e na castração (± 17 meses de idade) e transportados para as estações experimentais, CPPSE ou CNPGC com aproximadamente 18 meses de idade. Os animais produzidos nas unidades da Embrapa permaneceram nas próprias unidades e aqueles oriundos das fazendas parceiras foram divididos e alocados nas estações experimentais, em função

da paternidade, para garantir sua representatividade nos diferentes locais de avaliação. Os animais da primeira safra foram confinados em 2009 (n=285, sendo 138 na CPPSE), os da segunda em 2010 (n=347, sendo 172 na CPPSE) e os da safra 3 (n=200, sendo 85 na CPPSE) foram confinados em 2011. A identificação dos touros foi feita por códigos de modo a se preservar o sigilo dos dados.

3.2 Cronograma Experimental

Para a realização deste trabalho foram acompanhadas as avaliações fenotípicas referentes às safras 1 e 2 conduzidas na Unidade da Embrapa Pecuária Sudeste, entre os meses de setembro de 2009 e março de 2010 e de julho a dezembro de 2010.

O período experimental, compreendido entre o início das avaliações e o abate, foi determinado em função do grau de acabamento que os animais deveriam atingir, sendo determinado em 5mm de espessura de gordura subcutânea. Segundo o protocolo australiano (ARTHUR, 2001b) são necessários pelo menos 70 dias de avaliação de consumo e ganho de peso para determinar o consumo alimentar residual (CAR). Por esta razão foram destinados os primeiros 77 dias (ano 1) e 74 dias (ano 2) do período experimental, à avaliação do CAR.

Os animais foram submetidos a um período mínimo de 28 dias de adaptação à dieta e posteriormente foram adaptados ao sistema de alimentação com cancelas eletrônicas. Assim, o período total de adaptação para os anos 1 e 2 foi 68 e 43 dias, respectivamente (Figura 2). Durante a adaptação à dieta os animais permaneceram em piquete coletivo e receberam inicialmente dieta somente com volumoso, com aumento gradativo da proporção de concentrado de modo que ao final de 21 dias os animais estivessem consumindo a dieta experimental.

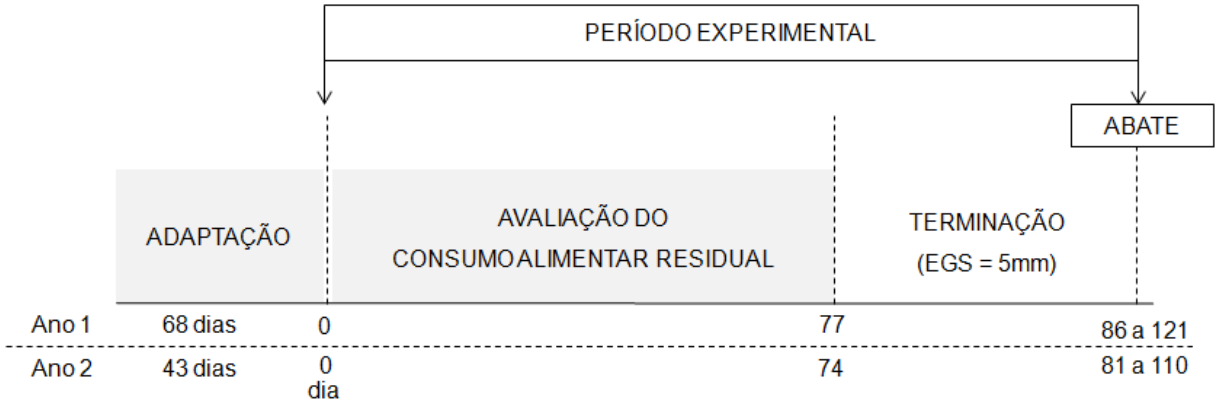

Figura 2 - Cronograma experimental representando o período de alimentação em dias de confinamento, o dia zero é referente ao início do período experimental

3.3 Animais e instalações

Foram confinados 138 animais no ano 1, filhos de 18 de touros, e 172 animais no ano 2, filhos de 30 de touros. Do total de touros, quinze tiveram suas progênies avaliadas nos dois anos e o número de filhos por touro variou entre 2 e 20 (Figura 3).

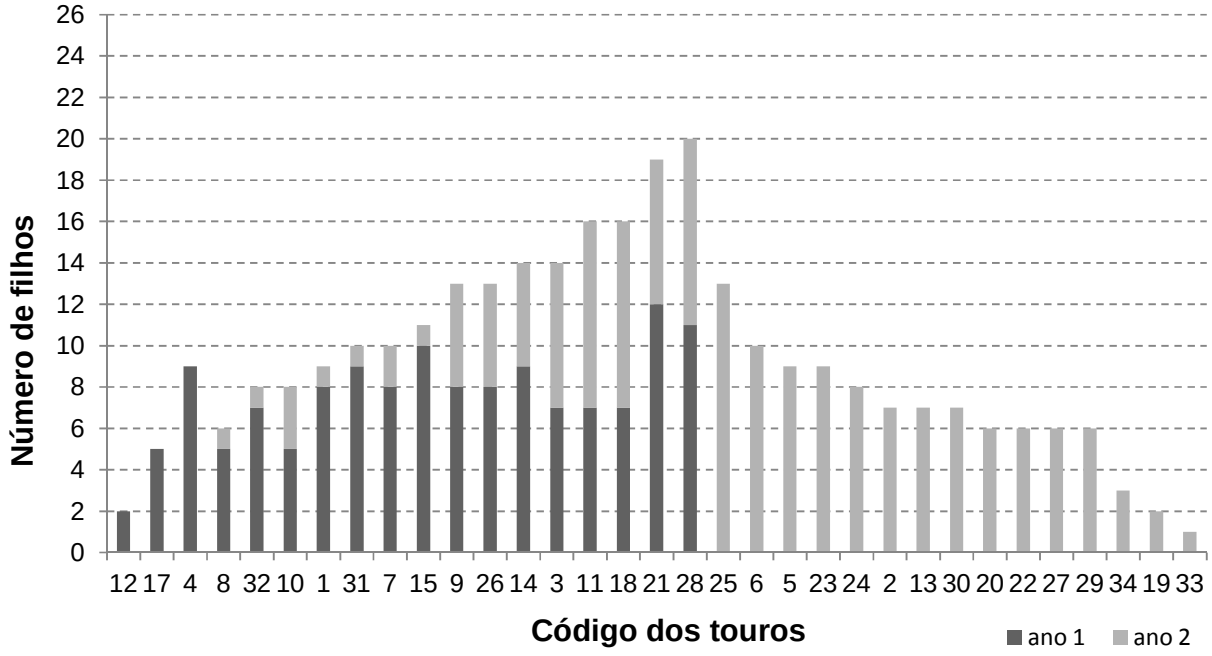

Figura 3 - Distribuição do número de filhos dos touros representativos da raça Nelore avaliados

Após a adaptação à dieta, os animais foram destinados às instalações experimentais e distribuídos em baias coletivas com sistema de cancelas eletrônicas (Figura 4) ou baias individuais (Figura 5) de acordo com o peso (Tabela 1) e paternidade para garantir a representatividade de cada touro em todas as instalações. A idade inicial dos animais no período experimental foi em média 23 meses de idade no ano 1 e 20 meses no ano 2.

Figura 4 - Baias coletivas

Figura 5 - Baias individuais

Os animais destinados às baias coletivas foram distribuídos no ano 1 e 2 segundo os mesmos critérios citados anteriormente, em lotes de nove e seis animais, respectivamente, de forma a evitar que filhos de mesmo touro fossem alocados no mesmo lote.

Tabela 1 - Médias e erro padrão da média (EPM) para idade e peso inicial de novilhos Nelore distribuídos quanto ao tipo de baia, respectivas idades e pesos iniciais

Ano	Tipo de baia	N	Idade inicial (dias)	EPM	Peso Inicial (kg)	EPM
1	Coletiva com cancela eletrônica	96	713	1,85	375,8	3,38
	Individual	42	703	2,98	374,1	6,16
2	Coletiva com cancela eletrônica	101	603	2,45	315,9	3,43
	Individual	71	605	2,98	303,7	3,99

3.4 Dieta, Manejo Alimentar e Coletas

Os animais foram confinados, em ambos os anos, com dieta de relação volumoso:concentrado 40:60 em base de matéria seca (Tabela 2). Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, cuja oferta individual foi ajustada diariamente em função das sobras, mantidas em 5% para garantir o consumo à vontade.

Tabela 2 - Proporção e custo dos ingredientes na dieta experimental

Ingredientes	Proporção (% na MS)	Custo (R$/kg)[1]	
		Matéria Natural	Matéria Seca
Silagem de milho	39,88	0,066	0,200
Grão de milho moído	31,62	0,583	0,644
Casca de soja	10,08	0,600	0,694
Caroço de algodão	8,21	0,550	0,623
Farelo de soja 45%	8,78	0,630	0,700
Calcário calcítico	0,48	0,200	0,200
Uréia	0,24	1,200	1,200
Núcleo mineral[2]	0,68	1,280	1,280
Monensina sódica[3]	0,03	32,00	32,00
Total	100,0	-	0,488

[1] Os preços dos insumos, em reais, foram atualizados considerando o valor para o estado de São Paulo, Scot Consultoria (2011). [2] Composição por quilograma: Fósforo (85g), Cálcio (130g), Magnésio (5g), Enxofre (25g), Sódio (156g), Cloro (240g), Zinco (5000mg), Cobre (1500mg), Ferro (1700mg), Manganês (1250mg), Cobalto (120mg), Iodo (120mg), Selênio (15mg). [3] 28 mg/kg de matéria seca da dieta.

As amostras da dieta total, dos ingredientes e das sobras de cada animal foram coletadas semanalmente e, posteriormente, suas frações (proporcionais à quantidade de sobras de cada semana amostrada) constituíram amostras compostas. As amostras semanais foram secas em estufa de ventilação forçada a 55ºC ± 5ºC durante 72 horas e processadas em moinho do tipo Willey com peneira de 1 mm.

Tabela 3 - Composição bromatológica da dieta experimental e silagem de milho ofertada aos animais

Ítem[1]	Dieta	Silagem de Milho
Matéria seca[2]	50,90	94,26
Matéria orgânica[3]	95,56	96,28
Proteína bruta[3]	13,54	7,92
Proteína insolúvel em detergente neutro[4]	13,74	9,22
Proteína insolúvel em detergente ácido[4]	4,21	4,55
Extrato etéreo[3]	3,84	2,93
Fibra insolúvel em detergente neutro[3]	34,08	39,21
FDNcp[3]	31,08	36,87
Fibra insolúvel em detergente ácido[3]	20,32	24,93
FDAp[3]	19,75	23,20
Lignina[3]	2,59	3,75
Carboidratos não-fibrosos[3]	46,88	48,57
Nutrientes digestíveis totais[3,5]	77,48	73,10
Energia digestível[6]	3,42	3,22
Energia metabolizável[6]	2,80	2,64

[1/] FDNcp - FDN corrigida para cinza e proteína; FDAp – FDA corrigida para proteína; [2] % na matéria natural, [3] % na MS; [4] % da PB; [5] Estimado segundo equação proposta por Weiss et al. (1992); [6]/ Mcal/kg de matéria seca da dieta.

As amostras compostas da dieta e sobras foram analisadas quanto aos teores de matéria seca definitiva a 105℃, matéria mineral e proteína bruta de acordo com a Association of Official Analytical Chemists - AOAC (2006); fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) e lignina de acordo com metodologia sugerida por Van Soest et al. (1991); nitrogênio ligado à fração FDN e nitrogênio ligado à fração FDA segundo Licitra et al. (1996). O teor de extrato etéreo foi quantificado usando o procedimento da AOCS Am 5-04 (2005), com o extrator Ankom (Modelo XT20).

As análises bromatológicas foram baseadas nas frações exigidas para estimar os nutrientes digestíveis totais (NDT), pela equação proposta por Weiss et al. (1992). O

NDT foi então convertido em energia digestível (ED), considerando-se que 1 kg de NDT corresponde a 4,409 Mcal de ED, e posteriormente em energia metabolizável (EM), onde EM corresponde a 0,82 da ED (NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, 1984).

3.5 Características Avaliadas

3.5.1 Desempenho

O peso vivo dos animais foi obtido a cada duas semanas, com pesagens realizadas no período matutino, sem jejum hídrico e alimentar, antes do arraçoamento a fim de minimizar as diferenças de enchimento entre os animais. As pesagens no início e final da avaliação do CAR, assim como a pesagem no pré-abate foram realizadas com jejum hídrico e alimentar de 16 horas. O peso vivo inicial (PVji, kg) e o final em jejum (PVjf, kg) no final da avaliação do CAR, foram utilizados para o cálculo do peso vivo metabólico médio (PVMM), em ambos os experimentos. Os valores individuais de PVMM foram obtidos utilizando a seguinte fórmula: $\mathrm{PVMM} = \left(\frac{\mathrm{PVjf}-\mathrm{PVji}}{2}\right)^{0,75}$.

O ganho de peso médio diário (GPD), tanto do período de avaliação do CAR quanto no período até o abate, foi calculado para cada animal a partir do coeficiente de inclinação da reta resultante da regressão das medidas individuais de peso vivo sem jejum em função do tempo utilizando o procedimento REG do pacote estatístico do SAS (SAS INSTITUTE, 2009).

3.5.2 Consumo de matéria seca e energia metabolizável

O consumo diário individual de alimento em kg de matéria seca (CMS) foi obtido pela diferença entre a quantidade de MS ofertada e a quantidade de MS da sobra. O teor de matéria seca da dieta e das sobras foi determinado semanalmente, sendo a correção para matéria seca definitiva a 105ºC feita ao final do período experimental a partir das amostras compostas de sobras de cada animal e da dieta.

O teor estimado de energia metabolizável da matéria seca consumida, e conseqüente o consumo estimado de energia metabolizável durante o período de

avaliação do consumo alimentar residual, foi obtido pela diferença entre o teor estimado de energia metabolizável da dieta ofertada e nas sobras de cada animal.

3.5.3 Energia líquida da dieta consumida

A exigências de energia para ganho (Eg) e de manutenção (Em) dos animais durante a avaliação do CAR (eq. 1 e 2), foram calculadas levando em consideração o GPD (kg/dia) e PVMM ($kg^{0,75}$). A partir desses valores, calculou-se a energia líquida da dieta consumida (Mcal/kg de MS) para ganho (ELg) e manutenção (ELm), segundo metodologia proposta por Zinn e Chen (1998), (eq. 3 e 4).

$Eg = [0,0493 \times PVMM] \times GPD^{1,097}$; (NRC, 1984) (eq. 1)

$Em = 0,077 \times PVMM$; (LOFGREEN; GARRET, 1968) (eq. 2)

$Elm = (-b - ((b^2) - (4ac))^{0,5}))/(2c)$; (ZINN;SHEN, 1998) (eq. 3)

$a = -0,41 \times Em$

$b = 0,877 \times Em + 0,41 \times CMS + Eg$

$c = -0,877 \times CMS$

$ELg = 0,877 \times ELm - 0,41$; (ZINN; SHEN, 1998) (eq. 4)

Em que:

Eg = exigência de energia líquida para ganho (Mcal/dia)

Em = exigência de energia líquida para manutenção (Mcal/dia)

ELm = energia líquida de manutenção da dieta consumida (Mcal/kg de MS)

ELg = energia líquida de ganho da dieta consumida (Mcal/kg de MS)

O consumo diário de matéria seca necessário para a mantença (CMSm, kg/dia) foi obtido pela razão entre a exigência diária para mantença (Em) e o teor de energia líquida para mantença da dieta (ELm), enquanto o consumo de matéria seca destinado ao ganho (CMSg, kg/dia) foi obtido pela diferença entre o consumo de matéria seca total e o consumo para mantença.

3.5.4 Medidas de eficiência

Os parâmetros de eficiência alimentar avaliados foram: conversão alimentar, eficiência alimentar, eficiência parcial de crescimento, eficiência de mantença, eficiência de ganho de peso, taxa relativa de crescimento, índice de kleiber e consumo alimentar residual. A conversão alimentar foi calculada pela razão entre a média de consumo de matéria seca diário (CMS, kg) e o ganho de peso médio diário (GPD, kg) e a eficiência alimentar média foi obtida pelo inverso desta relação. A eficiência parcial de crescimento foi obtida pela razão entre o GPD e consumo médio para ganho (ARTHUR et al., 2001b).

A eficiência de ganho de peso, que representa a capacidade do animal em utilizar a energia metabolizável consumida para ganhar peso, foi calculada dividindo-se o GPD (g/dia) pelo consumo de energia metabolizável (Mcal/dia). Para o cálculo da taxa de crescimento relativo (TCR), a equação utilizada levou em consideração o PVI e PVF do animal e a duração do período de avaliação do CAR em cada experimento, como representado a seguir: TCR = 100 * (log PV final – log PV inicial) / dias em experimento (FITZHUGH; TAYLOR, 1971). O índice de Kleiber (IK) foi calculado como GPD dividido pelo peso vivo metabólico médio (BERGH et al., 1992; ARTHUR et al., 2001a; KLEIBER, 1936).

O consumo alimentar residual foi obtido a partir do consumo predito de matéria seca (CMS), utilizando o procedimento MIXED do pacote estatístico do SAS (SAS INSTITUTE, 2009), onde foi obtida uma regressão conjunta do consumo diário de matéria seca em função do peso vivo médio metabólico e ganho de peso médio diário (GPD) dos animais. Para a obtenção deste índice de eficiência foram considerados os efeitos de ano, origem dos animais e tipo de baia como ajustes do intercepto (eq. 5). A partir da regressão obtida, foram estimados os valores preditos de consumo de matéria seca e calculado de consumo alimentar residual (CAR) para cada animal, como sendo o consumo observado menos o consumo predito, ou seja, o valor correspondente ao erro da estimativa de CMS, ε.

$$CMS = \beta_0 + \beta_1 \times (PVMM) + \beta_2 \times (GPD) + \varepsilon \qquad \text{(eq. 5)}$$

3.5.5 Composição corporal, energia retida e composição do ganho

Nas pesagens inicial, intermediária e final do período de avaliação do CAR, assim como na pesagem de pré-abate, foram coletadas imagens ultrassonográficas de espessura de gordura subcutânea e área de olho de lombo no dorso do animal, entre a 12ª e a 13ª costela, com o equipamento da marca Aquila Pie Medical (Pie Medical, Inc. Maastricht, The Netherlands) equipado com sonda específica. Utilizou-se óleo vegetal para facilitar o contato acústico com corpo do animal. As imagens foram armazenadas e posteriormente interpretadas com o software ODT Eview® (Pie Medical, Inc. Maastricht, The Netherlands).

O teor de energia inicial e final no corpo vazio dos animais, no período de avaliação do CAR e total, foram estimados a partir da equação desenvolvida por Berndt, Alencar e Lanna (dados não publicados) a partir de dados obtidos pela moagem completa de animais da raça Nelore (eq. 6). Apesar de existirem outras equações que estimam a composição corporal (CHIZZOTTI; PAULINO; VALADARES FILHO, 2008), estas estimam a energia do corpo vazio utilizando o peso do animal como uma das variáveis dependentes que mais afetam o teor de energia. Porém, como o CAR é independente desta variável, optou-se por utilizar a equação apenas com as características de composição da carcaça, oriunda da regressão múltipla entre o teor de energia total do corpo vazio (ECVZ, Mcal), espessura de gordura subcutânea (EGS, mm) e área de olho de lombo (AOL, cm^2).

$$ECVZ = -126{,}73 + 10{,}88\ AOL + 70{,}01EGS \qquad \text{(eq. 6)}$$

$R^2 = 0{,}7379$; $P<0{,}0001$

O peso de corpo vazio foi estimado segundo NRC (1984). A energia retida no corpo vazio foi então calculada pela diferença entre a energia final e a inicial do corpo vazio dos animais no período do CAR e no período total. A quantidade de energia retida total no período de avaliação do CAR foi obtida pela diferença entre energia retida inicial e final e a energia retida por kg de ganho de peso diário de corpo vazio foi calculado pela relação entre energia retida diária e média de ganho de peso corpo vazio diário. A

proporção de proteína e gordura no ganho foi estimada assumindo composição constante da matéria desengordurada, 22% de proteína,, 73% de água 73% e 5% de minerais no corpo vazio (REID et al.,1968). Foram considerados valores energéticos de 9,4 e 5,6 quilocalorias por grama de extrato etéreo e proteína, respectivamente (GARRETT; HINMAN, 1969).

3.6 Manejo pré-abate e abate

Os animais foram abatidos ao atingirem o acabamento mínimo de 5 mm de espessura de gordura subcutânea, determinado através de imagens de ultrassom. No dia anterior ao embarque, os animais foram submetidos a um jejum hídrico e alimentar 16 horas para a obtenção do peso vivo em jejum no pré-abate. Após a pesagem, os animais foram alimentados e em seguida transportados para o Frigorífico Friburdogue LTDA, localizado na cidade de Bariri, a 130 km da estação experimental de São Carlos.

Após 12 horas de permanência nos boxes do frigorífico, os animais foram encaminhados para linha de abate. O sacrifício foi realizado por insensibilização através da concussão cerebral, em seguida os animais foram exsanguinados, retirados cabeça, pés, couro e vísceras. Após evisceração, pesou-se coração, rins, fígado, as gorduras perirrenal, inguinal e pélvica e em seguida as meias-carcaças foram levadas à câmara fria (5°C). Os pesos de gordura inguinal e pélvica foram obtidos somente no ano 2.

Após 24 h de resfriamento, as carcaças foram pesadas e obtidos o comprimento, medido do bordo anterior do púbis ao bordo anterior da primeira costela, e a profundidade da carcaça na altura da quinta costela, do bordo superior ao bordo inferior. O rendimento de carcaça resfriada foi calculado pela razão entre o peso da carcaça resfriada e o peso vivo do animal em jejum no pré-abate.

As meias-carcaças foram separadas em dianteiro e traseiro, entre a quinta e a sexta costelas, com incisão feita a igual distância das referidas costelas, alcançando a região esternal (peito) e da coluna vertebral, à altura do quinto espaço intervertebral, para a obtenção do traseiro especial a ponta de agulha foi separada, começando o corte pela virilha, dirigindo-se para o lombo e seguindo paralelamente a linha dorsal

(BARROS; VIANNI, 1979). No traseiro especial da meia-carcaça esquerda foi feito um corte transversal, entre a 12ª e 13ª costelas, para expor o músculo *Longissimus* para a medida da espessura de gordura subcutânea (EGS), e da área de olho de lombo (AOL). Para a determinação da AOL utilizou-se o desenho do perímetro do músculo, em papel vegetal, cuja área foi medida por contagem de pontos com o auxilio de uma grade impressa em folha transparente, onde cada quadrículo da grade foi correspondente a $1mm^2$. A EGS, obtida no terceiro quarto da altura desse músculo a partir da coluna vertebral, foi mensurada com o auxílio de uma régua.

3.7 Avaliações dos parâmetros de qualidade de carne

Para as avaliações dos parâmetros de qualidade de carne foi retirada da carcaça esquerda de cada animal uma porção do músculo *Longissimus dorsi*, correspondente às 10ª,11ª e 12ª costelas. Após desossado e retirada a porção referente ao músculo *Spinalis dorsi* foram retirados três bifes de 2,5 cm de espessura, dois de cerca de 1 cm, um para a determinação do índice de fragmentação miofibrilar, enquanto o outro para liofilização determinando a umidade da amostra e posterior determinação do teor de extrato etéreo intramuscular. Também foi retirada uma amostra de cerca de 10 g para determinação da capacidade de retenção de água.

Dois dos bifes de 2,5 cm foram embalados à vácuo e maturados em camara fria à temperatura média de 2ºC, por 7 dias e 14 dias. Após o período de maturação, os bifes foram congelados para posterior análises dos parâmetros de qualidade de carne.

O bife que não foi maturado teve os parâmetros de qualidade mensurados no mesmo dia da retirada da amostra, ou seja, após as 24 horas de refriamento das carcaças em câmara fria. Para a avaliação das amostras maturadas, as mesmas foram previamente descongeladas sob refrigeração (5℃) po r cerca de 18 horas até atingirem a temperatura interna de cerca de 4℃.

Trinta minutos antes das determinações foi realizado um corte transversal ao músculo, para exposição da mioglobina ao oxigênio e conseqüente transformação para oximioglobina. Na porção exposta foi medida a cor da carne utilizando-se um

colorímetro portátil (HunterLab, modelo Miniscan XE plus), em três diferentes pontos da amostra (RAMOS; GOMIDE, 2007). A cor da gordura de cobertura foi medida em apenas um ponto e avaliada somente nas amostras não-maturadas.

O colorímetro foi calibrado com a colocação na porta de reflectância dos dispositivos protetor de luz, azulejo preto calibrado e azulejo branco calibrado, respectivamente. Para o cálculo das coordenadas de cor foram estabelecidos o iluminante D65 (luz do dia, 6.500K), o ângulo de 10° para o observador e o sistema de cor CIELAB (L*= luminosidade, a*= teor de vermelho e b*= teor de amarelo).

O pH foi medido na porção muscular com um peagâmetro digital (Texto, modelo R 230), sendo tomadas medidas em pelo menos três diferentes pontos da amostra. A capacidade de retenção de água, % em relação a umidade total, foi obtida por diferença entre os pesos de uma amostra de carne, de aproximadamente 2 g, antes e depois de ser submetida à pressão de 10 kg, durante 5 minutos, sendo levada em consideração a umidade da amostra.

Após a medida de cor e de pH, os bifes foram pesados e assados em forno industrial elétrico (Tedesco, modelo TC06/ELT) à temperatura de 170°C, até atingir 70°C em seu centro geométrico, o que foi monitorado com o auxílio de um termopar digital, após esfriarem os bifes foram novamente pesados. As perdas na cocção (exsudação + evaporação) foram obtidas pela diferença de peso dos bifes antes e após o cozimento.

Os bifes assados foram embalados e resfriados em refrigerador doméstico a 5 ºC. Após uma noite sob refrigeração, foram retirados, de cada bife, pelo menos oito cilindros paralelos à direção das fibras musculares, com o auxílio de uma sonda metálica de 1,27 cm de diâmetro, para determinação da força de cisalhamento em texturômetro digital (Exponent modelo TAXT plus) com lâmina de 1 mm segundo a metodologia de Wheeler et al. (2005).

A determinação do índice de fragmentação miofibrilar (IFM) das amostras não maturadas foi realizada conforme metodologia descrita por Hopkins et al. (2000).

O extrato etéreo intramuscular foi quantificado em amostras previamente liofilizadas usando o procedimento da AOCS Am 5-04 (2005), com o extrator Ankom (Modelo XT20).

3.8 Cálculo da lucratividade dos animais confinados

Foram contabilizadas despesas e receitas diárias durante o período de confinamento, do início do experimento ao abate, sendo a estrutura de custos baseada nas despesas fixas, que independem da quantidade produzida, e nas variáveis que se incorporam totalmente ao produto no curto prazo, não sendo aproveitados para outro ciclo produtivo.

O custo variável relativo à alimentação foi calculado em função do custo da dieta (Tabela 1) e do consumo de matéria seca (kg/dia), considerando 15% de perdas com sobras e distribuição da dieta.

Foram contabilizados os juros sobre o capital investido na compra dos animais e de alimentos, com a taxa de 0,8% ao mês, sendo os juros sobre o alimento calculado somente para a metade do período, visto que o desembolso ocorre de forma parcelada. Para o valor de compra dos animais, foi utilizado o valor médio de R$ 91,67/@, cotação da arroba do boi magro no mês de janeiro de 2011(SCOT CONSULTORIA, 2011).

O levantamento de custos para o ano de 2010, disponibilizado pelo confinamento comercial do grupo Marca, localizado no estado de Mato Grosso, foi tomado como referência para a estimativa dos custos fixos e variáveis que não estão relacionados ao desembolso direto com a compra do alimento ou dos animais. Desta maneira, foi considerado, como referência, um custo diário de R$ 0,50/animal, correspondente a um período médio de 90 dias de confinamento e um consumo médio de 9,78 kg de MS/dia. Deste valor, 33% foi considerado custo fixo (R$ 0,165/animal), 33% diluível em função do tempo de permanência no confinamento, e os outros 33% diluíveis em função do consumo de matéria seca. Os custos reais diluíveis foram então calculados relativos aos valores de referência. Assim como segue:

Custo fixo (R$/dia) = R$ 0,165

Custo diluível (R$/dia) = (R$ 0,165 x tempo de confinamento)/90

Custo diluível relativo ao consumo (R$/dia) = (R$ 0,165 x CMS)/9,78

O custo total então foi representado pela soma dos custos com alimentação, juros sobre o capital investido na compra de animais e alimentos, custos diluíveis em função do tempo de permanência e do consumo, e os custos fixos.

A receita bruta diária dos animais (R$/dia) foi calculada em função do ganho de peso médio diário (GPD), rendimento total do ganho (RTG) e do preço da arroba do boi gordo em R$, como segue:

RECEITA BRUTA DIÁRIA (R$/dia) = (GPD * RTG *preço da arroba)/15

O rendimento total do ganho foi calculado em função do peso vivo em jejum inicial e no pré-abate, do rendimento inicial e final de carcaça. Como segue:

$$\mathrm{RTG} = \frac{RCf - \left(\left(\frac{PVji}{PVjf}\right) \times 100 \times RCi\right)}{100 - \left(100 \times \left(\frac{PVji}{PVjf}\right)\right)}$$

Em que:

RCf = rendimento de carcaça fria final em porcentagem;

PVji = peso vivo em jejum ao início do experimento em kg;

PVjf = peso vivo em jejum no final do experimento kg;

RCi = rendimento de carcaça fria inicial, assumiu-se igual a 51% para todos os animais.

O valor de venda do boi gordo adotado para a análise econômica foi o preço médio de R$ 98,03 por arroba em julho de 2011 cotado pelo CEPEA-ESALQ.

Matematicamente, adotando-se a estrutura do custo total, o lucro diário (R$/dia) pôde ser calculado pela diferença entre a receita total diária e o custo total diário.

3.9 Análise Estatística dos dados

Dos 310 animais, avaliados nos dois anos, 22 foram retirados das análises para não comprometerem a interpretação dos resultados do consumo, devido aos eventuais problemas nas mensurações durante a condução do experimento e 7 retirados por dúvidas quanto à paternindade, sendo portanto utilizados 281 animais para a análise. Para o cálculo do ganho de peso diário foi utilizando o procedimento REG do programa

estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 2009), sendo obtidas regressões lineares individuais do peso vivo sem jejum em função do tempo, o ganho de peso foi correspondente à inclinação da reta (*slope*) de cada animal. O consumo alimentar residual para os primeiros 77 (ano 1) e 77 dias (ano 2) foi obtido a partir do procedimento MIXED do SAS como descrito no item (1.5.4), utilizando os efeitos de ano e tipo de baia como efeitos fixos, foi gerada a seguinte equação utilizada para predizer o consumo:

$$CMS = -3{,}14 + \text{ajustes de intercepto} + 0{,}102 \times PMM + 1{,}343 \times GMD + \varepsilon \qquad \text{(eq. 5)}$$

Sendo os ajustes:

$$\text{Ano} \begin{cases} +\ 0{,}58 \text{ se Ano 1} \\ \ \ \ 0{,}00 \text{ se Ano 2} \end{cases} \qquad \text{Baia} \begin{cases} +\ 0{,}37 \text{ se baia coletiva} \\ +\ 0{,}60 \text{ se baia individual} \end{cases}$$

Para avaliar as diferenças entre os animais segundo o CAR é comum encontrar na literatura a comparação entre grupos de eficiência classificados para alto, médio e baixo CAR, porém o critério utilizado para essa classificação, cujos limites são de ± 0,5 desvios-padrão em relação à média do CAR, é arbitrário e não possibilita estudar o comportamento das variáveis em função da variação do CAR.

Pela razão acima apresentada a abordagem utilizada nesse trabalho foi baseada na análise da regressão linear entre as variáveis estudadas, consideradas dependentes ou variáveis resposta (Y), e o CAR, considerado variável independente (X).

Para a composição da análise utilizou-se o procedimento de modelos mistos, cuja metodologia tem como principal característica a estimação concomitante dos efeitos fixos, como grupo de contemporâneos, por exemplo, e aleatórios, como efeitos genéticos de touros. Este modelo é chamado modelo touro, onde os dados das progênies são incluídos de forma agregada para os respectivos pais, e permite a solução para touros baseada no valor BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*) e avaliação da variância genética para as características incluídas no modelo.

O modelo utilizado, portanto, considerou o efeito de touro como aleatório, sendo os efeitos de ano, tipo de baia, origem dos animais e suas interações considerados

como efeitos fixos e efeito de idade inicial como uma covariável dentro de ano. Para as características avaliadas no abate, como características de carcaça e qualidade de carne, foi utilizado o efeito do tempo de experimento dentro de ano como aleatório.

A interpretação do coeficiente regressão com o CAR (β_1) representa a variação esperada para a característica de interesse em resposta à variação de uma unidade no CAR (kg de MS/dia). Para ilustrar as diferenças entre animais eficientes, intermediários e ineficientes foram adotados os valores -0,5, 0,0 e 0,5 kg/dia para o CAR, cuja diferença entre os pontos extremos representa justamente a variação de uma unidade de CAR e a média o valor central. Logo, se o coeficiente β1 for significativo a distância entre os extremos e as comparações dos valores acima de 0,5 e abaixo de -0,5 também diferem entre si.

A análise de correlações entre as medidas de eficiência, desempenho, ganho de peso, consumo, composição corporal e lucro foram feitas mediante análise dos coeficiente de correlação parcial de Pearson, que mede a força de associação entre duas variáveis, controlando o efeito de outras variáveis utilizando o procedimento CORR do SAS (SAS INSTITUTE, 2009). A correlação parcial entre duas variáveis, após o controle de variáveis declaradas como parciais, é equivalente à correlação de Pearson entre os resíduos das duas variáveis após a regressão sobre as variáveis de controle. Foram utilizados como efeitos parciais os efeitos de ano, origem, tipo de baia e idade inicial dos animais, os mesmos utilizados no modelo touro.

A média de mínimos quadrados para as características das progênies foi estimada pela soma do valor BLUP de cada touro, ao intercepto e aos valores estimados de ajustes médios das variáveis utilizadas como efeitos fixos e covariável.

As interpretações foram feitas com um nível de significância de 5% para nível crítico de probabilidade para o erro tipo I.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação da eficiência alimentar pelo consumo alimentar residual

O consumo alimentar residual é apenas uma das formas de se medir a eficiência e apresenta algumas peculiaridades. Na população avaliada a média, os valores máximo e mínimo e o desvio padrão para a característica de consumo alimentar residual foram de 0,00; 2,04, -1,79 e 0,67 kg de MS/dia, respectivamente. Estes valores são muito próximos daqueles demonstrados em trabalhos publicados com Nelore (ALMEIDA, 2005; FARJALLA, 2009). A relação entre o consumo de matéria seca predito (eq. 5) e o consumo observado apresentou um coeficiente de determinação de R^2 = 0,7036 (Figura 6). Este valor indica que as variâncias de outros fatores não inclusos no modelo, tais como diferenças no *turnover* protéico, composição do ganho, digestibilidade entre outros, explicam os outros 29,64% da variação.

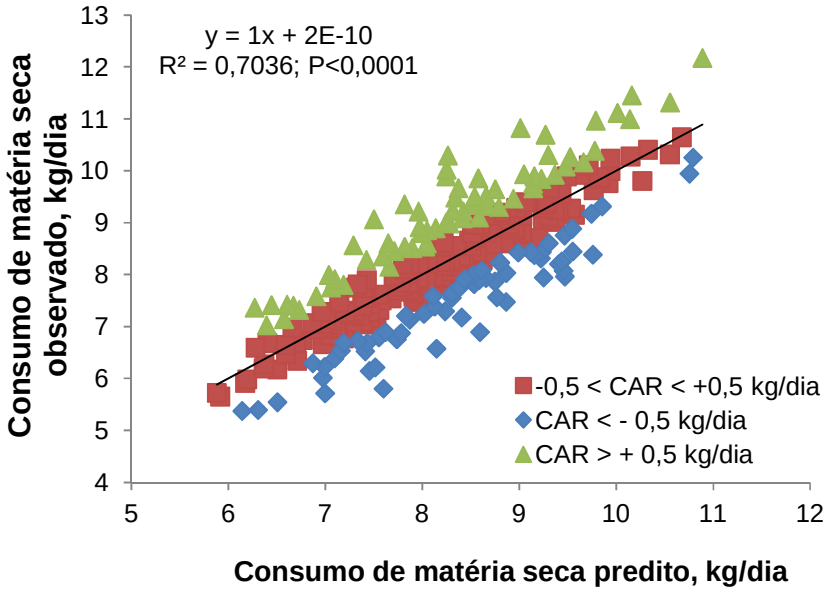

Figura 6 - Relação entre consumo predito e observado de matéria seca de novilhos Nelore

O Consumo Alimentar Residual (CAR) é a distância vertical do consumo de cada animal até a linha de regressão entre consumo observado e predito. Os animais acima da linha (CAR positivo) consumiram mais do que o estimado (ineficientes) e os animais abaixo da linha (CAR negativo) consumiram menos do que o estimado (eficientes).

A abordagem realizada nesse trabalho corresponde à interpretação do coeficiente de regressão linear (β_1), as características de interesse foram analisadas como variáveis dependentes e o CAR como variável independente. O valor do β_1 representa a variação esperada da característica de interesse em função da variação de uma unidade no CAR (kg de MS/dia). Para facilitar a divisão e a comparação entre animais eficientes, não eficientes e intermediários foram adotados os valores -0,5, 0,0 e 0,5 kg/dia para o CAR, cuja diferença entre os extremos representa exatamente uma unidade de CAR, sendo a média o valor central, assim se o coeficiente β_1 for significativo indica que os extremos (-0,5 e +0,5) e valores acima destes diferem entre si em quaisquer comparação.

Do total de animais avaliados para CAR, 23% apresentaram CAR menor que -0,5 kg de MS/dia e foram considerados eficientes e 23% dos animais apresentaram CAR acima de +0,5 kg de MS/dia e foram considerados ineficientes. Assim, os valores apresentados nas tabelas não são as médias dos grupos de eficiência, mas sim os valores de cada característica no ponto da regressão onde o CAR é correspondente a -0,5, 0,0 e +0,5 kg/dia.

4.2 Desempenho, Consumo e Eficiência

Como esperado, peso vivo médio metabólico dos animais não apresentou relação significativa com o consumo alimentar residual (Figura 7). O fato de o CAR ser ajustado para peso vivo metabólico e ganho de peso o torna fenotipicamente independente dessas características, ou seja, ao ser utilizado como critério de seleção de animais eficientes o CAR possivelmente não altera o crescimento e tamanho adulto do rebanho. O que garante uma vantagem da utilização do CAR em relação a outros índices de eficiência, como por exemplo a conversão alimentar, que é correlacionada ao peso adulto dos animais (HERD; BISHOP, 2000).

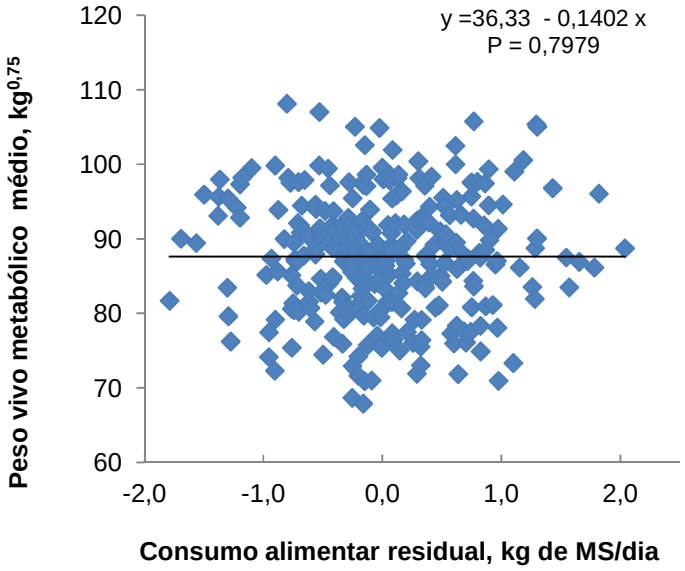

Figura 7 - Relação entre consumo alimentar residual e peso vivo médio metabólico de novilhos Nelore.

Os valores de consumo de matéria seca e nutrientes digestíveis totais, expressos em kg ou % peso vivo foram diferentes em função do CAR (Tabela 4). O consumo em dos animais mais eficientes em kg/dia foi no mínimo 11,2% menor em relação aos 23% menos eficientes (P<0,05) com peso vivo e ganho de peso vivo similares (P>0,05). O consumo de matéria seca em kg e porcentagem do peso vivo apresentaram-se positivamente relacionados ao CAR. Os coeficientes de regressão apontaram que a redução de 1 kg de MS/dia no CAR contribuiu para redução do CMS em 0,983 kg/dia e 0,256 unidades percentuais. O mesmo comportamento foi observado para o consumo NDT, cuja variação do CAR em uma unidade promoveu sua redução em 0,769kg.

A relação fenotípica positiva entre CAR e consumo é bastante consolidada na literatura, os animais de CAR negativo apresentam menor consumo, porém com ganho de peso e peso vivo equivalentes aos animais de CAR positivo (ARTHUR et al, 1996; BASARAB et al, 2003; CASTRO BULLE et al, 2007; ALMEIDA, 2005; GOMES, 2009; FARJALLA, 2009). Quando avaliaram novilhos de CAR negativo e positivo, Herd et al. (2009) observaram redução de 0,98 kg/dia no consumo de matéria seca e similar ganho

entre os animais eficientes e ineficientes (1,11±0,02 e 1,07±0,02 kg/dia, respectivamente).

Isto significa que a seleção para CAR está potencialmente associada à seleção de animais de menor consumo, mas as implicações de uma pressão de seleção para redução do consumo não são totalmente conhecidas. Considerando a comparação de animais com mesmo ganho, aquele que consome menos é o mais eficiente. No entanto, quando se observa a dispersão dos dados da relação entre consumo observado e predito (Figura 6), observa-se que os animais com menor consumo, na faixa entre 6-7 kg/dia, provavelmente apresentaram menor ganho de peso, mas podem ter sido classificados com valor de CAR negativo similar aos animais da faixa de consumo entre 11-12 kg, que possivelmente apresentaram melhores ganho de peso.

Um animal com menor consumo de alimentos e desempenho satisfatório é algo bastante positivo, mas no exemplo citado, os animais de maior consumo provavelmente ganham mais peso e isso pode ser economicamente mais vantajoso. Infelizmente o CAR é um índice de eficiência incapaz de identificar animais com maiores desempenho por ser ajustado para ganho de peso. Logo, é preciso que se avalie com muita cautela as vantagens e desvantagens da utilização do CAR como critério de seleção de animais eficientes, pois a identificação por este índice pode resultar na seleção de novilhos com desempenho indesejável, visto que este está totalmente associado ao nível de produção (HOQUE; SUZUKI, 2009).

Não foi observada relação entre CAR a o teor de energia metabolizável da dieta consumida (P>0,05). Os resultados de energia da dieta indicam que independente do CAR os animais não selecionaram a dieta de forma que pudessem aumentar ou diminuir o teor de energia do alimento consumido através da seleção das partículas. O CAR foi positivamente relacionado ao teor de energia líquida de mantença e ganho da dieta, assim como o consumo de matéria seca para mantença e ganho (Tabela 4).

As diferenças de consumo de matéria seca para atender às exigências para mantença e ganho entre animais eficientes e ineficientes podem ser associadas às distintas eficiências de utilização de energia metabolizável da dieta para mantença (Km) e ganho (Kg), uma vez que a equação utilizada para acessar a energia líquida da dieta

assume exigências para mantença e ganho constantes, em função do peso vivo metabólico e do ganho (ZINN; SHEN,1998).

Tabela 4 – Coeficientes de regressão linear (β_1-CAR), valores e erro padrão (EP) para as características de desempenho, consumo e dieta de novilhos Nelore para CAR -0,5 (eficiente), 0,0 (intermediário) e + 0,5 (ineficiente)

Característica	CAR			EP	β_1 CAR	Valor-P
	Eficiente	Intermediário	Ineficiente			
N = 288						
Percentil	23	50	77	..	..	..
CAR, kg/dia	-0,500	0,00	+0,500	..	..	..
Mínimo	..	-1,79	..	..	..	..
Máximo	..	2,04	..	..	..	..
Idade inicial, dias	651	650	657,4	3,34	..	..
Idade Final, dias	758	758	758	0,31	..	..
Peso vivo inicial, kg	346,1	345,5	345,0	7,91	-1,128	0,7062
Peso vivo final, kg	446,4	446,1	445,9	9,63	-0,500	0,8905
Altura, m	1,41	1,41	1,41	0,01	-0,004	0,2708
GPD, kg/dia	1,33	1,33	1,33	0,06	-0,002	0,9352
CMS, kg/dia	7,77	8,26	8,75	0,19	0,983	<0,0001
CMS, % PV	1,96	2,09	2,22	0,02	0,256	<0,0001
CNDT, kg/dia[1]	6,04	6,42	6,80	0,15	0,769	<0,0001
CNDT, % PV	1,50	1,59	1,68	0,03	0,183	<0,0001
EM, Mcal/kg MS[2]	2,81	2,81	2,81	0,01	0,003	0,5429
ELm da dieta, Mcal/kg MS[3]	2,03	1,93	1,83	0,03	-0,203	<0,0001
ELg, da dieta, Mcal/kg MS[4]	1,37	1,28	1,19	0,03	-0,177	<0,0001
CMS mantença, kg/dia[5]	3,37	3,55	3,73	0,07	0,363	<0,0001
CMS ganho, kg/dia[6]	4,41	4,72	5,03	0,19	0,619	<0,0001

1Consumo de NDT, estimado segundo equação de Weiss et al., (1992); 2 EM – energia metabolizável estimada por kg de MS ingerida; 3 ELm = energia liquída de mantença da dieta estimada segundo Zinn e Shen, 1998; 4 ELg = energia líquida de ganho da dieta, estimada segundo Zinn e Shen, 1998; 5 Exigência de ELm/ELm da dieta. 6 Diferença entre CMS total e CMS para mantença.

Outra possibilidade seria considerar que as exigências de mantença e ganho e composição do ganho fossem distintas e as eficiências de utilização da energia iguais. O CAR foi significativamente (P<0,0001) relacionado aos valores de conversão alimentar, eficiência alimentar, eficiência de mantença, eficiência parcial de crescimento e eficiência de ganho de peso (Tabela 5).

Tabela 5 – Coeficientes de regressão linear (β_1-CAR), valores e erro padrão (EP) para os índices de eficiência de novilhos Nelore para CAR -0,5 (eficiente), 0,0 (intermediário) e + 0,5 (ineficiente)

Característica	CAR			EP	β_1 CAR	Valor-P
	Eficiente	Intermediário	Ineficiente			
CA[1]	5,76	6,15	6,55	0,270	0,796	<0,0001
EA[2]	0,172	0,161	0,151	0,006	-0,021	<0,0001
EFM[3]	0,395	0,374	0,354	0,022	-0,041	<0,0001
EPC[4]	0,304	0,284	0,264	0,006	-0,040	<0,0001
EGP[5]	60,9	57,3	53,7	2,003	-7,231	<0,0001
IK[6]	0,013	0,013	0,013	0,000	0,000	0,3775
TRC[7]	0,146	0,147	0,148	0,006	0,002	0,3602

1. Conversão alimentar - kg de matéria seca consumida/kg de ganho; 2. Eficiência alimentar- kg de ganho/kg de matéria seca consumida; 3. Eficiência de mantença - kg de ganho/ kg de MS consumida para a mantença; 4. Eficiência parcial de crescimento - kg de ganho/kg de MS consumida acima da mantença; 5. Eficiência de ganho de peso - g de ganho/ Mcal de energia metabolizável consumida; 6. Índice de Kleiber - kg de ganho/ kg de peso vivo metabólico; 7 Taxa relativa de crescimento %/dia.

A redução do CAR em 1 kg de MS/dia aumentou a eficiência alimentar em 0,021 kg de ganho/kg de alimento e diminuiu em 0,796 kg de alimento/kg de ganho a conversão alimentar, resultando na melhoria de pelo menos 12,2% na eficiência alimentar dos animais. Conforme citado anteriormente, essas relações são decorrentes do melhor aproveitamento do alimento consumido para mantença e ganho, ou de diferenças da composição do ganho, que determinam a forma de utilização da energia da dieta para deposição de tecido muscular ou adiposo e suas proporções. Os animais

eficientes ganharam pelo menos 7,2 g a mais de peso por Mcal de energia metabolizável ingerida em relação os ineficientes (P<0,0001).

O CAR não foi associado (P>0,05) ao índice de Kleiber e taxa relativa de crescimento. Isto provavelmente ocorreu por serem índices oriundos de estimativas que levam em consideração o peso vivo inicial, final e ganho de peso dos animais, que por sua vez são independentes do CAR (Tabela 4).

4.3 Partição de energia, composição do ganho de peso e energia retida

No presente estudo não foram observadas diferenças entre os animais eficientes e ineficientes para área de olho de lombo inicial e final obtidos por ultrassom, assim como no ganho de área de olho de lombo no período de avaliação do CAR. Consequentemente, as relações entre CAR e estas características não foram significativas (Tabela 6).

Em contrapartida, a espessura de gordura subcutânea ao final do período e a deposição foram significativamente menores com a redução do CAR, apesar da espessura inicial ter sido independente deste índice (P>0,05). A cada unidade de CAR (1 kg/dia) diminuída os animais apresentaram redução de 0,27 mm em ganho de espessura de gordura. Esses resultados estão de acordo com os apresentados por Basarab et al. (2003), onde os animais de baixo CAR depositaram menor espessura de gordura em relação aos de alto CAR e por McDonagh et al. (2001), onde menor deposição de espessura de gordura foi observada na linha de seleção para baixo CAR.

Em novilhos da raça Nelore, Almeida (2005) observaram associações fracas, mas presentes entre CAR e composição. É inegável que o uso do CAR como critério de seleção implicará em redução nos teores de gordura dos animais. Diversos estudos, em raças taurinas (HERD; BISHOP, 2000; BASARAB et al., 2003; SHENKEL et al., 2004; LANCASTER, et al., 2009a) e zebuínas (GOMES, 2009), demonstraram esta associação tanto para gordura de acabamento quanto para gordura interna. Estes resultados sugerem que o uso do CAR como critério de seleção de animais eficientes poderá levar à produção de animais com problemas de acabamento e fêmeas de cria com menor capacidade de acumular reservas corporais, o que pode comprometer a

reprodução. Estas possíveis consequencias em rebanhos selecionados para CAR exige cautela na condução e interpretação dos resultados de pesquisas que avaliem estas associações.

Tabela 6 – Coeficientes de regressão linear (β_1-CAR), valores e erro padrão (EP) da área do *Longissimus* e espessura de gordura inicial, final e deposição em novilhos Nelore para CAR -0,5 (eficiente), 0,0 (intermediário) e + 0,5 (ineficiente)

Características[1]	CAR			EP	β_1 CAR	Valor-P
	Eficiente	Intermediário	Ineficiente			
Área do Longissimus dorsi, cm²						
Inicial	45,36	45,24	45,12	1,20	-0,243	0,5918
Final	55,68	55,72	55,75	1,52	0,066	0,9084
Deposição	10,13	10,30	10,47	1,09	0,341	0,4143
Espessura de gordura subcutânea,mm						
Inicial	2,70	2,70	2,71	0,22	-0,015	0,8757
Final	5,03	5,15	5,26	0,36	0,226	0,0499
Deposição	2,38	2,50	2,63	0,27	0,199	0,0490

1. Obtidas por ultrassom entre a 12a e 13a costela.

Relações positivas entre CAR e EGS foram observadas em diversos estudos (ARTHUR et al., 2001b; CARSTENS et al., 2002; SHAFFER et al., 2011, KELLY et al., 2011). No estudo de Richardson et al. (2001) a composição corporal foi associada à variação do CAR, onde progênies mais eficientes apresentaram menor teor de gordura e maior de proteína corporal que as progênies ineficientes.

Não houve efeito do CAR sobre os teores de energia inicial e final do corpo vazio no período de avaliação do CAR, (Tabela 7). Porém, o CAR foi relacionado à energia retida, os animais com maior CAR apresentaram maior deposição de energia no corpo vazio e relativa ao ganho, associadas à maior proporção de gordura e menor de proteína no ganho ganho de corpo vazio (Tabela 7).

Tabela 7 – Coeficientes de regressão linear (β_1-CAR), valores e erro padrão (EP) para características de partição de energia, composição do ganho e produção de calor de novilhos Nelore para CAR -0,5 (eficiente), 0,0 (intermediário) e +0,5 (ineficiente) no período de avaliação do CAR

Características[1]	CAR			EP	β_1 CAR	Valor-P
	Eficiente	Intermediário	Ineficiente			
CEM, Mcal/dia	21,8	23,2	24,6	0,54	2,780	<0,0001
Energia inicial, Mcal[2,3]	555,9	555,2	554,2	21,5	-1,506	0,8541
Energia final, Mcal[2,3]	831,8	840,6	849,4	29,7	17,63	0,1166
Energia retida, Mcal[3]	277,7	286,6	295,6	21,5	17,85	0,0303
ER, mcal/kg de ganho[3]	2,86	2,95	3,05	0,25	0,186	0,0509
% gordura no ganho[3,4]	19,9	21,1	22,2	3,09	2,274	0,0509
% proteína no ganho[3,4]	17,6	17,4	17,1	0,68	-0,500	0,0509
PC, Mcal/dia	18,2	19,5	20,8	0,55	2,548	<0,0001
PC, Mcal/kg de ganho[3]	14,3	15,3	16,3	0,57	2,022	<0,0001
PC, %[5]	83,1	83,6	84,2	1,26	1,090	0,0227

1. CEM – consumo de energia metabolizável; ER – energia retida; PC - produção de calor. 2. Estimado segundo equação de Berndt, Alencar e Lanna (dados não-publicados) cuja equação leva em consideração a espessura de gordura e a área de olho de lombo; 3. Relativo ao peso de corpo vazio, estimado segundo NRC (1984). 4. Estimado assumindo composição constante da matéria desengordurada (REID, et al., 1968) 5. Proporcional ao consumo de energia metabolizável por dia.

Verificou-se elevação de 2,27 unidades percentuais de gordura no ganho em detrimento à redução de 0,5 de proteína para cada unidade de CAR aumentada. A variação na composição corporal dos animais é um dos fatores que vem sendo apontado como limitante na seleção para eficiência baseada no CAR (HERD; PITCHFORD, 2011). No presente trabalho não foram observadas relações do CAR com área de olho de lombo inicial e final obtidos por ultrassom, tampouco com a área depositada no período avaliado (Tabela 6). Em contrapartida, cada unidade de CAR (1 kg de MS/dia) reduzida os animais depositaram 0,27 mm a menos em espessura de gordura no período avaliado, ou seja, quanto maior o CAR maior foi a deposição de gordura.

Com os resultados obtidos nesse trabalho pode-se observar que a energia retida pelos animais ineficientes durante a avaliação foi 0,20 Mcal/dia maior em relação aos eficientes (Tabela 7). Adotando-se uma eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho de 0,439 (dieta de 2,8 Mcal de EM, segundo NRC,1984), para que a diferença na demanda dos animais ineficientes pudesse ser atendida foram necessários 0,456 Mcal de EM/dia, equivalentes a 0,162 kg de matéria seca a mais por dia, ou seja, as diferenças na composição do ganho dos animais foram responsáveis por 16,5% da variação apresentada no consumo dos animais eficientes e ineficentes (0,983 Kg de MS /dia), sendo este resultado superior ao apresentado por Richardson e Herd (2004), que apontaram que a composição corporal podem explicar até 5% da variação no consumo alimentar residual.

Além da redução percentual de gordura no ganho com o aumento da eficiência, os animais eficientes apresentaram menor consumo de energia metabolizável e produção de calor ($P<0,0001$). A maior eficiência dos animais baixo CAR e menor produção de calor pode ser reflexo da maior eficiência de utilização da energia. Entretanto, por ser um resíduo do modelo, que carrega todos os erros, dificulta a obtenção de conclusões consistentes.

A maior eficiência dos animais de CAR negativo pode estar associada à redução da produção de metano. Hergarty et al. (2007) avaliaram eficiência alimentar de novilhos Angus e verificaram que o menor consumo de animais de baixo CAR resultou na redução de 18% da produção diária de metano. Mais importante que a redução da quantidade bruta de metano, obviamente associada ao menor consumo, é a menor produção de metano por kg de MS consumida. De acordo com Nkrumah et al. (2006), animais de baixo CAR produzem 25% menos metano por kg de MS consumida. Além da redução da produção de metano, estes autores também observaram menor produção de calor dos animais eficientes em relação aos ineficientes (129,32 x 163,97 kcal/kg PV ^{0,75}, respectivamente). A menor produção de calor e maior retenção de energia foram observadas por Basarab et al. (2003), que verificaram relação positiva entre CAR e estas variáveis.

A redução do consumo de EM (10,2%), da produção de calor (9,3%) e retenção de energia (12%) foram observados em novilhos eficientes no estudo conduzido por Basarab et al. (2003). Outras referências (FERRELL; JENKINS, 1998; NRC, 1984) relataram que a eficiência no uso da EM para retenção de energia no ganho e carcaça é variável, não é constante e decresce à medida que a ingestão de EM aumenta. De acordo com Ferrell e Jenkins (1998), a maior ingestão de EM pode afetar a eficiência, elevando a produção de calor, devido ao aumento da demanda de energia para metabolizar os nutrientes adicionais absorvidos (FERRELL; JENKINS, 1998).

Quando as características de composição do ganho dos animais foram avaliadas até o pré-abate, ou seja, no mesmo grau de acabamento, observou-se relação significativa entre CAR e extrato etéreo intramuscular do *Longissimus dorsi* (Tabela 8). Isto sugere cautela no uso do CAR para produção de animais eficientes, pois o menor teor de extrato etéreo na caraça evidencia seus efeitos na deposição de gordura.

Tabela 8 – Coeficientes de regressão linear (β_1-CAR), valores e erro padrão (EP) das características de composição corporal e energia retida de novilhos Nelore até o pré abate para CAR -0,5 (eficiente), 0,0 (intermediário) e + 0,5 (ineficiente)

Caracteristicas	CAR			EPM	β_1 CAR	Valor-P
	Eficiente	Intermediário	Ineficiente			
Área do Longissimus dorsi[1]*, cm*[2]						
Pré-abate	59,51	59,24	58,97	1,65	-0,540	0,3359
Deposição até o abate	13,76	13,72	13,68	1,31	-0,080	0,8581
Espessura de gordura subcutânea[1]*, mm*						
Pré-abate	5,93	5,97	6,02	0,40	0,091	0,5168
Deposição até o abate	3,21	3,26	3,32	0,34	0,110	0,3651
Extrato etéreo intramuscular	2,33	2,43	2,53	0,21	0,201	0,0106

1. Medidas obtidas por ultrassom; 2. Mcal/kg de ganho de peso de corpo vazio , estimado segundo NRC (1984); 3. Relativo ao ganho de peso de corpo vazio, estimado segundo NRC (1984).

Até os 70 dias de avaliação do CAR os animais eficientes apresentaram menor EGS e % de gordura e maior % proteína no ganho, mas até o abate foram capazes de

atingir o mesmo grau de acabamento que os ineficientes com mesmo número de dias. Neste contexto, os animais eficientes possivelmente direcionaram a mesma quantidade da gordura do ganho para deposição de espessura de gordura subcutânea que os animais ineficientes, mas as diferenças de consumo observadas entre os grupos evidenciam que o maior aporte de energia ingerido pelos animais de CAR positivo (ineficientes) foi resultado da maior demanda para deposição de gordura intramuscular.

4.4 Parâmetros de carcaça

Não houve associação do CAR com o peso vivo em jejum no pré-abate, peso de carcaça resfriada, rendimento, profundidade e comprimento da carcaça (Tabela 9).

Os cortes traseiro especial, dianteiro e ponta de agulha (kg ou % da carcaça resfriada) não foram influenciados pelo CAR, assim como a espessura de gordura subcutânea e área de olho de lombo (P>0,05). Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Basarab et al. (2003), que não observaram diferenças significativas entre as médias de rendimento de carcaça e EGS quando avaliaram novilhos eficientes e ineficientes. Porém, os autores constataram maior AOL e menor peso da gordura perirrenal em animais eficientes (baixo CAR).

Apesar dos resultados da literatura demonstrarem que o CAR está relacionado com as características de carcaça e composição do ganho, há alguns relatos contraditórios, como os observados por Trejo et al. (2010). Estes autores observaram diferenças entre as médias de área de olho de lombo (92,88; 87,88 e 89,46, respectivamente) entre animais de baixo, médio e alto CAR e espessura gordura subcutânea semelhante (1,32; 1,28 e 1,26 , respectivamente). Por outro lado, Gomes (2009) quando confinaram novilhos Nelore não observaram associação entre EGS e CAR, assim como Montanholi et al. (2010), que observaram valores similares de EGS, AOL e marmoreio entre os novilhos cruzados eficientes e ineficientes.

Tabela 9 – Coeficientes de regressão linear (β_1-CAR), valores e erro padrão (EP) para características de carcaça de novilhos Nelore para CAR -0,5 (eficiente), 0,0 (intermediário) e + 0,5 (ineficiente)

Características[1]	CAR			EPM	β_1 CAR	Valor-P
	Eficiente	Intermediário	Ineficiente			
PVFJ, kg	463,4	461,2	459,0	9,8	-4,364	0,1508
PCR, kg	259,0	257,7	256,4	5,5	-2,540	0,1511
RC, %	56,0	56,0	56,0	0,3	0,000	0,9852
Profundidade, cm	39,9	39,8	39,8	0,4	-0,059	0,6488
Comprimento, cm	124,4	124,4	124,4	1,0	-0,023	0,9415
Traseiro especial, kg	123,8	123,3	122,7	2,7	-1,147	0,1980
Dianteiro, kg	101,6	101,1	100,6	2,4	-1,046	0,1757
Ponta de Agulha, kg	33,1	33,1	33,1	0,84	-0,091	0,7550
% Traseiro especial	47,8	47,8	47,8	0,2	0,026	0,7841
% Dianteiro	39,4	39,3	39,3	0,36	-0,048	0,7283
% Ponta de agulha	12,8	12,8	12,9	0,19	0,091	0,1951
AOL[2], cm^2	59,5	59,1	58,8	1,80	-0,715	0,2250
EGS[2], mm	7,22	7,15	7,09	0,54	-0,130	0,4846

1. PVFJ – peso vivo final em jejum no pré-abate; PCR – peso de carcaça resfriada; RC – rendimento de carcaça resfriada; AOL – área de olho de lombo; EGS – espessura de gordura subcutânea; 2. Medida diretamente na carcaça.

Estes resultados evidenciam que a associação entre CAR e composição corporal é relativamente fraca, mas isto talvez esteja associada às variáveis utilizada na estimativa deste índice. O CAR é uma função direta do “peso vivo metabólico médio”, e este por sua vez é positivamente associado ao teor de gordura e energia do animal. Como se trata de uma regressão múltipla, onde há grande associação entre as variáveis, é difícil saber exatamente o quanto desta associação é prejudicada.

Os valores de AOL e EGS similares em animais eficientes e ineficientes no abate era esperado, já que o grau de acabamento foi pré-determinado e indicam que a seleção de animais eficientes pelo CAR permitiria a produção de carcaças com

características satisfatórias. A gordura subcutânea tem papel de isolante térmico no resfriamento da carcaça e deve ser considerada por ser importante para os sistemas de produção de carne brasileiros, principalmente em regime de pastejo. Neste sistema, os animais destinados ao abate teoricamente possuem menor ganho de peso e taxa de deposição de gordura subcutânea na carcaça, com isso atingem acabamento de carcaça mais tardiamente e permanecem mais tempo em regime de terminação (LEME; GOMES, 2007). A adequada cobertura de gordura na carcaça evita que a temperatura do músculo diminua rapidamente e provoque um drástico encurtamento do sarcômero, ocasionado pelo processo de *cold-shortening*. Ou seja, o papel de isolante térmico da EGS evita a depreciação da qualidade da carne dos animais (KOOHMARAIE; SEIDEMAN; CROUISE, 1988).

Não foram observadas diferenças entre os valores de peso de coração e fígado, de animais eficientes e ineficientes e não houve relações entre CAR e estas variáveis (Tabela 10).

Esses resultados corroboram com os obtidos por Gomes (2009), que não identificou relação entre CAR e o peso dos órgãos para animais da raça Nelore. Mader et al. (2009) também não identificaram diferenças de peso de vísceras entre animais eficientes e ineficientes. Os órgãos viscerais são os principais componentes que influenciam as exigências de mantença dos animais e alguns pesquisadores observaram que animais eficientes apresentaram menor peso de coração, fígado e rins (SAINZ et al. 2006) e menor deposição de gordura interna (GOMES, 2009).

Segundo Ferrell e Jenkins (1998 a, 1998b), os órgãos viscerais apresentam elevadas taxas metabólicas e, principalmente o fígado e o trato gastrintestinal, respondem às alterações na ingestão de alimentos aumentando seu tamanho para atender os maiores requerimentos de animais com potencial para elevada produção (FOX et al., 1992). Os valores de peso dos rins, expressos em kg e relativo ao peso da carcaça resfriada, foram menores em animais eficientes ($P<0,05$). Dos órgãos avaliados neste experimento, o rim é o tecido mais ativo metabolicamente e apesar de representar apenas 0,3% do peso da carcaça, é responsável por 7% do gasto de energia de um animal e apresenta uma taxa metabólica por unidade de massa de 23 (BALDWIN, et al.,

1985). Resultados semelhantes foram encontrados por Bonilha et al. (2009) onde os animais de baixo CAR apresentaram rins mais leves que os animais de alto CAR.

Tabela 10 – Coeficientes de regressão linear (β_1-CAR), valores e erro padrão (EP) do peso de vísceras de novilhos Nelore para CAR -0,5 (eficiente), 0,0 (intermediário) e + 0,5 (ineficiente)

Características	CAR			EP	β_1 CAR	Valor-P
	Eficiente	Intermediário	Ineficiente			
Peso de vísceras, kg						
Coração	1,51	1,50	1,49	0,04	-0,018	0,1966
Rins	0,77	0,78	0,79	0,02	0,018	0,0199
Fígado	4,95	4,97	4,98	0,19	0,035	0,4208
Gordura perirenal	4,05	4,07	4,09	0,25	0,040	0,6212
Gordura inguinal	5,92	5,93	5,93	0,33	0,011	0,9550
Gordura pélvica	4,21	4,21	4,22	1,54	0,016	0,9067
Gordura total	13,44	13,51	13,59	0,76	0,155	0,7129
Peso de vísceras, kg / 100 kg de carcaça resfriada						
Coração	0,984	0,978	0,972	0,03	-0,012	0,2017
Rins	0,500	0,507	0,513	0,02	0,012	0,0355
Fígado	3,23	3,24	3,25	0,12	0,023	0,4234
Gordura perirenal	2,64	2,66	2,67	0,16	0,026	0,6295
Gordura inguinal	3,86	3,87	3,87	0,21	0,007	0,9567
Gordura pélvica	2,75	2,75	2,76	1,00	0,010	0,9040
Gordura total	8,83	8,85	8,88	0,51	0,049	0,8655

As variações na eficiência alimentar dos animais poderiam ser explicadas pela redução da deposição de gordura interna, já que o consumo de energia para deposição de gordura é um processo menos eficiente que para deposição de proteína (LOFGREEN; GARRETT, 1968). No entanto, não houve diferenças nos valores de

gordura renal, inguinal, perirrenal e gordura total (expressos em kg e kg/100 kg carcaça resfriada) entre os animais eficientes e ineficientes e as relações entre CAR e estas características não foram significativas. Assim como neste estudo, Gomes (2009) também não detectaram diferenças entre os pesos de gordura inguinal e pélvica quando avaliaram novilhos Nelore confinados, mas observaram menores valores de peso de gordura do trato gastrintestinal (TGI) de animais eficientes. Assim, pode ser que os animais eficientes depositaram menor quantidade de gordura no TGI, que não foi quantificada neste experimento.

4.5 Parâmetros de Qualidade de Carne

Os valores de pH médio das amostras de carne não maturadas, maturadas por 7 ou 14 dias foram 5,62±0,05, 5,57±0,05 e 5,59±0,02, respectivamente (Tabela 11). Do total de amostras não maturadas, 75% apresentaram pH entre 5,34 e 5,73; 23,3% entre 5,74 e 5,87 e apenas cinco amostras (1,7%) apresentaram pH entre 5,90 e 5,97.

Os valores de pH das amostras foram destacadas por serem fator de influência sobre diversos parâmetros físicos e organolépticos da carne, além de ser um importante critério de avaliação de carcaças para exportação (PFLANZER, 2009). Nos frigoríficos brasileiros o pH é mensurado diretamente no músculo *Longissimus dorsi* 24 horas *post-mortem* e o valor preconizado para carne de qualidade do tipo exportação é abaixo de 5,8 (ROÇA, 2001), em padrões internacionais como sistema australiano de tipificação carcaça, carnes que apresentarem valor de pH acima de 5,7 são consideradas fora do padrão. Neste estudo o pH não foi relacionado ao CAR e, especialmente nas amostras não maturadas, pode ser considerado um pouco elevado em relação aos valores da literatura (pH entre 5,40 e 5,60) para bovinos de corte não estressados (PUOLLANE et al., 1988; JUDGE et al., 1988; ABERLE et al., 2001).

Tabela 11 – Coeficientes de regressão linear (β_1-CAR), valores e erro padrão (EP) das características de qualidade de carne de amostras não maturadas, maturadas por 7 ou por 14 dias de novilhos Nelore para CAR -0,5 (eficiente), 0,0 (intermediário) e + 0,5 (ineficiente) (continua)

Características	Eficiente	Intermediário	Ineficiente	EPM	β_1 CAR	Valor-P
Amostras não- maturadas						
pH	5,63	5,62	5,62	0,05	-0,001	0,2782
Capacidade de retenção de água, %	72,9	72,9	72,9	1,16	0,018	0,9626
L* carne	37,2	37,4	37,6	0,50	0,404	0,0222
a* carne	15,7	15,8	15,8	0,46	0,090	0,4776
b* carne	12,8	12,9	12,9	0,28	0,065	0,4580
a*/b* carne	1,23	1,24	1,24	0,03	0,002	0,8520
L* gordura	76,7	76,6	76,5	0,64	-0,167	0,4427
a* gordura	6,73	6,71	6,69	0,37	-0,042	0,7655
b* gordura	16,7	16,8	16,7	0,45	0,072	0,6776
Perda por cocção, %	24,9	24,7	24,4	1,16	-0,468	0,2797
Força de cisalhamento, kgf/cm^2	8,14	8,08	8,03	0,54	-0,110	0,4235
Índice de Fragmentação Miofibrilar	51,6	51,2	50,9	6,19	-0,729	0,6669
Amostras - 7 dias de maturação						
pH	5,57	5,57	5,56	0,02	-0,005	0,3384
Capacidade de retenção de água, %	60,8	60,5	60,3	1,49	-0,507	0,1466
L* carne	39,3	39,5	39,8	0,65	0,509	0,0134
a* carne	17,1	17,1	17,0	0,35	-0,040	0,6950
b* carne	15,0	15,0	15,1	0,50	0,077	0,4833
a*/b* carne	1,15	1,14	1,14	0,02	-0,008	0,2285
Perda por cocção, %	25,9	26,01	26,2	1,35	0,354	0,4384
Força de cisalhamento, kgf/cm^2	5,44	5,49	5,54	0,46	0,095	0,5291
Amostras - 14 dias de maturação						
pH	5,59	5,59	5,60	0,02	0,005	0,2569
Capacidade de retenção de água, %	62,3	62,1	61,8	0,98	-0,532	0,0809
L* carne	40,0	40,1	40,2	0,63	0,268	0,2162

Tabela 11 – Coeficientes de regressão linear (β_1-CAR), valores e erro padrão (EP) das características de qualidade de carne de amostras não maturadas, maturadas por 7 ou por 14 dias de novilhos Nelore para CAR -0,5 (eficiente), 0,0 (intermediário) e + 0,5 (ineficiente) (conclusão)

Características	Eficiente	Intermediário	Ineficiente	EPM	β_1 CAR	Valor-P
Amostras - 14 dias de maturação						
a* carne	17,4	17,4	17,4	0,39	-0,013	0,8940
b* carne	15,2	15,2	15,2	0,32	0,086	0,4170
a*/b* carne	1,15	1,15	1,15	0,02	-0,005	0,5378
Perda por cocção, %	24,0	24,0	23,9	1,30	-0,026	0,9566
Força de cisalhamento, kgf/cm^2	3,82	3,83	3,85	0,37	0,035	0,7715

L* - luminosidade; a* - intensidade da cor vermelha; b* - intensidade da cor amarela.

A queda do pH para estes valores preconizados é dependente da reserva de glicogênio muscular e taxa de utilização do animal. Quando não há estresse e os animais estão bem alimentados, existe uma reserva de glicogênio muscular de aproximadamente 1,8%, contudo um nível mínimo de 0,6% é necessário para que o pH final fique próximo a 5,5 (LAWRIE; LEDWARD, 2006). Se a reserva de glicogênio for utilizada ainda no pré-abate, por exemplo, por estresse físico, o ácido lático produzido após o abate será insuficiente para baixar o pH muscular a valores entre 5,5 e 5,6 no *post-mortem*.

Valores de pH superiores a 5,8 contribuem para aumento da proteólise, que resulta no escurecimento da carne e dá origem a carne caracterizada como DFD (*Dark, Firm, Dry*). Apple et al. (2005) avaliaram animais submetidos a 6 horas de estresse no pré-abate e observaram carne com pH superior a 6,0, menor a capacidade de reter água (72,5%) e mais escuras (DFD).

Além de contribuir para o escurecimento da carne, o pH final afeta características organolépticas, como capacidade de retenção de água de suas proteínas. Conforme o valor do pH aumenta e afasta-se do ponto isoelétrico (pH=5,5), as proteínas miofibrilares se repelem promovendo maior interação com a água, diminuindo sua liberação (LAWRIE; LEDWARD, 2006).

As amostras avaliadas no presente estudo apresentaram capacidade de retenção de água superiores às observadas por Apple et al. (2005) e não foram observadas relações entre CAR e esta variável em carne maturadas e não maturadas. O pH e suas conseqüências sobre a coloração são aspectos importantes a serem considerados na avaliação de animais eficientes, pois a cor é o primeiro critério usado para o julgamento da qualidade e aceitabilidade da carne pelo consumidor (CONFORTH, 1994).

A cor é influenciada principalmente pela natureza e conteúdo de mioglobina, composição e estado físico do músculo e estrutura da carne e como citado anteriormente, é associado ao pH final e à taxa de declínio do mesmo no *post mortem* (HONIKEL, 1997; RENERRE; LABAS, 1987). Alguns autores classificaram a cor da carne em diferentes grupos em função do pH (KORKEALA et al.,1986), porém um estudo mais completo foi elaborado avaliando a coloração da carne e encontrou relações significativas entre os parâmetros de cor e a faixa de pH (ABRIL et al.,

2001). Estes autores relataram maior luminosidade das carnes com pH menores que 5,5 (L*>42), carnes com menor luminosidade (L*< 34) para pH acima de 6,0 e valores intermediários para pH entre 5,5 e 6,0 (36 < L* < 40).

A luminosidade da carne observada neste trabalho esteve dentro da faixa prevista para o pH final observado. Os animais ineficientes apresentaram a carne mais clara (P<0,05) quando não maturadas ou maturadas por 7 dias, possivelmente pelo maior teor de extrato etéreo intramuscular apresentado por estes animais (Tabela 9), porém essa variação na luminosidade possivelmente não é passível de percepção pelo consumidor. Este resultado corrobora com (ŚLÓSARZ et al., 2004), que verificaram maiores valores de luminosidade em carnes com maior teor de extrato etéreo. Quando as amostras foram maturadas por 14 dias não foi observada relação entre CAR e luminosidade da carne (P>0,05).

O pH também pode afetar a intensidade do vermelho (a*) e intensidade do amarelo (b*). Segundo Abril et al. (2001), quanto menor o pH, maiores são valores de ambos os parâmetros. Estudando as variações de intensidade de vermelho da carne, Abularach et al. (1998) consideraram a* ≤ 14,83 como baixa e a* ≥ 29,27 como alta, e quando estudaram a intensidade da cor amarela, classificaram valores de b* ≤ 3,40 como baixa e b* ≥ 8,28 como alta.

Neste experimento os valores de intensidades da cor amarela e cor vermelha da carne não diferiram ente animais eficientes e ineficientes e não foram observadas relações entre CAR e estas características, tanto em carnes não maturadas como em maturadas por 7 e 14 dias (P>0,05). O índice a*, que reflete as quantidades de pigmento das mioglobinas e dos citocromos C (HEDRICK et al., 1983), permaneceu dentro da faixa ideal independente do tempo de maturação.

A intensidade da cor amarela (b*) está associada à concentração de carotenóides (PRIOLO et al., 2001) que não são convertidos a Vitamina A no intestino e acumulam-se na carne e gorduras (DUNNE et al., 2009). Os valores observados foram considerados altos independente do tempo de maturação. A relação a*/b* não diferiu entre animais eficientes e ineficientes e o CAR não foi relacionado com esta característica. A relação a*/b* serve para determinar o estado químico geral da mioglobina, ou seja, estimar indiretamente os teores de oximioglobina (pigmento reduzido, de cor vermelho-cereja brilhante) e

metamioglobina (pigmento oxidado, de cor marrom acinzentado) (MANCINI; HUNT, 2005). Logo, maiores valores da razão a*/b* indicam maior conteúdo de oximioglobina e menor conteúdo de metamioglobina (indesejável).

Não foram observadas relações entre CAR e os parâmetros de coloração da gordura. Os valores de L* da gordura obtidos neste estudo foram semelhantes aos encontrados em Fernandes et al. (2009) em bovinos da raça Nelore, porém valor de b* foi superior (12,8 vs 3,4), evidenciando uma gordura mais amarelada. A gordura mais amarelada está em congruência com valores de b* encontrados para a carne, apesar da intensidade de cor amarela na carne e gordura não estarem relacionada com CAR.

Os valores de força de cisalhamento e índice de fragmentação miofibrilar não foram relacionados ao CAR (P>0,05). Outros autores também não relatam diferenças na força de cisalhamento em função do CAR de animais de raças britânicas (McDONAGH et al., 2001; BAKER et al., 2006) e da raça Nelore (GOMES, 2009; FARJALLA, 2009). Entretanto, McDonagh et al. (2001) verificaram que animais de baixo CAR apresentaram menor índice de fragmentação miofibrilar.

As amostras não maturadas foram caracterizadas como extremamente duras (8,08 ± 0,53 kgf/cm^2), uma vez que o limite aceitável para carne macia é 4,5 kgf/cm^2 (SHACKELFORD, 1991). Segundo Felício (2000), em animais zebuínos nas condições tropicais, este limite é 5,0 kgf/cm^2, neste estudo apenas as amostras maturadas por 14 dias apresentaram-se macias. Resultados da literatura evidenciam que os altos valores de força de cisalhamento observados na carne de animais *Bos indicus* são uma característica genética (RAMSEY et al., 1963; KOCH et al., 1982; SHACKELFORD et al., 1994) e a participação crescente de genes de zebu (*Bos indicus*) em cruzamentos resulta em carne mais dura (KOOHMARAIE; WHEELER; SHACKELFORD, 1994; MOURA; LUCHIARI FILHO; JUNQUEIRA, 1998). Wheeler et al. (1996) caracterizaram carcaças e palatabilidade do *Longissimus* de diversas raças bovinas e classificaram a carne de animais da raça Nelore 7 dias após o abate como rígida (7,31 kgf/cm^2).

Conforme apresentado no ítem de revisão bibliográfica deste trabalho (Figura 1A e B), Koohmaraie, Wheller e Shackelford (1994) salientam que comparados na média, muitas raças possuem maciez semelhante, no entanto, existe uma variação

maior dentro de cada raça, do que entre elas. Este fato mostrou-se bastante evidente no presente estudo, em que o desvio padrão obtido foi 1,75 kgf/cm^2, cujos valores mínimos e máximos observados foram de 2,91 e 12,13 kgf/cm^2, respectivamente (Figura 8).

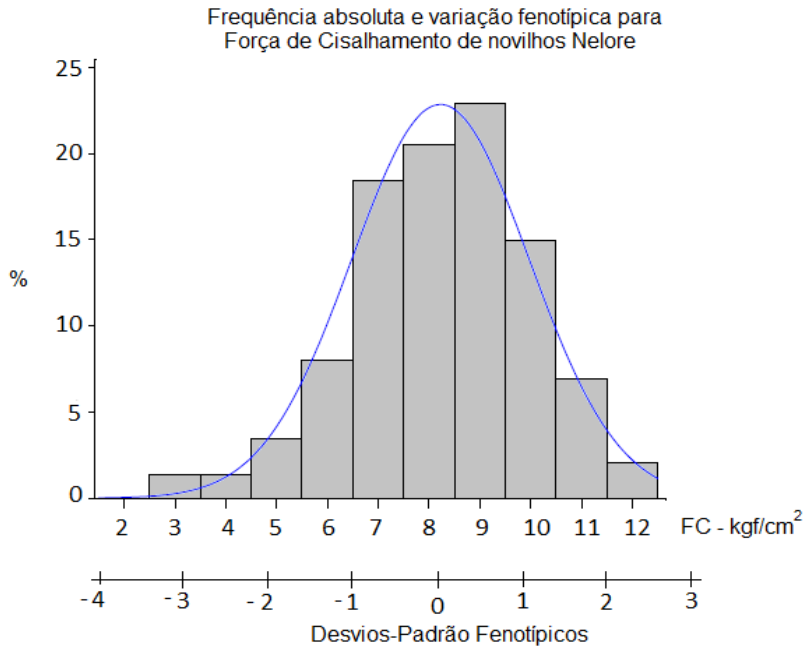

Figura 8 - Freqüência absoluta e variação fenotípica para força de cisalhamento de amostras não maturadas

A variabilidade fenotípica foi próxima a detalhada por Koohmaraie, Wheller e Shackelford (1994), estando cerca de 4 desvios acima e abaixo da média. Essa perspectiva deixa espaço para a investigação de touros dentro da raça que sejam capazes de produzir filhos com a carne mais macia. Os valores de força de cisalhamento altos em animais zebuínos têm sido associados à maior atividade muscular da enzima calpastatina (RUBENSAM; FELÍCIO; TERMIGNONI, 1998). Esta enzima possui efeito inibidor sobre as calpaínas, que são responsáveis pela proteólise *post-mortem* e, portanto, pelo amaciamento da carne. Segundo Lawrie (2004), outros fatores como a idade do animal e a cobertura de gordura da carcaça são determinantes sobre essa característica.

Além dos efeitos das atividades enzimáticas, a força de cisalhamento e a sua repetibilidade é afetada pela cocção da amostra (WHEELER; SHACKELFORD;

KOOHMARAIE, 2005). Em amostras muito assadas, com perdas elevadas de água durante o cozimento, a força de cisalhamento pode ser maior. Os valores de perdas por cocção do presente estudo estão dentro da faixa preconizada, entre 20,3% e 31,5% (WHEELER; SHACKELFORD; KOOHMARAIE, 1996; ABULARACH; ROCHA; FELÍCIO 1998) e não diferiram entre animais eficientes e ineficientes e não foram relacionadas ao CAR (P>0,05).

Apesar de existirem algumas divergências, alguns autores apontam a influência do pH final sobre a maciez da carne principalmente em valores intermediários e consideram que nesta faixa (próximo a 5,5) a atividade de catepsinas, enzimas lisossomais é aumentada, favorecendo o aumento da maciez da carne (YU; LEE,1986). Nos extremos de pH localizam-se os pontos ótimos de atividade enzimática, e na faixa intermediária essa ação é gradativamente reduzida, sendo o pico de dureza da carne atingido dentro da faixa de pH entre 5,8 e 6,1 (WATANABE; DALY; DEVINE, 1996; PURCHAS, AUNGSUPAKORN, 1993; JELENIKOVA; PIPEK; STARUCH, 2008; PFLANZER; DIAS; FELÍCIO, 2009). Essa possivelmente é a principal explicação para a dureza observada nas amostras de carne dos animais deste experimento, que independente do grupo de eficiência, apresentaram pH mais elevado que o ponto isoelétrico (pH=5,5), fato que pode ter aumentado a repleção das proteínas miofibrilares e sua interação com a água, tornando-a mais seca e dura. Isto pode ter afetado os efeitos do CAR sobre a maciez.

Se animais podem ser mais eficientes através de uma redução do turnover de proteína, é possível imaginar que animais eficientes (de baixo CAR) poderiam ter carne menos macia em função deste menor *turnover.* Este efeito não foi corroborado neste trabalho.

4.6 Avaliação dos parâmetros econômicos

Os animais apresentaram o custo médio de R$ 93,36 por arroba produzida (Tabela 12). Os resultados apresentados deste confinamento experimental é diferente das condições dos confinamentos comerciais, onde o período médio de permanência dos animais é inferior a 85 dias e a dieta utilizada geralmente contém maior teor energético.

Tabela 12 – Coeficientes de regressão linear (β_1-CAR), valores e erro padrão (EP) parâmetros econômicos de novilhos Nelore para CAR -0,5 (eficiente), 0,0 (intermediário) e + 0,5 (ineficiente)

Características	Eficiente	Intermediário	Ineficiente	EPM	β_1 CAR	Valor-P
Dias de confinamento	102,0	101,3	100,5	2,6	-	-
Ganho de peso, kg/dia	1,26	1,25	1,25	0,06	-0,003	0,8868
@ produzidas	5,87	5,85	5,83	0,22	-0,050	0,4969
Receita						
R$/kg de ganho	4,67	4,67	4,67	0,10	-0,004	0,9120
R$/dia	5,80	5,78	5,77	0,27	-0,036	0,6241
Custo Total						
R$/@	90,83	93,13	95,42	4,44	4,591	0,0007
R$/kg de ganho	4,26	4,37	4,48	0,22	0,241	0,0010
R$/dia	5,22	5,34	5,47	0,17	0,241	<0,0001
Custo com Alimento						
R$/dia	4,64	4,75	4,87	0,17	0,236	<0,0001
R$/kg	3,79	3,89	4,00	0,21	0,229	0,0009
Lucro						
R$/@	7,47	5,17	2,89	4,44	-4,591	0,0007
R$/kg de ganho	0,38	0,27	0,15	0,213	-0,229	0,0004
R$/dia	0,55	0,42	0,28	0,30	-0,274	0,0019

Além disto, em confinamento comercial são utilizados animais inteiros, que apresentam melhor conversão e permanecem confinados até atingirem o acabamento mínimo de 3 mm exigido pelos frigoríficos e em quase todo o período estão em crescimento compensatório. Os parâmetros de custo e lucro avaliados mostraram-se diretamente relacionados ao CAR (Tabela 13). O custo total expresso em R$/@, R$/kg de ganho e R$/dia foram menores à medida que o CAR diminuiu (P<0,01) e a receita permaneceu inalterada (P>0,05).

Os 23% animais mais eficientes apresentaram o custo da @ produzida pelo menos 4,8 % menor em relação aos 23% animais menos eficientes (P<0,05), com área de olho de lombo e espessura de gordura semelhantes (Tabela 9). Entretanto, apresentaram menor teor de extrato etéreo intramuscular (Tabela 8).

A redução no custo de produção resultou no aumento do lucro à medida que o CAR dos animais diminuiu (P<0,01). A relação significativa entre CAR e lucro foi demonstrada por diversos autores (EXTON et al., 2000; ARCHER; BARWICK;

GRASER, 2004; CREWS, 2006; CARSTENS; TEDESCHI 2006), e já era esperada uma vez que esse índice é concebido pelo consumo, que por sua vez representa o maior do custo de produção dos animais (88,9%). Apesar da relação entre CAR e lucratividade ser significativa, o estudo dos coeficientes de correlação parcial entre as variáveis (Tabela 13) aponta que o lucro é fortemente associado às variáveis de consumo, ganho de peso e conversão alimentar, utilizadas para sua estimativa (r = -0,513; 0,641 e -0,852, respectivamente; P<0,0001) enquanto sua associação com CAR é menor (r = - 0,124; P<0,05).

A menor correlação do lucro com o CAR está no fato da variância deste índice não estar diretamente associada à variância do ganho de peso dos animais (Figura 9), cuja correlação com lucro é alta. Como o CAR é independente do ganho de peso, a variância do lucro é explicada pela diferença entre consumo observado e predito, que representam pequena parte do lucro.

Apesar do lucro não apresentar associação com a espessura de gordura subcutânea, extrato etéreo intramuscular e gordura perirrenal (P>0,05), mostrou-se positivamente correlacionado à área do músculo *Longissimus* (P<0,0001), demonstrando que os animais que possuem uma maior deposição de tecido muscular estão associados à maior lucratividade, devido à maior eficiência energética para deposição de músculo em detrimento à deposição de tecido adiposo.

A maior eficiencia de utilização da energia apresentada pelos animais mais magros pode estar associada à menor deposição de gordura, pois embora a concentração energética dos lipídios seja 2,25 vezes maior que da proteína, a deposição de tecido muscular é mais eficiente, pois em cada grama de proteína depositada são carreados três gramas de água e por isso o teor energético do ganho é menor, associado a isso, a produção de calor na síntese de tecido muscular é menor que no tecido adiposo (LOFGREEN; GARRET, 1968).

Um ponto a ser observado com bastante cautela é que embora a associação fenotípica do lucro com o peso vivo dos animais seja significativa (r=0,443; p<0,0001), esta é menor que a sua correlação com CA e GPD.

Tabela 13 – Coeficientes de correlação parcial entre características de lucro, desempenho, consumo, eficiência, composição da carcaça de novilhos Nelore

	Lucro	PVF	CMS	GPD	CA	CAR	AOL	EGS	EE	GPR
Lucro		0,443**	-0,513**	0,641**	-0,852**	-0,124†	0,250**	0,047	0,048	0,019
PVF	..	..	0,189**	0,655**	-0,395**	-0,034	0,514**	-0,047	-0,022	0,221*
CMS	..	..	..	0,145†	0,514**	0,244**	0,137†	-0,033	-0,015	0,018
GPD	..	..	..	..	-0,729**	0,040	0,269**	0,002	0,046	0,056
CA	..	..	..	..	..	0,171*	-0,129†	-0,051	-0,055	-0,008
CAR	..	..	..	..	..	..	-0,065	-0,003	0,136†	0,057
AOL	..	..	..	..	..	..	..	-0,074	-0,099	0,171*
EGS	..	..	..	..	..	..	..	..	0,159*	0,049
EE	..	..	..	..	..	..	..	..	..	-0,004
GPR	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..

P>0,05; †P<0,05; *P<0,01; **P<0,0001. Lucro (R$/dia); PVF - peso vivo final (kg); CMS - consumo de matéria seca (kg/dia); GPD - ganho de peso (kg/dia); CA - conversão alimentar; CAR - consumo alimentar residual (kg de MS/dia); AOL - área de olho de lombo (cm^2), EGS - espessura de gordura subcutânea (mm); EE – extrato etéreo intramuscular (%); GPR – gordura perrirenal (kg).

Esses resultados estão de acordo com dados obtidos pela equipe do Laboratório de Nutrição e Crescimento Animal/ESALQ-USP (NUÑEZ; ALMEIDA; LANNA, 2005), que permitiram concluir que a lucratividade é melhor correlacionada com ganho de peso do que com o CAR. Cruz et al. (2010) observaram o CAR representa apenas 18% da variação no custo enquanto GPD e CMS representam 98,5%, sugerindo que o CAR não seria um critério de seleção economicamente viável e um indicador de eficiência e rentabilidade em confinamento.

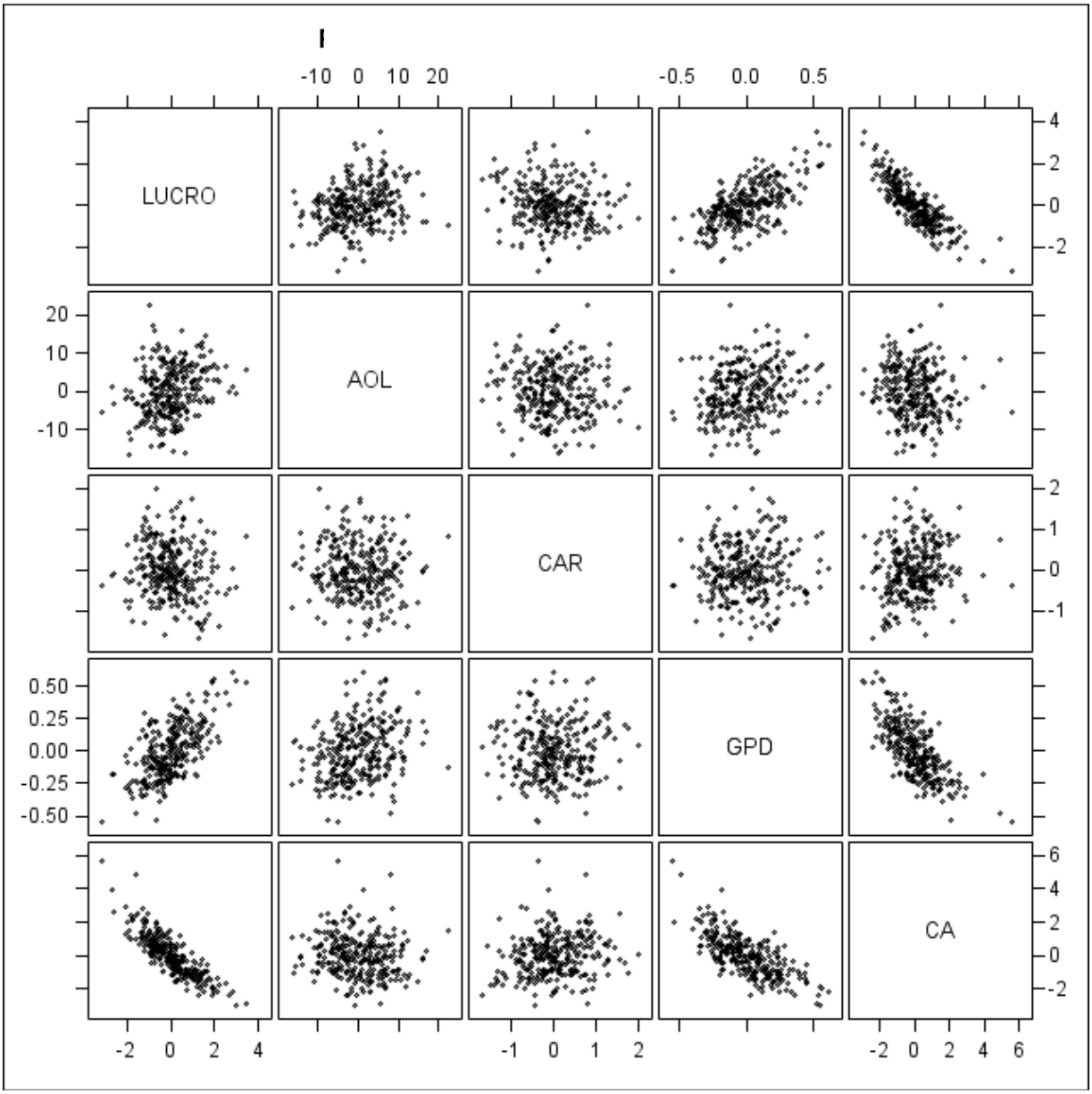

Figura 9 - Matriz gráfica da correlação parcial dos resíduos entre as variáveis lucro (R$/dia), PVF - peso vivo final (kg), CMS – consumo de matéria seca (kg/dia), GPD – ganho de peso diário (kg/dia) e CA – conversão alimentar.

4.7 Avaliação dos touros

As características ganho de peso, consumo de matéria seca, conversão alimentar e consumo alimentar residual mensuradas no período de avaliação do CAR (Tabela 14) apresentaram variância genética significativa para touro (P<0,05).

Tabela 14 - Médias de quadrados mínimos, erro-padrão da média (EPM) e variância genética estimada para touro (σ^2) para características de desempenho, consumo, eficiência e composição corporal das progênies de touros Nelore para o período de avaliação do consumo alimentar residual (continua)

		Características[1]								
Touro	N	PVF	GPD	CMS	CMSpv	CA	CAR	EGS[2]	EGSd[2]	AOL[2]
1	8	454,4	1,40	8,46	2,10	6,23	0,108	5,10	2,42	45,64
2	6	447,9	1,36	8,31	2,10	6,40	0,059	5,36	2,53	46,13
3	12	436,2	1,34	8,09	2,10	6,26	-0,121	5,62	2,78	43,70
4	8	460,7	1,40	8,55	2,09	6,33	-0,072	4,74	2,39	46,14
5	8	434,2	1,26	7,99	2,07	6,52	-0,165	4,78	2,36	43,72
6	9	448,6	1,32	8,29	2,08	6,52	-0,042	5,19	2,54	46,27
7	9	440,5	1,31	8,15	2,08	6,48	0,013	5,18	2,42	45,72
8	5	443,8	1,35	8,23	2,09	6,39	0,074	5,35	2,60	44,58
9	13	438,6	1,25	8,06	2,07	6,67	-0,017	5,42	2,61	43,90
10	8	448,2	1,30	8,27	2,08	6,57	0,042	5,08	2,41	45,69
11	14	442,5	1,40	8,24	2,11	6,15	-0,028	4,80	2,35	44,65
12	2	448,9	1,32	8,29	2,09	6,51	-0,084	5,47	2,51	45,59
13	5	439,7	1,31	8,13	2,09	6,46	0,037	5,03	2,41	44,72
14	14	440,0	1,29	8,12	2,07	6,59	0,012	5,15	2,56	44,74
15	10	451,6	1,31	8,33	2,08	6,62	-0,104	5,40	2,64	45,33
16	4	448,9	1,35	8,31	2,09	6,39	-0,007	5,51	2,54	44,91
17	16	446,2	1,26	8,20	2,05	6,87	0,001	5,05	2,44	47,09
18	2	446,2	1,33	8,25	2,09	6,47	-0,013	5,26	2,48	46,34
19	6	446,2	1,37	8,29	2,11	6,40	-0,061	4,88	2,37	44,59

Tabela 14 – Médias de quadrados mínimos, erro-padrão da média (EPM) e variância genética estimada para touro (σ^2) para características de desempenho, consumo, eficiência e composição corporal das progênies de touros Nelore para o período de avaliação do consumo alimentar residual (conclusão)

		Características[1]								
Touro	N	PVF	GPD	CMS	CMSpv	CA	CAR	EGS[2]	EGSd[2]	AOL[2]
20	19	442,7	1,37	8,22	2,12	6,25	0,129	4,37	2,22	45,04
21	6	452,4	1,33	8,38	2,08	6,55	-0,036	4,86	2,38	46,10
22	9	447,2	1,30	8,25	2,07	6,56	0,037	4,81	2,41	44,31
23	7	444,0	1,29	8,19	2,08	6,58	-0,019	5,24	2,54	45,06
24	12	450,5	1,40	8,38	2,11	6,33	-0,175	5,08	2,40	44,69
25	11	438,2	1,28	8,09	2,08	6,69	-0,091	5,71	2,58	45,50
26	6	448,5	1,36	8,32	2,09	6,41	-0,039	4,96	2,47	46,13
27	20	454,1	1,40	8,44	2,10	6,37	0,249	5,10	2,47	45,18
28	5	447,3	1,35	8,29	2,10	6,43	-0,006	5,34	2,56	45,62
29	7	442,7	1,31	8,16	2,08	6,47	0,075	5,18	2,54	45,22
30	8	455,4	1,34	8,42	2,09	6,52	-0,102	5,17	2,44	45,62
31	8	442,9	1,33	8,20	2,09	6,44	0,011	5,19	2,48	44,66
32	1	446,9	1,32	8,27	2,08	6,50	-0,105	5,09	2,50	45,13
33	3	447,6	1,34	8,29	2,08	6,46	-0,132	5,26	2,43	45,21
Média		446,1	1,33	8,26	2,09	6,15	0,00	5,15	2,48	55,7
EPM		9,6	0,06	0,19	0,02	0,27	0,44	0,36	0,27	1,52
σ^2		102,5 ^{ns}	0,01*	0,04*	0,00*	0,07*	0,03*	0,19*	0,05 ^{ns}	2,51 ^{ns}

1. N – número de filhos analisados; PVF – Peso vivo final em jejum, kg; CMS – consumo de matéria seca diário, kg/dia; CMSpv – CMS relativo ao peso vivo, % do peso vivo; CA – conversão alimentar; kg de MS/kg de ganho;CAR – consumo alimentar residual, kg de MS/dia; EGS – espessura final no período de avaliação do CAR, (mm); EGSd – EGS depositada no período, mm; AOL - área de olho de lombo no final do período de avaliação do CAR, (cm^2). 2. Obtidos pelo ultrassom; * P<0,05; ^{ns} P>0,05.

O maior PVF foi observado na progênie do touro 4 (460,7 kg) e menor nos filhos do touro 5 (434,2 kg). O consumo de matéria seca foi proporcional ao peso da progênie, ou seja, quanto maior o peso maior o consumo. Desta maneira, por

exemplo, os filhos do touro 4 consumiram mais por serem mais pesados. Houve variação para EGS, sendo o maior valor apresentado pelo touro 25.

Não houve variância para AOL e deposição de gordura no período de avaliação do CAR (P<0,05). O maior consumo de matéria seca é associado ao aumento das exigências nutricionais, tanto pelo tamanho corporal quanto pelo potencial de crescimento dos animais. De acordo com NRC (1984), quanto maior o animal, maior é o tamanho e atividade metabólica de órgãos viscerais, como coração, rins e fígado. Apesar de próxima a zero houve variância significativa para peso de rim (Tabela 15), cujo maior peso foi observado em animais com maior consumo.

Tabela 15 - Médias de quadrados mínimos, erro-padrão da média (EPM) e variância genética estimada para touro (σ^2) para peso de vísceras em kg e relativo ao peso da carcaça das progênies de touros Nelore (continua)

	Kg			Kg/ 100 kg de carcaça		
Touro	Coração	Rins	Fígado	Coração	Rins	Fígado
1	1,50	0,806	4,98	0,98	0,525	3,25
2	1,51	0,788	4,96	0,98	0,513	3,23
3	1,48	0,743	4,83	0,97	0,484	3,15
4	1,51	0,787	5,06	1,03	0,513	3,30
5	1,48	0,748	4,86	0,96	0,487	3,17
6	1,50	0,775	5,00	0,98	0,505	3,22
7	1,49	0,738	4,88	0,97	0,481	3,18
8	1,49	0,755	4,95	0,97	0,492	3,23
9	1,50	0,752	4,92	0,98	0,525	3,21
10	1,51	0,751	4,96	1,01	0,489	3,23
11	1,51	0,790	4,93	0,98	0,515	3,21
12	1,50	0,770	4,95	0,98	0,502	3,23
13	1,49	0,773	4,93	0,97	0,504	3,22

Tabela 15 - Médias de quadrados mínimos, erro-padrão da média (EPM) e variância genética estimada para touro (σ^2) para peso de vísceras em kg e relativo ao peso da carcaça das progênies de touros Nelore (conclusão)

	Kg			Kg/ 100 kg de carcaça		
Touro	Coração	Rins	Fígado	Coração	Rins	Fígado
14	1,49	0,790	4,91	0,97	0,515	3,20
15	1,50	0,796	5,00	0,98	0,517	3,26
16	1,50	0,769	4,96	0,98	0,500	3,23
17	1,50	0,743	4,97	0,98	0,484	3,24
18	1,50	0,777	4,96	0,98	0,507	3,24
19	1,50	0,761	5,03	0,98	0,497	3,28
20	1,50	0,779	4,98	0,98	0,516	3,25
21	1,52	0,823	5,05	0,99	0,536	3,29
22	1,50	0,777	4,97	0,98	0,506	3,24
23	1,50	0,794	4,94	0,98	0,518	3,22
24	1,51	0,792	5,01	0,99	0,515	3,27
25	1,50	0,794	4,98	0,98	0,516	3,23
26	1,50	0,776	4,99	0,96	0,506	3,25
27	1,51	0,815	5,13	0,98	0,530	3,34
28	1,51	0,787	4,97	0,98	0,512	3,24
29	1,49	0,784	4,95	0,97	0,511	3,23
30	1,51	0,789	4,97	0,98	0,514	3,24
31	1,49	0,777	4,99	0,97	0,507	3,25
32	1,50	0,770	4,99	0,98	0,501	3,25
33	1,52	0,766	5,03	0,98	0,498	3,28
Média	1,50	0,78	4,97	0,98	0,51	3,24
EPM	0,04	0,02	0,19	0,03	0,02	0,12
σ^2	$0,00^{ns}$	0,00*	$0,01^{ns}$	$0,00^{ns}$	0,00*	$0,01^{ns}$

* P<0,05; ^{ns} P>0,05.

Foram observadas variâncias significativas para touro nas características absolutas de carcaça como comprimento, profundidade e área de olho de lombo (Tabela 16), as características % de dianteiro, % de traseiro especial e % de ponta de agulha não apresentaram variância significativa (P>0,05).

Tabela 16 - Médias de quadrados mínimos, erro-padrão da média (EPM) e variância genética estimada para touro (σ^2) para características de carcaça e lucro das progênies de touros Nelore
(continua)

Touro	Características							
	PCR	%D	%TE	%PA	COMP	PROF	AOLf	Lucro
1	260,0	39,4	60,5	12,8	125,3	40,4	59,7	0,41
2	256,4	39,2	60,8	12,8	124,6	39,7	60,7	0,45
3	251,7	39,4	60,5	12,8	121,9	39,5	57,1	0,34
4	265,6	39,4	60,6	12,8	126,7	39,7	61,9	0,51
5	251,7	39,5	60,3	12,7	122,6	39,3	58,0	0,24
6	260,9	39,3	60,7	12,9	124,2	39,7	60,3	0,46
7	253,9	39,5	60,4	12,8	122,9	39,7	59,1	0,31
8	257,4	39,3	60,7	12,9	125,2	39,8	58,4	0,47
9	255,2	39,4	60,6	12,8	124,5	40,2	56,7	0,33
10	257,2	39,3	60,7	12,8	124,3	39,7	59,2	0,30
11	255,9	39,4	60,6	12,8	124,5	39,8	58,7	0,54
12	256,7	39,3	60,6	12,9	124,9	39,6	58,7	0,41
13	256,9	39,3	60,7	12,9	123,0	40,0	61,5	0,45
14	254,6	39,3	60,7	12,8	123,2	39,4	59,7	0,33
15	258,6	39,4	60,6	12,9	124,9	39,7	58,7	0,34
16	259,5	39,4	60,5	12,8	123,7	39,8	58,4	0,53
17	258,8	39,3	60,7	12,9	124,1	39,3	62,0	0,37
18	256,1	39,4	60,5	12,8	123,1	39,7	59,3	0,33
19	258,7	39,4	60,5	12,9	124,1	40,2	58,2	0,48
20	259,3	39,2	60,8	13,0	124,3	40,1	59,1	0,55

Tabela 16 - Médias de quadrados mínimos, erro-padrão da média (EPM) e variância genética estimada para touro (σ^2) para características de carcaça e lucro das progênies de touros Nelore
(conclusão)

Touro	Características							
	PCR	%D	%TE	%PA	COMP	PROF	AOLf	Lucro
21	261,4	39,3	60,7	12,9	124,6	40,1	59,8	0,42
22	258,3	39,3	60,7	12,9	125,0	39,9	58,2	0,39
23	257,9	39,3	60,7	12,9	125,0	40,3	59,6	0,30
24	261,1	39,4	60,6	12,9	125,7	40,1	58,5	0,57
25	254,0	39,3	60,6	12,8	123,3	39,5	60,0	0,32
26	259,5	39,4	60,4	12,8	124,7	40,1	59,3	0,44
27	261,5	39,2	60,8	12,7	124,7	40,6	59,2	0,68
28	257,1	39,4	60,5	12,9	124,6	40,1	58,5	0,37
29	255,3	39,4	60,5	13,0	124,0	39,4	57,1	0,23
30	260,7	38,9	60,6	12,9	124,7	40,1	59,8	0,55
31	257,1	39,4	60,6	12,8	123,7	39,8	57,5	0,48
32	257,8	39,3	60,6	12,9	124,3	39,8	59,3	0,38
33	259,1	39,0	60,7	12,9	125,0	39,8	59,2	0,37
Média	257,7	39,3	60,6	12,8	124,3	39,8	59,1	0,42
EPM	5,48	0,37	0,23	0,19	0,95	0,43	1,80	0,30
σ^2	25,1 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1,18*	0,21*	3,82*	0,04*

PCR – Peso de carcaça resfriada, kg; D – dianteiro resfriado, % do PCR; TE – traseiro especial resfriado, % do PCR; PA – ponta de agulha resfriada, % do PCF; COMP – comprimento da carcaça, cm; PROF – profundidade da carcaça, cm; AOLf – área de olho de lombo medida diretamente na carcaça, cm^2.* P<0,05; ^{ns} P>0,05.

O lucro apresentado pelas progênies teve efeito de touro (P<0,05) cuja progênie mais lucrativa (touro 27) apresentou lucro diário de 62% maior em relação à média.

Os filhos do touro 24 estiveram entre os maiores GPD (1,40). Embora os filhos do touro 24 não tenham se destacado com valores superiores de PVF, CMS e PCR (450 kg; 8,38 kg/dia e 261,1 kg, respectivamente), estes apresentaram os valores mais próximos observados na progênie do touro 4, que foi superior para

estas características (PVF = 460,7 kg; CMS = 8,55 kg/dia e PCR = 265,6 kg). O maior GPD resultou em maior desenvolvimento dos animais e possivelmente contribuiu para superioridade do valor de comprimento de carcaça.

Apesar da média ser uma informação importante, é imprescindível avaliar a distribuição dos indivíduos dentro da progênie quanto às características. (Figura 10).

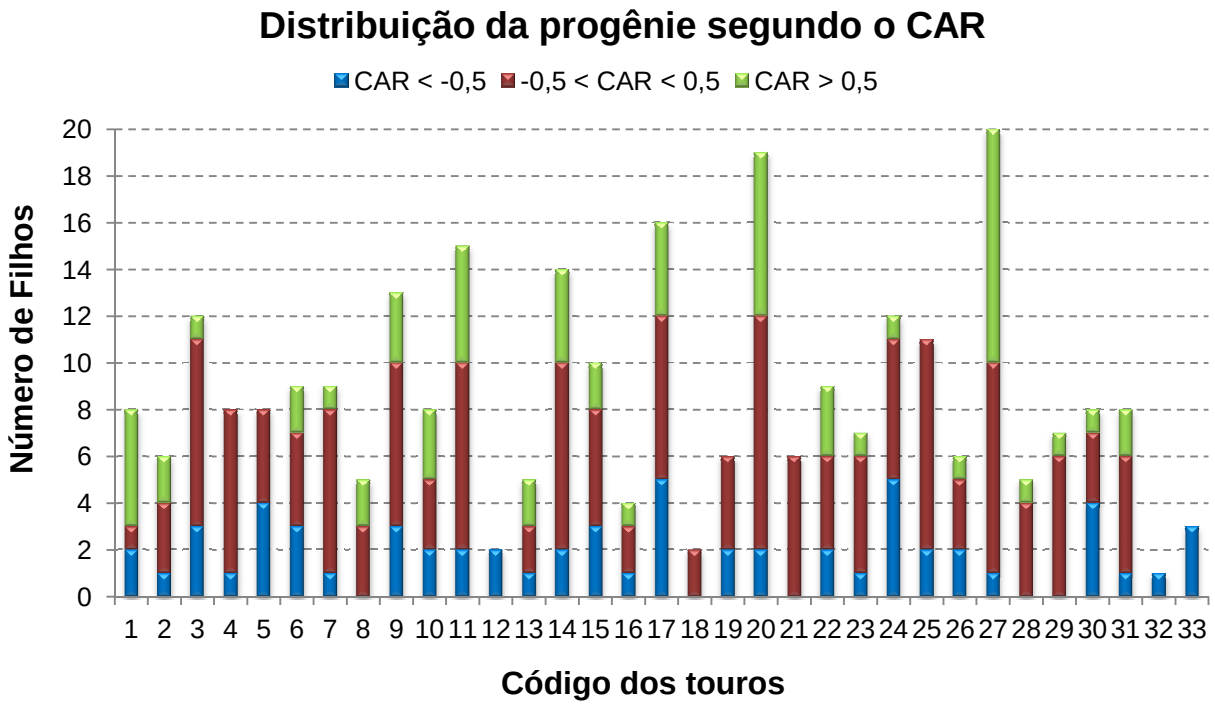

Figura 10 - Distribuição das progênies avaliadas de touros Nelore segundo o consumo alimentar residual

A distribuição em relação ao critério CAR mostrou-se bastante variável, a progênie do touro 24 se destacou com um número grande de observações (12) apresentou 42% dos animais classificados entre os 23% mais eficientes da população avaliada, produzindo apenas um animal ineficiente. Resultados semelhantes foram encontrados por Farjalla (2009), onde uma das progênies avaliadas foi composta apenas por animais de média e alta eficiência.

A hipótese de maior eficiência alimentar é consolidada pela menor conversão, e, sobretudo pelo maior ganho de peso, cuja correlação com o lucro é alta conforme demonstrada nesse trabalho. O consumo de matéria seca e a melhor utilização da dieta também foram determinantes para a maior lucratividade observada na progênie dos touros 24, pois os custos com alimentação representam de 70 a até 85% do total

investido na terminação em confinamento. O valor mínimo de lucro foi apresentado pelos filhos do touro 5 (R$0,24/dia). Os valores mínimos de GPD e CMS foram obtidos pelos filhos do touro 9.

Os parâmetros de qualidade da carne não maturada (pH e capacidade de retenção de água) não variaram em função dos touros (P>0,05; Tabela 17). No entanto, houve variância genética para o teor de extrato etéreo intramuscular (P<0,05).

Tabela 17 - Médias de quadrados mínimos, erro-padrão da média (EPM) e variância para touro (σ^2) para características de qualidade da carne das progênies de touros Nelore para o período de avaliação do consumo alimentar residual
(continua)

Touro	Características			
	FC	pH	CRA	EE
1	8,04	5,63	72,9	2,5
2	8,28	5,62	72,7	2,3
3	7,82	5,61	73,0	2,6
4	8,14	5,61	72,7	2,4
5	8,18	5,62	72,8	2,2
6	8,05	5,62	72,7	1,5
7	8,09	5,62	72,8	2,5
8	8,01	5,62	72,9	2,4
9	8,21	5,63	72,7	2,4
10	8,24	5,63	72,9	2,3
11	8,05	5,62	72,6	2,4
12	8,06	5,62	72,9	2,4
13	8,08	5,62	72,9	2,3
14	8,11	5,62	73,1	2,4
15	8,02	5,63	72,7	2,4
16	8,11	5,62	72,9	2,1
17	8,15	5,63	72,8	2,7

Tabela 17 - Médias de quadrados mínimos, erro-padrão da média (EPM) e variância para touro (σ^2) para características de qualidade da carne das progênies de touros Nelore para o período de avaliação do consumo alimentar residual
(conclusão)

Touro	Características			
	FC	pH	CRA	EE
18	8,03	5,63	72,8	2,6
19	8,10	5,63	72,8	2,4
20	8,12	5,62	72,7	2,3
21	8,15	5,62	72,7	2,6
22	8,13	5,62	72,9	2,4
23	8,10	5,62	72,9	2,3
24	8,05	5,62	73,0	2,6
25	8,05	5,61	73,0	2,4
26	8,11	5,63	72,9	2,5
27	7,97	5,62	72,8	2,4
28	8,02	5,62	73,1	2,7
29	8,04	5,62	72,8	2,4
30	8,01	5,63	72,8	2,8
31	8,12	5,64	72,9	2,5
32	8,13	5,62	72,8	2,6
33	8,18	5,62	72,8	2,5
Média	8,08	5,62	72,9	2,43
EPM	0,54	0,05	1,16	0,21
σ^2	0,05 ^{ns}	0,00^{ns}	0,36 ^{ns}	0,05*

FC – Força de cisalhamento; CRA – capacidade de retenção de água; EE – extrato etéreo intramuscular. * P<0,05; ^{ns} P>0,05.

Apesar de poder haver influência do temperamento do animal e a maneira como ele reage aos estímulos externos, e as conseqüências disso sob a reserva de glicogênio, era esperado que não houvesse variância significativa de touro para o pH final da carne, uma vez este é diretamente ligado ao fator ambiental de manejo dos

animais no pré abate e o acúmulo de ácido lático oriundo da mudança *post mortem*. Apesar dos valores de força de cisalhamento obtidos terem ficado acima do limiar aceito de 4,0 kgf/cm^2 para os padrões internacionais de maciez de carne (SHACKELFORD et a., 1991), não observou-se variância significativa entre os touros (P>0,05).

5 CONCLUSÕES

Existe uma relação entre consumo alimentar residual e composição do ganho em novilhos Nelore alimentados em confinamento associada à menor deposição de espessura de gordura subcutânea e intramuscular em animais mais eficientes.

As diferenças na energia depositada podem explicar aproximadamente 16,5% da redução no consumo de alimentos entre animais eficientes e não eficientes quanto ao CAR.

A adoção do consumo alimentar como um critério de seleção de rebanhos eficientes deve ser avaliada de forma bastante criteriosa, pois a produção de carcaças mais magras pode ser prejudicial a longo prazo. Além disso, este índice é menos correlacionado ao lucro que as variáveis de ganho, conversão e consumo.

A seleção de bovinos Nelore mais eficientes quanto ao CAR não resulta em prejuízos na maciez da carne.

REFERÊNCIAS

ABERLE, E.D.; FORREST, J.C.; GERRARD, E.D.; MILLS, E.W. **Principles of meat science**. 4th ed. Iowa: Kendall/Hunt Publ., 2001. 354 p.

ABRIL, M.; CAMPO, M.M.; ÖNENÇ, A.; SAÑUDO, C.; ALBERTI, P.; NEGUERUELA, A.I. Beef colour evolution as a function of ultimate pH. **Meat Science,** Barking, v. 58, p. 69-78, 2001.

ABULARACH, M.L.S.; ROCHA, C.E.; FELÍCIO, P.E. Características de qualidade do contrafilé (m. *L. dorsi*) de touros jovens da raça Nelore. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**. Campinas, v. 18, n. 2, p. 205-210, 1998.

ALENCAR, M.M. Perspectivas para o melhoramento genético de bovinos de corte no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE MELHORAMENTO ANIMAL; REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. p. 358-367.

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: SIMPÓSIO SOBRE MELHORAMENTO ANIMAL; REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. p. 4.

ALMEIDA, R. **Consumo e eficiência alimentar de bovinos em crescimento**. 2005. 181 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

APPLE, J. K.; KEGLEY, E. B.; GALLOWAY, D. L.; WISTUBA, T. J.; RAKES, L. K. Condition in cattle Duration of restraint and isolation stress as a model to study the dark-cutting**. Journal of Animal Science,** Savoy, v. 83, p.1202-1214, 2005.

ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F.; HERD, R.M.; PARNELL, P.F.; PITCHFORD, W.S. Optimum postweaning test for measurement of growth rate, feed intake, and feed efficiency in British breed cattle. **Journal of Animal Science,** Savoy, v. 75, p. 2024-2032. 1997.

ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F.; HERD, R.M.; RICHARDSON, E.C. Genetic variation in feed efficiency and its component traits. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 6., 1998, Armidale. **Proceedings...** Armidale, 1998. v. 25, p. 81-84.

ARCHER, J.A.; RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ARTHUR, P. 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.; BERGH, L. Duration of performance tests for growth rate, feed intake and feed efficiency in four biological types of beef cattle. **Livestock Production Science,** Amsterdam, v. 65, p. 47–55, 2000.

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 GENETIC APPLIED TO LIVESTOCK PRODUTION, 7., 2002, Montpellier. **Proceedings...** Montpellier, 2002. v. 31, p. 221-224.

ARCHER, J.A.; BARWICK, S.A.; GRASER, H.U. Economic evaluation of beef cattle breeding schemes incorporating performance testing of young bulls for feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture,** Collingwood, v. 44, p. 393-404, 2004.

ARTHUR, P.F.; HERD, R.M.; WRIGHT, J.; XU, G.; DIBLEY, K.; RICHARDSON, E.C. Net feed conversion efficiency and its relationship with other traits in beef cattle. In: AUSTRALIAN SOCIETY ANIMAL PRODUCTION, 1996, Armidale. **Proceedings…** Armidale, 1996. p. 107-110.

ARTHUR, P.F.; ARCHER, J.A.; HERD, R.M.; RICHARDSON, E.C.; EXTON, S.C.; WRIGHT, J.H.; DIBLEY, K.C.P.; BURTON, D.A. Genetic and phenotypic variation in feed intake, feed efficiency and growth in beef cattle. In: CONFERENCE OF THE ASSOCIATION ADVANCEMENT ANIMAL BREEDING GENETICS, 12., 1997, Queenstown. **Proceedings...** Queenstown, 1997. v. 12, p. 234-237.

ARTHUR, P.F; ARCHER, J.A.; HERD, R.M.; MELVILLE, G.J. Response to selection for net feed intake in beef cattle. In: ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF ANIMAL BREEDING AND GENETICS, 2001, Queenstown. **Proceedings…** Queenstown, 2001a. v. 14, p. 135-138.

ARTHUR, P.F.; ARCHER, J.A.; JOHNSTON, D.J.; RICHARDSON, E.C.; PARNELL, P.F. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency and other postweaning traits in Angus cattle. **Journal of Animal Science,** Savoy, v. 79, p. 2805-2811, 2001b.

ARTHUR, P.F.; HERD, R.M.; ARCHER, J.A. Should measures of body composition be included in the model for residual feed intake in beef cattle. In: ASSOCIATION ADVANCEMENT ANIMAL BREEDING GENETICS, 2003, Melbourne. **Proceedings...** Melbourne, 2003. p. 306-309.

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**, Melbourne, v. 44, p. 361-369, 2004.

ARTHUR, P.F.; HERD, R.M. Efficiency of feed utilization by livestock: implications and benefits of genetic improvement. **Canadian Journal of Animal Science***,* Ottawa*,* v. 85, p. 281–290, 2005.

_____. Residual feed intake in beef cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia,** Viçosa**,** v. 37, n. esp. 37, p. 269-279, 2008.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis.** 18th ed. Gaithersburg, 2006. 3000 p.

AMERICAN OIL CHEMISTRYS SOCIETY. **Official Procedures of the American Oil Chemists Society**. Approved Procedure Am 5-04, Rapid determination of oil/fat utilizing high temperature solvent extraction. Urbana, 2005. 2 p.

BAKER, S.D.; SZASZ, J.I.; KLEIN, T.A.; KUBER, P.S. Residual feed intake of purebred Angus steers: effects on meat quality and palatability. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 84, p. 938-945, 2006.

BALDWIN, R.L.; FORSBERG, N.E.; HU, C.Y. Potential for altering energy partition in the lactating cow. **Journal of Dairy Science,** Albany, v. 68, p. 3394-3402. 1985.

BASARAB, J.A. Net feed efficiency project update. **Western Forage/Beef Group Newsletter**, Alberta, v. 6, n. 3, p. 3-5, Aug./Sept. 2001.

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.

BASARAB, J.A.; MCCARTNEY, D.; OKINE, E.K.; BARON, V.S. Relationships between progeny residual feed intake and dam productivity traits. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa*,* v. 87, p. 489-502. 2007.

BIERMAN, S.; ERICKSON, G.E.; KLOPFENSTEIN, T.J.; STOCK, R.A.; SHAIN, D.H. Evaluation of nitrogen and organic matter balance in the feedlot as affected by level and source of dietary fiber. **Journal of Animal Science,** Savoy, v. 77, p. 1645–1653. 1999.

BISHOP, M.D.; DAVIS, M.E.; HARVEY, W.R.; WILSON, G.R.; Van STAVERN B.D. Divergent selection for postweaning feed conversion in Angus beef cattle: II. Genetic and phenotypic correlations and realized heritability estimate. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 69, p. 4360-4367, 1991.

BONILHA, S.F.M.; BRANCO, R.H.; CORVINO, T.L.S.; ALLEONI, G.F.; FIGUEIREDO, L.A.; RAZOOK, A.G. Relationships between residual feed intake and internal organs of Nellore bulls. In: JOINT ANNUAL MEETING ASAS, 2009, Quebec. Quebec: ASAS, ADSA, 2009.

BONIN, M.N.; DERMARCHI, J.J.A.A.; MIZUBUTI, I.Y.; RIBEIRO, E.L.A.; MANELLA, M.Q.; PEREIRA, E.S. Avaliação do consumo alimentar residual em touros jovens da raça Nelore Mocho em prova de desempenho animal. **Acta Scientiarum,** Maringá, v. 30, n. 4, p. 425-433, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sumário nacional de touros raça nelore**, edição 2004. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte; Uberaba: ABCZ, [2005]. 1 CD-ROM.

_____. 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: 09 fev. 2010.

BRELIN, B.; BRANNANG, E. Phenotypic and genetic variation in feed efficiency of growing cattle and their relationship with growth rate, carcass traits, and metabolic efficiency. **Swedish Journal of Agricultural Research,** Oslo, v. 12, p. 29-34, 1982.

BRODY, S. **Bioenergetics and growth, with especial reference to the efficiency complex in domestic animals**. New York: Reinhold Publ., 1945. 1023 p.

BULLOCK, K.D.; BERTRAND, J.K.; BENYSHEK, L.L. Genetic and environmental parameters for mature weight and other growth measures in Polled Hereford cattle. **Journal of Animal Science**. Savoy, v. 71, p. 1737-1741, 1993.

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. v. 25, p. 73-80.

CARSTENS, G.E.; THEIS, C.M.; WHITE, M.B.; WELSH JR, T.H.; WARRINGTON, B.G.; MILLER, R.K.; RANDEL, R.D.; FORBES, T.D.A.; LIPPKE, H.; GREENE, L.W.; LUNT D.K. Relationships between net feed intake and ultrasound measures of carcass composition in growing beef steers. **Beef Cattle Research in Texas,** Kleberg, p. 31-34, 2002.

CARSTENS, G., TEDESCHI, L. Defining feed efficiency in beef cattle. In: **2005–2006 Beef Improvement Federation Board of Directors**. Raleigh, 2006. p 12-21.

CASTILHOS, A.M.; BRANCO, R. H.; RAZOOK, A. G.; BONILHA,S. F. M.; MERCADANTE, M. E. Z.; FIGUEIREDO, L. A. Test post-weaning duration for performance, feed intake and feed efficiency in Nellore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 2, p. 301-307, 2011.

CASTRO BULLE, F.C.; PAULINO, F.C.P.; SANCHES, A.C.; SAINZ, R.D. 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.

CHIZZOTTI, M.L.; PAULINO, P.V.R.; VALADARES FILHO, S.C. Possibilidade do uso de ultrasonografia para estimação da composição corporal de bovinos. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 2008.

CORNFORTH, D. Color meat – its basis and importance. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. (Ed.). **Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish product.** Gaithensburg: Black Academic & Professional, 1994. chap. 2, p. 34–78. (Advances in Meat Research Series, 9).

CORVINO, T.L.S. **Caracterização do consumo alimentar residual e relações com desempenho e características de carcaça de bovino Nelore**. 2010. 85 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2010.

CRC for Beef Genetic Technologies Prospectus. **Cooperative Research Centre for Cattle and Beef Quality**. Armidale, 2004. p. 16.

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.

CREWS, D.H. The genetics of feed efficiency in beef cattle. In: **2005–2006 BEEF IMPROVEMENT FEDERATION BOARD OF DIRECTORS.** Raleigh, 2006. p. 22-30.

_____. Genetics of efficient feed utilization and national cattle evaluation: a review. **Genetics and Molecular Research,** Ribeirão Preto, v. 4, p. 152-165, 2005.

CRONJE, P. Recent Advances in Animal Nutrition. **Recent Advances in Animal Nutrition,** Armidale, v. 18, p. 45-58, 2011.

CRUZ, G.D.; RODRIGUEZ-SANCHEZ, J.A.; OLTJEN, J.W.; SAINZ, R.D. Performance, residual feed intake, digestibility, carcass traits, and profitability of Angus-Hereford steers housed in individual or group pens. **Journal of Animal Science,** Savoy. v. 88, p. 324-329, 2010.

DUNNE, P.G.; MONAHAN, F.J.; O´MARA, F.P. Colour of bovine subcutaneous adipose tissue: A review of contributory factors, associations with carcass and meat quality and its potential utility in authentication of dietary history. **Meat Science**, Barking, v. 8, p. 128-145, 2009.

EGARR, A.R.; PITCHFORD, W.S.; BOTTEMA, M.J.; HERD, R.M.; SIDDELL, J.P.; THOMPSON, J.M.; BOTTEMA, C.D.K. Fat distribution in Angus steers is related to residual feed intake estimated breeding value. In: ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF ANIMAL BREEDING AND GENETICS, 18., 2009, Perth. **Proceedings…** p. 536-539.

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

EXTON, S.; HERD, R.; DAVIES, L.; ARCHER, J.; ARTHUR, P. Commercial benefits to the beef industry from genetic improvement in net feed efficiency. Asian-Austalasian. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 13, p. 338-341, 2000.

FAN, L.Q.; BAILEY, D.R.C.; SHANNON, N.H. Genetic parameter estimation of post-weaning 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**. Iowa State University, Center for Agricultural and Rural Development, 2006. Disponível em: <http://www.fapri.iastate.edu/publications>. Acesso em: 28 jan. 2009.

_____. **World agricultural outlook 2009**. Iowa State University, Center for Agricultural and Rural Development, 2009. Disponível em: <http://www.fapri.iastate.edu/publications>. Acesso em: 01 nov. 2010.

FARJALLA, Y.B. **Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de bovinos Nelore estratificados pela eficiência alimentar através do consumo alimentar residual.** 2009. 57 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

FELÍCIO, P.E. Qualidade da carne bovina: características físicas e organolépticas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999. 1 CD-ROM.

FERNANDES, A.R.M.; SAMPAIO, A.A.M.; WIGNEZ, H.; OLIVEIRA, E.A.; OLIVEIRA, R.V.; LEONEL, F.R. Composição em ácidos graxos e qualidade da carne de tourinhos Nelore e Canchim alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar e dois níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 328-337, 2009.

FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. Energy utilization by mature, nonpregnant, nonlactating cows of different types. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 58, p. 234–243, 1984.

_____. Body composition and energy utilization by steers of diverse genotypes fed a high-concentrate diet during the finishing period: I. Angus, Belgian Blue, Hereford, and Piedmontese Sires. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 76, p. 637-646, 1998a.

_____. Body composition and energy utilization by steers of diverse genotypes fed a high-concentrate diet during the finishing period: I. Angus, Belgian Blue, Hereford, and Piedmontese Sires. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 76, p. 647-657, 1998b.

FITZHUGH Jr., H. A.; TAYLOR, C.S.St. Genetic analysis of degree of maturity. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 33, p. 717-725, 1971.

FOSTER, W.H.; KILPATRICK, D.J.; HEANEY, I.H. Genetic variation in the efficiency of energy utilization by the fattening pig. **Animal Production**, Cambridge, v. 37, p. 387-393, 1983

FOX, D.G.; SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; RUSSELL, J. B.; Van SOEST, P.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 70, p. 3578-3596, 1992.

FOX, J.T. **Characterization of residual feed intake and relationships with performance, carcass and temperament traits in growing calves**. 2004. 101 p. Thesis (MSc of Science) - Texas A&M University, College Station, 2004.

GARRETT, W.N.; HINMAN, N. Re-evaluation of the relationship between carcass density and composition f beef steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 28, p. 1-5, 1969.

GILBERT, H.; BIDANEL, J.P.; GRUAND, J.; CARITEZ, J.C.; BILLON, Y.; GUILLOUET, P.; LAGANT, H.; NOBLET, J.; SELLIER, P. Genetic parameters for residual feed intake in growing pigs, with emphasis on genetic relationships with carcass and meat quality traits. **Journal of Animal Science,** Savoy, v. 85, p. 3182-3188, 2007.

GOMES, R.C. **Metabolismo proteico, composição corporal, características de carcaça e qualidade de carne de novilhos Nelore (*Bos indicus*) em função de seu consumo alimentar residual.** 2009. 93p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2009.

HAMM, R. Functional properties of the myofibrilar system and their measurement. In: BECHTEL, P.J. (Ed.). **Muscle as food**. Orlando: Academic Press, 1986. p. 135-199.

HEDRICK, H.B.; PATERSON, J.A.; MATCHES, A.G.; THOMAS, J.D.; MORROW, R.E.; STRINGER, W.C.; LIPSEY, R.J. Carcass and palatability characteristics of beef produced on pasture, corn silage and corn grain. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 57, p. 791-801, 1983.

HEGARTY, R.S.; HERD, R.M.; GOOPY, J.P.; ARTHUR, P.F. Selection for residual feed intake can change methane production in feedlot steers. **Proceedings of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics*,*** Perth, v. 16, p. 334–337, 2005.

HEGARTY, R.S.; GOOPY J.P.; HERD, R.M.; McCORKELL B. Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 85, p. 1479, 2007.

HERD, R.M.; RICHARDSON, E.C.; HEGARTY, R.S.; WOODGATE, R.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Pasture intake by high versus low net feed efficient Angus cows. **Animal Production**, Cambridge, v. 22, p. 137-140, 1998.

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.; ARTHUR, P.F.; HEGARTY, R.S.; ARCHER, J.A. Potential to reduce greenhouse gas emissions from beef production by selection for reduced residual feed intake. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 7., 2002, Montpellier. **Proceedings…** Montpellier, 2002. p. 10-22.

HERD, R.M.; ARTHUR, P.F. Selection for low post-weaning residual feed intake improves feed efficiency os steers in the feedlot. **Proceedings of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics**, Perth, v. 15, p. 310-313, 2003.

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. Residual feed intake. In: RAUW, W.M. (Ed.). **Resource allocation theory applied to farm animal production**. Cambridge: CAB International, 2008. p. 89-109.

HERD, R.M.; PIPER, S.; THOMPSON, J.M.; ARTHUR, P.F.; McCORKELL, B.; DIBLEY, K.C.P. Benefits of genetic superiority in residual feed intake in a large commercial feedlot. **Proceedings of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics,** Perth, v. 18, p. 476-479, 2009.

HERD, R.M.; PITCHFORD, W.S. Residual feed intake selection makes cattle leaner and more efficient. **Recent Advances in Animal Nutrition,** Armidale, v. 18, p. 45-58, 2011.

HONIKEL, K.O. Reference methods supported by OECD and their use in Mediterranean meat products. **Food Chemistry**, Reading, v. 59, n. 4, p. 573-582, 1997.

HOPKINS, D.L.; LITTLEFELD, P.J.; THOMPSON, J.M. A research note on factors affecting the determination of myofibrillar fragmentation. **Meat Science**, Barking, v. 56, p. 19-22, 2000.

HOQUE, M.A.; SUZUKI, K. Genetics of residual feed intake in cattle and pigs: a review. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, Seoul, v. 22, n. 5, p. 747-755, 2009.

HOQUE, M.A.; KADOWAKI, H.; SHIBATA, T.; OIKAWA, T.; SUZUKI, K. Genetic parameters for measures of the efficiency of gain of boars and the genetic relationships with its component traits in Duroc pigs. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 85, p. 1873-1879, 2007

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2008. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 26 jan. 2011.

JENKINS, T.G.; KASPS, M.; CUNDIF, L.V., FERREL, C.L. Evaluations of between and within breed variation in measures of weight-age relationships. **Journal of Animal Science,** Savoy, v. 69, p. 3118-3128, 1991.

JENSEN, J.; MAO, I.L.; ANDERSEN, B.B.; MADSEN P. Phenotypic and genetic relationships between residual energy intake and growth, feed intake, and carcass traits of young bulls. **Journal of Animal Science,** Savoy, v. 70, p. 386-395, 1992.

JUDGE, M.D.; ABERLE, E.D.; FORREST, J.C.; MERKEL, R.A. **Principles of meat science.** Ames: Kendall/Hunt Publ., 1988. 101 p.

KELLNER, O. **The scientific feeding of animals**. New York: MacMillan, 1909. 404 p.

KELLY, A. K., McGEE, M.; CREWS, D. H.; 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, 2010.

KELLY, A.K.; McGEE, M.; CREWS JR, D.H.; LYNCH, C.O.; WUYLIE, A.R.; EVANS, R.D.; KELLY, A.K. Relationship between body measurements, metabolic hormones, metabolites and residual feed intake in performance tested pedigree beef bulls. **Livestock Science**, Amsterdam, v.135, p. 8–16, 2011.

KENNEDY, B.W.; VAN DER WERF, J.H.J.; MEUWISSEN, T.H.E. Genetic and statistical properties of residual feed intake. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 71, p. 3239-3250, 1993.

KLEIBER, M. Problems involved in breeding for efficiency of food utilization. **Journal of Animal Science,** Savoy, v. 1936b, p. 247-258, 1936.

KOCH, R.M.; SWINGER, L.A.; CHAMBERS, GREGORY, D.K.E. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 22, p. 486-494, 1963.

KOCH, R.M.; DIKEMAN, M.E.; CROUSE, J.D. Characterization of biological types of cattle (Cycle III). III. Carcass composition, quality and palatability. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 54, p. 35-45, 1982.

KOOHMARAIE, M.; SEIDEMAN, S.C.; CROUSE, J.D. Effects of subcutaneous fat and high temperature conditioning on bovine meat tenderness. **Meat Science**, Barking, v.23, p. 99-109, 1988.

KOOTS, K.; GIBSON, J.; WILTON.J. Analyses of published genetic parameter estimates for beef production traits. 1. Heritability. **Animal Breeding Abstracts**, Wallingford, v. 62, p.825-853. 1994a.

_____. Analyses of published genetic parameter estimates for beef production traits. 2. Phenotypic and genetic correlations. **Animal Breeding Abstracts**, Wallingford, v. 62, p. 825-853, 1994b.

KOOTS, K.R.; GIBSON, J.P. Economic values for beef production traits from a herd level bioeconomic model. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 78, p. 29-45, 1998.

KORKEALA, H.; MAKI-PETAYS, O.; ALANKO, T.; SERVETTULA, O. Determination of pH in meat. **Meat Science**, Barking, v. 18, p. 121-132, 1986.

KORVER, S. Genetic parameters for feed intake and feed efficiency in growing dairy heifers. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 20, p. 49, 1991.

LANCASTER, P.A.; CARSTENS, G.E.; RIBEIRO, F.R.B.; TEDESCHI, L.O.; CREWS, D.H. Characterization of feed efficiency traits and relationships with feeding behavior and ultrasound carcass characteristics in growing bulls. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 87, p. 1528-1539, 2009a.

LANCASTER, P.A.; CARSTENS, G.E.; CREWS, D.H.; WELSH JR., T.H.; FORBES, T.D.A.; FORREST, D.W.; TEDESCHI, L.O.; RANDEL, R.D.; ROUQUETTE, F.M. Phenotypic and genetic relationships of residual feed intake with performance and ultrasound carcass characteristics of Brangus heifers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 87, p. 3887-3896, 2009b.

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: SBZ, 2004. p. 248-259.

LAWRIE, R.A. **Ciência da carne**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 384 p.

LAWRIE, R.A.; LEDWARD, D.A. **Lawrie's meat science.** Cambridge: Wood Publishing Limited, 2006. 442 p.

LEME, P.R.; GOMES, R.C. Características de carcaça de novilhos Nelore com diferente consumo alimentar residual In: REUNIÓN ASOCIACIÓN

LATINOAMERICANA DE PRODUCCIÓN ANIMAL (ALPA), 20., 2007, Cuzco. **Anais…** Cuzco: ALPA, 2007. 1 CD-ROM.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; Van SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science 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 on the variation of feed efficiency in station tested beef bulls. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 80, p. 435-441, 2000.

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

LOFGREEN, G.P.; GARRETT, W.N. A system for expressing net energy requeriments and feed values for growing and finishing beef cattle. **Jounal of Animal Science**, Savoy, v. 27, p. 793, 1968.

LUITING, P.A.; URFF, E.M. Residual feed consumption in laying hens. 1. Quantification of phenotypic variation and repeatabilities. **Poultry Science,** Maryland, v. 70, p. 1655-1662, 1991.

MacNEIL, M.D.; D BAILEY, R.C.; URICK, J.J.; GILBERT, R.P.; REYNOLDS, W.L. Heritabilities and genetic correlations for postweaning growth and feed intake of beef bulls and steers. **Journal of Animal Science,** Savoy, v. 69, p. 3138-3189. 1991.

MADER, C.J.; MONTANHOLI, Y.R.; WANG, Y.J.; MILLER, S.P.; MANDELL, I.B.; McBRIDE, B.W.; SWANSON, K.C. Relationships among measures of growth performance and efficiency with carcass traits, visceral organ mass, and pancreatic digestive enzymes in feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 87, p. 1548-1557, 2009.

MANCINI, R.A. ; HUNT, M.C. Current research in meat color. **Meat Science,** Barking, v. 71, p. 100-121, 2005.

MARSHAL, D.A.; PARKER, W.R.; DINKEL, C.A. Factors affecting efficiency to weaning in Angus, Charolais and reciprocal cross cows. **Journal of Animal Science,** Savoy, v. 43, p. 1176-1187, 1976.

MAYNARD, G. Net feed efficiency in beef cattle. In ANNUAL RESEARCH SYMPOSIUM & ANNUAL MEETING, 30., 1998, Calgary. **Proceedings…** Calgary: Beef Improvement Federation Research Symp. and Annual Meeting, 1998. p. 56-62.

McDONAGH, M.B.; FERNANDEZ, C.; ODDY, V.H. Hind-limb protein metabolism and calpain system activity influence post-mortem change in meat quality in lamb. **Meat Science**, Oxon, v.53, p. 9-18, 1999.

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 generation of divergent selection for residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v. 41, p. 1013-1021, 2001.

McMORRIS, M.R.; WILTON, J.W. Breeding system, cow weight and milk yield effects on various biological variables in beef production. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 63, p. 1361-1372, 1986.

McWHIR, J.; WILTON, J.W. Heritabilities of predicted per-formance measures in beef bull test and their relationships with feedlot efficiency measures. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 64, p. 1323–1331, 1987.

MONTANHOLI, Y.R.; SWANSON, K.C.; PALME, R.; SCHENKEL, F.S.; McBRIDE, B.W.; LU, D.; MILLER, S.P. Assessing feed efficiency in beef steers through feeding behaviour, infrared thermography and glucocorticoids. **Animal**, Cambridge, v. 4, p. 692-701, 2010.

MONTAÑO-BERMUDEZ, M.; NIELSEN, M.K.; DEUTCHER, G.H. Energy requirements for maintenance of crossbred beef cattle with different genetic potential for milk. **Journal of Animal Science,** Savoy, v. 68, p. 2279–2288, 1990.

MRODE, R.A.; SMITH, C.; THOMPSON, R. Selection for rate and efficiency of lean gain in Hereford cattle. II. Evaluation of correlated responses. **Animal Production**, Cambridge, v. 51, p. 35-46. 1990.

MOURA, A.C.; LUCHIARI FILHO, A.; JUNQUEIRA, F.J. Avaliação de carcaças de bovinos jovens 1/2 Beefalo + 1/2 Nelore, 1/2 Canchim + ½ Nelore e Nelore tipo comercial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 797-800, 1998.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle.** 6th ed. Washington: National Academic Press, 1984. 90 p.

NKRUMAH, J.D.; BASARAB, J.A.; PRICE, M.A.; OKINE, E.K.; AMMOURA, A.; GUERCIO, S.; HANSEN, C.; LI, C.; BENKEL, B.; MURDOCH, B.; MOORE, S.S. Different measures of energetic efficiency and their phenotypic relationships with growth, feed intake, and ultrasound and carcass merit in hybrid cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 82, p. 2451-2459, 2004.

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.

NKRUMAH, J.D.; BASARAB, J.A.; WANG, Z.; LI, C.; PRICE, M.A.; OKINE, E.K.; CREWS, D.H.; MOORE, S.S. Genetic and phenotypic relationships of feed intake

and different measures of feed efficiency with growth and carcass merit of beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 85, p. 2711–2720, 2007.

NUÑEZ, A.J.C.; ALMEIDA, R. de; LANNA, D.P.D. Correlações fenotípicas entre lucro e variáveis de desempenho em confinamentos de bovinos de corte. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP, 13., 2005, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: USP, 2005. Disponível em: <http://www.usp.br/siicusp>. Acesso em: 01 ago. 2011.

O´CONNOR, S.F.; TATUM, J.D.; WULF, D.M.; GREEN, R.D.; SMITH, G.C. Genetic effects on beef tenderness in *Bos indicus* composite and *Bos Taurus* cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 75, p. 1822-1830, 1997.

OKINE, E.K.; BASARAB, J.A.; GOONEWARDENE, L.A.; MIR, P.; MIR, Z.; PRICE, M.A.; ARTHUR, P.F.; MOORE, S.S. Residual feed intake: what is it and how does it differ from traditional concepts of feed efficiency? **Proceedings of the Canadian Society of Animal Science**, Saskatoon, 2003. 1 CD-ROM.

OWENS, F.N.; GILL, D.R.; SECRIST, D.S.; COLEMAN, S.W. Review of some aspects of growth and devepopment of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 73, p. 3152-3172, 1995.

PAULINO, P.V.R. VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E.; MARCONDES, M.I.; FONSECA, M.A.; MORAES, K.A.K.de; ARAÚJO, F.R.C.; SAINZ, R.D. Consumo residual, performance e características de carcaça de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DAS RAÇAS ZEBUÍNAS, 6., 2005, Uberaba. **Anais...** Uberaba: Associação Brasileira dos Criadores de Zebu, 2005. p. 304-307.

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

PFLANZER, S.B.; DIAS, M.P.; FELÍCIO, P.E. Efeito do pH_{final} na força de cisalhamento e na perda de peso por cocção da carne de touros jovens Nelore e Cruzados F1. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 5., 2009, São Paulo. **Anais…** São Paulo, 2009.

PRINGLE, T.D.; WILLIAMS, S.E.; LAMB, B.S.; JOHNSON, D.D.; WEST, R.L. Carcass characteristics, the calpain proteinase system, and aged tenderness of Angus Brahman crossbred steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 75, p. 2955-2961, 1997.

PRIOLO, A.; MICOL, D.; AGABRIEL, J. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour: a review. **Animal Research**, Paris, v. 50, p. 185-200, 2001.

PUOLLANE, E. Reducing the incidence of dark-cutting beef in Finland-asystematic approah. In: PROCEEDINGS OF AN AUSTRALIAN WORKSHOP, 1988, Sydney

South. **Proceedings …** Sydney South: Australian Meat and Livestock Research and Development Corp., 1988. p. 32-37.

PURCHAS, R.W.; AUNGSUPAKORN, R. Further investigations into the relationship between ultimate pH and tenderness for beef samples from bulls and steers. **Meat Science**, Barking, v. 34, p. 163-178, 1993.

RAMOS, E.M.; GOMIDE, L.A. **Avaliaçao da qualidade de carnes**: fundamentos e metodologias. Viçosa: Ed. UFV, 2007. 559 p

RAMSEY, C.B.; COLE, J.W.; MEYER, B.H. Effects of type and breed of British, zebu and dairy cattle on production, palatability and composition. II Palatability differences and cooking looses as determined by laboratory and family panels. **Journal of Animal Science**, Champaing, v. 22, p. 1001-1009, 1963.

REID,J.T.; BENSADOUN, A.; BULL, L.; GLEESON, P.A.; HAN, I.K.; YOO, Y.D.; JOHSON, D.E.; McMANUS, W.R.; PALADINES, O.L.; STROUD, J.H.; TYRRELL, H.F.; VAN NIEKERK, B.D.H.; WELLINGTON, G.W. Some pecualirities in the body composition of animals. In: NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Body composition in animal and man.** Washington: National Academy Press, 1968. p. 19-44.

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, 1998. v. 23, p. 77-80.

RENERRE, M.; LABAS, R. Biochemical factors infuencing met-myoglobin formation in beef muscles. **Meat Science**, Barking, v. 19, p. 151-165, 1987.

RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ODDY, V.H.; THOMSPON, J.M.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Body composition and implications for heat production of Angus steer progeny of parents selected for and against residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture,** Melbourne, v. 41, p. 1065–1072, 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,** Melbourne, v. 44, p. 431-440, 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**, Melbourne, v. 41, p. 33, 2001.

ROBINSON, D.L.; ODDY, V.H. Genetic parameters for feed efficiency, fatness, muscle area and feeding behaviour of feed lot finished beef cattle. **Livestock Production Science**, Savoy, v. 90, n. 2/3, p. 255-270, 2004.

ROÇA, R.O. **Modificações pós-morte da carne**. Disponível em:<http://pucrs.campus2.br/~thompson/Roca105.pdf > Acesso em: 10 ago. 2011.

RUBENSAM, J.M.; FELÍCIO, P.E.; TERMIGNONI, C. Influência do genótipo *Bos indicus* na atividade da calpastatina e na textura da carne de novilhos abatidos no sul do Brasil. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 4, p. 405-409, 1998.

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.

SAINZ, R.D.; CRUZ, G.D.; MONTEIRO, R.B.; RODRIGUEZ, J.A.; MONTEIRO, D.B.; GUIDI, V.; ANARUMA, R.J. 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 .

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT:** guide of personal computers; version 9.2. Cary, 2009. v. 1.

SCHENKEL, F.S.; MILLER, S.P.; WILTON, J.W. Genetic parameters and breed differences for feed efficiency, growth, and body composition traits of young beef bulls. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 84, p. 177-185, 2004.

SHACKELFORD, S.D.; KOOHMARAIE, M.; MILLER, M.F.; CROUSE, J.D.; REAGAN, J.O.. An evaluation of tenderness of the Longissimus muscle of Angus by Hereford versus Brahman crossbred heifers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 68, p. 171-177, 1991.

SHACKELFORD, S.D.; KOOHMARIE, M.; CUNDIFF, L.V. GREGORY, R.E.; ROHRER, G.A.; SAVELL, J.W. Heritabilities and phenotypic and genetic correlations for bovine postrigor calpastatin activity, intramuscular fat content, Warner-Bratzler shear force, retail product yield, and growth rate. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 72, p. 857-863, 1994.

SILVA, A.M.; ALENCAR, M.M.; FREITAS, A.R.; BARBOSA, R.T.; OLIVEIRA, M.C.S.; NOVAES, A.P.; TULLIO, R.R.; CORRÊA, L.A. Herdabilidade e correlações genéticas para peso e perímetro escrotal de machos e características reprodutivas e de crescimento de fêmeas, na raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Campinas, v. 29, p. 2223-2230, 2000.

ŚLÓSARZ, P.; STANISZ. M; PIETRZAK. M; GUT A.; ŁYCZYŃSKI A.; STEPPA. R . The use of computer image analysis for evaluation of selected meat quality indices in lambs. **Archiv Tierzucht,** Dummerstorf, v. 47, p. 169-174, 2004.

TALHARI, F.M.; ALENCAR, M.M.; MASCIOLI, A.S.; SILVA, A.M.; BARBOSA, P.F. Correlações genéticas entre características produtivas de fêmeas em um rebanho da raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, p. 880-886, 2003.

TREJO, C. O; FAULKNER, D; DAHLQUIST, J. M;AND NASH, T. G.. Residual feed intake, breed of sire and dam, and individual sire affect performance and carcass characteristics and rates of back fat and intramuscular fat of feedlot steers. In: **National Animal Science Meetings**, Denver, 2010.

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**, Champaign, v. 74, n. 10, p. 3597-3597, 1991.

WATANABE, A.; DALY, C.C.; DEVINE, C.E. The effects of the ultimate pH of meat on tenderness changes during ageing. **Meat Science**, Barking, v. 42, p. 67-78, 1996.

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.; CROUSE, J.D. Palatability Characterization of biological types of cattle (Cycle IV): carcass traits and longissimus **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 74, p. 1023-1035, 1996.

WHEELER, T.L.; SHACKELFORD, S.D.; KOOHMARAIE, M. **Shear force procedures for meat tenderness measurement.** Disponível em: <http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/54380530/protocols/ShearForceProcedures.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2011.

WHIPPLE, G.; KOOHMARAIE, M.; DIKEMAN, M.E.; CROUSE, J.D.; HUNT, M.C.; KLEMM, R.D. Evaluation of attributes that affect Longissimus muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos indic*us cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 68, p. 2716-2728, 1990.

WIJK, H.J.; ARTS, D.J.G.; MATTHEWS, J.O.; WEBSTER, M.; DUCRO, B.J.; KNOL, E.F. Genetic parameters for carcass composition and pork quality estimated in a commercial production chain. **Journal of Animal Science,** Savoy, v. 83, p. 324-333, 2005.

WULF, D.M.; TATUM, J.D.; GREEN, R.D.; MORGAN, J.B.; GOLDEN, B.L.; SMITH, G.C. Genetic influences on Beef Longissimus palatability in Charolais and Limousin-Sired steers and heifers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 74, p. 2394-2405, 1996.

ZINN, A.; SHEN, Y.A. An evaluation of ruminal degradable intake protein and metabolizable amino acid requirements of feedlot calves. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 76, n.5, p. 1280-1289, 1998.