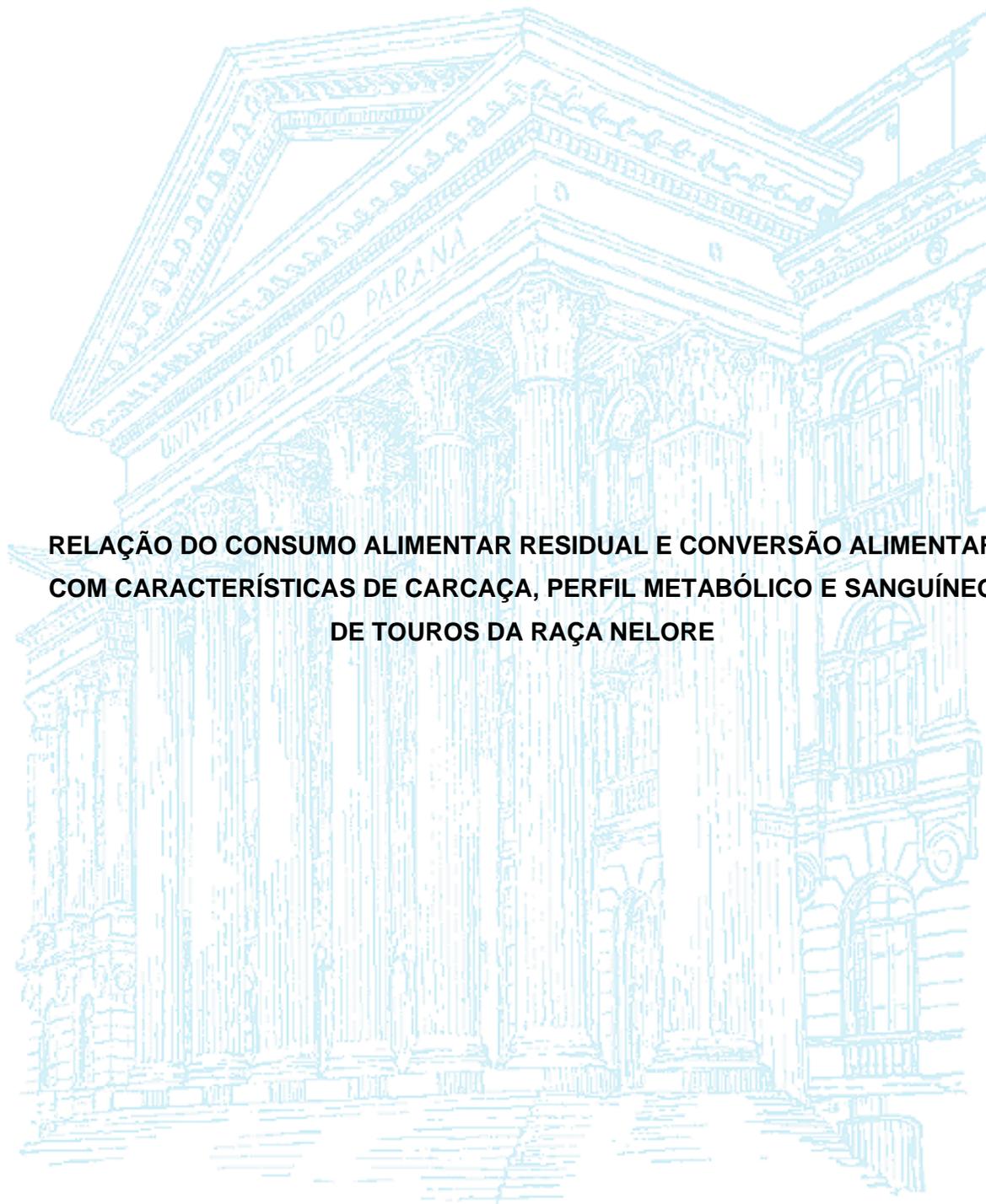


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MIGUEL HENRIQUE DE ALMEIDA SANTANA



**RELAÇÃO DO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E CONVERSÃO ALIMENTAR
COM CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA, PERFIL METABÓLICO E SANGUÍNEO
DE TOUROS DA RAÇA NELORE**

CURITIBA

2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

MIGUEL HENRIQUE DE ALMEIDA SANTANA

**RELAÇÃO DO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E CONVERSÃO ALIMENTAR
COM CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA, PERFIL METABÓLICO E SANGUÍNEO
DE TOUROS DA RAÇA NELORE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, Área de Concentração em Produção Animal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Veterinárias.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Rossi Junior

CURITIBA

2009

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS



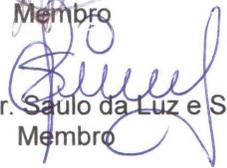
PARECER

A Comissão Examinadora da Defesa da Dissertação intitulada “**RELAÇÃO DO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E CONVERSÃO ALIMENTAR COM CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA, PERFIL METABÓLICO E SANGUÍNEO DE TOUROS DA RAÇA NELORE**” apresentada pelo Mestrando MIGUEL HENRIQUE DE ALMEIDA SANTANA declara ante os méritos demonstrados pelo Candidato, e de acordo com o Art. 79 da Resolução nº 65/09–CEPE/UFPR, que considerou o candidato Apio para receber o Título de Mestre em Ciências Veterinárias, na Área de Concentração em Ciências Veterinárias.

Curitiba, 17 de dezembro de 2009


Professor Dr. Paulo Rossi Junior
Presidente/Orientador


Professor Dr. Rodrigo de Almeida
Membro


Professor Dr. Saulo da Luz e Silva
Membro

Dedico:

Aos queridos pais, José Humberto e Ana D'Arc

À madrinha Caetana e irmã Amanda.

À companheira Patrícia.

AGRADECIMENTOS

À família amada, José Humberto e Ana D'Arc, à madrinha Caetana, vó Tóta, vó Petuel (*in memoriam*) e Amanda por todo apoio e amor durante a minha jornada.

À querida e amada Patrícia por toda a compreensão, carinho, amor e amizade nos momentos mais difíceis e nos mais felizes do meu mestrado.

Especialmente ao professor Paulo Rossi Junior, por ajudar a tornar realidade apenas uma ideia de realizar o mestrado e também pela confiança no trabalho, ensinamentos, parceria e acima de tudo amizade sincera.

Ao Núcleo dos Criadores de Nelore do Norte do Paraná, especialmente senhor Rudolf Reich, Madalena Reich, Walter Rennó e João Paulo não só pela confiança no trabalho como também por toda a ajuda durante todo o experimento, assim como todas as empresas e pessoas colaboradoras.

Todos os meus sinceros agradecimentos à Andréia Vaz e Renato Vaz (*in memoriam*) por toda a ajuda, abrigo e confiança. Também, aos seus funcionários Rivaldo e Edvaldo por estarem todos os dias do experimento me ajudando, assim como queria agradecer à Nezinha, Zilá, Cris, e especialmente à Giovana.

Ao Rodrigo, Tiago, Sérgio, Pedro Zillig, Maycon, Rafael Chen, Edson, Diego, Otávio, Caio, Luiz, Nelson, Mateus, Dário, Fifi, Diogo, Gabi, Juliana, Tarcísio e Shirlei pelo apoio, amizade, companheirismo e momentos inesquecíveis de amizade sincera.

Aos companheiros que puderam ajudar no meu trabalho, professores Rodrigo de Almeida, Saulo da Luz e Patrick Schmidt, aos amigos Diego Cucco, Ana Luiza, e Amanda.

À Universidade Federal do Paraná pela formação acadêmica e à CAPES pela bolsa de estudos.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS

RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	3
CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	4
1 INTRODUÇÃO	4
2 REVISÃO DE LITERATURA	6
2.1 Eficiência alimentar em bovinos de corte	6
2.2 Consumo alimentar residual como medida de eficiência alimentar.....	7
2.3 Respostas à seleção baseada no CAR.....	9
2.3.1 CAR em outras espécies	10
2.3.2 Seleção para CAR em bovinos de corte	11
2.3.3 Diferenças metabólicas de bovinos selecionados para CAR	12
2.3.4 Benefícios ambientais	14
2.4 Características de carcaça e qualidade de carne associadas ao CAR	14
3 CONCLUSÃO	17
4 REFERÊNCIAS.....	19

CAPÍTULO II - CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E CONVERSÃO ALIMENTAR E SUAS CORRELAÇÕES COM CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA MEDIDAS POR ULTRASSOM EM TOUROS NELORE	24
RESUMO.....	24
ABSTRACT.....	25
1 INTRODUÇÃO	26
2 MATERIAL E MÉTODOS	27
2.1 Animais e local do experimento	27
2.2 Dieta experimental e manejo alimentar	27
2.3 Colheita dos dados	29
2.4 Análise estatística	30
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4 CONCLUSÃO	39
5 REFERÊNCIAS.....	41

CAPÍTULO III - PERFIL CELULAR SANGUÍNEO E MEBÓLICO DE TOUROS DA RAÇA NELORE E SUAS CORRELAÇÕES COM CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E CONVERSÃO ALIMENTAR.....	43
RESUMO.....	43
ABSTRACT.....	44
1 INTRODUÇÃO	45
2 MATERIAL E MÉTODOS	47
2.1 Animais e local do experimento	47
2.2 Dieta experimental e manejo alimentar	47
2.3 Colheita dos dados	48
2.4 Análise estatística	49
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
4 CONCLUSÃO	58
5 REFERÊNCIAS.....	59
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II - CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E CONVERSÃO ALIMENTAR E SUAS CORRELAÇÕES COM CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA MEDIDAS POR ULTRASSOM EM TOUROS NELORE

Tabela 1. Composição da ração total misturada em percentual com base na matéria seca.....	28
Tabela 2. Composição bromatológica da silagem de cana-de-açúcar	28
Tabela 3. Médias e desvios-padrões do CAR ₁ , CAR ₂ , CA, EA, CMS _{obs} (kg MS/dia), CMS (%PV), CMS (PMet), PVM, PMet e GPD e as correlações com o CAR ₁ (r _{CAR1}), CAR ₂ (r _{CAR2}) e CA (r _{CA})	31
Tabela 4. Caracterização das características produtivas de touros Nelore com alto, médio e baixo CAR ₁	33
Tabela 5. Caracterização das características produtivas de touros Nelore com alto, médio e baixo CAR ₂	34
Tabela 6. Correlações do CAR (r _{CAR1} e r _{CAR2}) e da CA (r _{CA}) com características de carcaça e suas respectivas médias e desvios-padrões.....	35
Tabela 7. Características de carcaça mensuradas por ultrassonografia de touros Nelore com alto, médio e baixo CAR ₁	37
Tabela 8. Características de carcaça mensuradas por ultrassonografia de touros Nelore com alto, médio e baixo CAR ₂	38

CAPÍTULO III – PERFIL CELULAR SANGUÍNEO E MEBÓLICO DE TOUROS DA RAÇA NELORE E SUAS CORRELAÇÕES COM CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E CONVERSÃO ALIMENTAR

Tabela 1. Médias, desvios-padrões, valores mínimos e valores máximos do CAR ₁ , CAR ₂ , CA, GPD, CMS _{obs} , CMS %PV, PVI, PVF e PVM.....	50
Tabela 2. Medias e desvios-padrões (DP) de metabólitos sanguíneos e correlações destes com o CAR ₁ (r _{CAR1}), CAR ₂ (r _{CAR2}) e a CA (r _{CA}).....	51
Tabela 3. Perfil metabólico de touros com alto, médio e baixo CAR ₁	52
Tabela 4. Perfil metabólico de touros com alto, médio e baixo CAR ₂	53
Tabela 5. Medias e desvios-padrões (DP) do hemograma completo e correlações destes com o CAR ₁ (r _{CAR1}), CAR ₂ (r _{CAR2}) e com a CA (r _{CA}).....	55
Tabela 6. Perfil celular sanguíneo dos diferentes grupos de CAR ₁ (alto, médio e baixo).....	56
Tabela 7. Perfil celular sanguíneo dos diferentes grupos de CAR ₂ (alto, médio e baixo).....	57

LISTA DE ABREVIATURAS

AOLi – área de olho de lombo inicial

AOLf – área de olho de lombo final

AOLg – ganho em área de olho de lombo

AST – aspartato aminotransferase

BAS – basófilos

CA – conversão alimentar

CAR – consumo alimentar residual

CMH – concentração média de hemoglobina

CMS – consumo de matéria seca

CMS % PV – consumo de matéria seca com base no peso vivo

CMS PMet – consumo de matéria seca com base no peso metabólico

CMS_{obs} – consumo de matéria seca observado ou real

CMS_{est} – consumo de matéria seca estimado ou previsto

CPK – creatinofosfoquinase

CRE – creatinina

EA – eficiência alimentar bruta

EGSi – espessura de gordura subcutânea inicial no músculo *Longissimus*

EGSf – espessura de gordura subcutânea final no músculo *Longissimus*

EGSg – ganho em espessura de gordura subcutânea no músculo *Longissimus*

EGPi – espessura de gordura subcutânea inicial no músculo *Biceps femoris*

EGPf – espessura de gordura subcutânea final no músculo *Biceps femoris*

EGPg – ganho em espessura de gordura subcutânea no músculo *Biceps femoris*

EOS – eosinófilos

FBN – fibrinogênio

GLI – glicose

GPD – ganho de peso médio diário

HCR – hematócrito

HEMA – contagem total de hemácias

HGB – contagem de hemoglobinas

LEU – contagem total de leucócitos

LIN – linfócitos

MONO – monócitos

MS – matéria seca
NDT – nutrientes digestíveis totais
NEU – neutrófilos
NEU/LIN – relação neutrófilos/linfócitos
PB – proteína bruta
PMet – peso médio metabólico
PPT – proteínas plasmáticas totais
PV – peso vivo
PVI – peso vivo inicial
PVF – peso vivo final
PVM – peso vivo médio
TGI – trato gastrointestinal
TGL – triglicerídeos
URE – ureia
VGM – volume globular médio

RELAÇÕES DO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E CONVERSÃO ALIMENTAR COM CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA, PERFIL METABÓLICO E SANGUÍNEO DE TOUROS DA RAÇA NELORE

RESUMO

A eficiência alimentar é importante para a lucratividade dos sistemas de produção de bovinos de corte, mesmo não sendo dada a devida importância no passado à seleção para eficiência. Nas últimas décadas houve um interesse maior no estudo para eficiência alimentar, principalmente o consumo alimentar residual (CAR), esses estudos nortearam o primeiro capítulo dessa dissertação. Tendo em vista o potencial da utilização do CAR e da conversão alimentar (CA) para a seleção em bovinos de corte, é necessário verificar se essas medidas podem trazer alterações em características de carcaça ou mesmo no metabolismo dos animais, foi com esse objetivo que o segundo e o terceiro capítulos foram escritos, onde foram avaliadas as correlações do CAR e da CA com características de carcaça, mensuradas por ultrassom, e perfil metabólico e das células do sangue. Foram avaliados 46 touros da raça Nelore (409 ± 49 kg de peso vivo e 22 meses de idade no início do experimento) mantidos confinados individualmente por 84 dias sendo alimentados com silagem de cana-de-açúcar e concentrado (50:50 na matéria seca). Foi mensurado o consumo de matéria seca (CMS) diariamente, a cada 21 dias os animais foram pesados e assim obtido o ganho de peso médio (GPD) e também foram colhidas amostras de sangue para análise do perfil metabólico e hemograma completo. A partir dos dados de GPD, CMS e peso vivo médio foi possível calcular o CAR_1 e a CA. No início e final do trabalho foram mensuradas, por ultrassonografia, as características de carcaça área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura no músculo *Longissimus* (EGS) e espessura de gordura no músculo *Biceps femoris* (EGP) e também estimado os ganhos dessas características, sendo utilizado a EGP final para calcular o CAR_2 juntamente com as outras variáveis utilizadas no cálculo do CAR_1 . De acordo com o desvio-padrão do CAR, os animais foram divididos em três classes de CAR (alto, médio e baixo). Foram encontradas correlações positivas do CAR_1 com EGP no final e para ganho e também para a concentração de ureia plasmática ($P < 0,05$), nenhuma outra característica das células do sangue ou metabólitos foi com o CAR_1 . Foi encontrada diferença significativa ($P < 0,05$) entre as classes do CAR_1 para EGP (final e ganho) e creatinina, sendo que os animais mais eficientes tiveram menor quantidade e menor ganho em EGP e maior quantidade de creatinina no sangue. Já para o CAR_2 , essas correlações com as características de carcaça (EGP) e metabólitos sanguíneos e hemograma não existiram ($P > 0,05$), assim como as classes não diferiram entre si ($P > 0,05$) para essas variáveis. As classes do CAR_2 se diferiram somente para a quantidade de eosinófilos. A CA foi correlacionada ($P < 0,05$) com a EGS inicial e ganho e com a AOL final dos animais, não houve nenhuma variável metabólica ou do hemograma que foi correlacionada com a CA ($P > 0,05$). O CAR, como medida de eficiência alimentar, reduz o consumo de alimentos sem alterar o ganho de peso ou o tamanho adulto dos animais, porém essa variável poderá trazer efeitos negativos na deposição de gordura subcutânea de touros da raça Nelore. A CA, como critério de seleção, não reduz o consumo de

alimentos, aumenta o ganho de peso dos animais e o peso vivo, podendo assim elevar em demasia seu o tamanho adulto.

Palavras-chave: composição corporal, eficiência alimentar, hemograma, metabolismo

**RELATIONSHIP OF RESIDUAL FEED INTAKE AND FEED CONVERSION
RATIO WITH CARCASS TRAITS, METABOLIC AND BLOOD
PROFILE OF NELLORE BULLS**

ABSTRACT

Feed efficiency is important for the profitability of production systems for beef cattle, although not given due importance in the past to selection for efficiency. Recently there has been an increased interest in the study for feed efficiency, especially the residual feed intake (RFI); these studies guided the first chapter of this dissertation. Given the potential use of the RFI and the feed conversion ratio (FCR) for selection in beef cattle, it is necessary to verify if those measures may bring changes in carcass traits or animal's metabolism, with these objectives the second and third chapters were written, evaluating the correlation of RFI and FCR with carcass traits, measured by ultrasound, and metabolic and blood cells profile. Forty-six Nellore bulls ($409 \pm$ kg live weight and 22 month-old at the beginning of test) individually confined were evaluated for 84 days and being fed with silage of sugar cane and concentrate (50:50 of dry matter). Was measured the dry matter intake (DMI) daily, every 21 days the animals were weighed and thus obtained the values of average daily gain (ADG) and were also collected blood samples for analysis of metabolic profile and complete blood count (CBC). From the data for ADG, DMI and live weight was possible to calculate the RFI_1 and FCR. At the beginning and end of experiment were measured, by ultrasound, carcass traits the ribeye area (AOL), subcutaneous fat thickness between the 12th and 13th rib (EGS) and subcutaneous fat thickness on the Biceps femoris muscle (EGP) and also estimated the gain of these traits, being the EGP used to calculate the final RFI_2 along with the other variables used in the calculation of do RFI_1 . According to the standard deviation of the RFI, the animals were divided into 3 classes of RFI (high, medium and low). Positive correlations were found with the RFI_1 and EGP at the end and gain and also for the concentration of plasma urea ($P < 0.05$), no other parameters of blood cells or metabolites was correlated with the RFI_1 . It was found a significant difference ($P < 0.05$) between classes of RFI_1 for EGP (final and gain) and creatinine, where the most efficient animals had fewer and smaller gain in EGP and a larger amount of creatinine in the blood. As for the RFI_2 , these correlations with carcass traits (EGP) and blood metabolites and CBC did not exist ($P > 0.05$), as well as the classes did not differ ($P > 0.05$) for these variables. The classes of RFI_2 differed only for the amount of eosinophils. The FCR was correlated ($P < 0.05$) with the EGS initial and gain and with AOL ends of the animals, there was no metabolic or from the CBC variable that was correlated with FCR ($P > 0.05$). The RFI as a measure of feed efficiency reduces food intake without altering weight gain or the size of adult animals, but this variable may bring negative effects on the deposition of subcutaneous fat of Nellore bulls. The FCR, as a selection criterion does not reduce food intake, increases weight gain of animals and body weight, and thus raise too much the size of adult animals.

Keywords: body composition, blood exam, feed efficiency, metabolism

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 INTRODUÇÃO

A pecuária de corte se fortaleceu nos últimos anos no Brasil e isso fez com que o país fosse o maior exportador mundial de carne bovina e mantivesse o maior rebanho comercial de bovinos com mais de 185 milhões de cabeças (FNP, 2008), desse montante 80% do rebanho de cria é formado por influência genética zebuína, principalmente da raça Nelore (PEREIRA, 2004).

Contudo, a pecuária ainda está muito aquém com relação aos seus índices produtivos e econômicos em comparação a outros países mais desenvolvidos, produzindo apenas quantidade sem consistência e padronização. O aumento da produtividade na pecuária deve ser acompanhado com sistemas de produção mais eficientes e competitivos, procurando desta forma melhorias nos aspectos reprodutivos, genéticos, sanitários e nutricionais.

Adicionalmente, outro fator que ainda é um desafio para a pecuária bovina, é a competição com outras fontes de proteína, principalmente aves e suínos, que mostram um rápido avanço em relação à carne bovina. Isso em parte pela preocupação com a saúde e principalmente pela sua conveniência e preço competitivo.

Um acréscimo na eficiência da produção animal de bovinos de corte poderia ser alcançado se a quantidade de alimento necessária por unidade de carne produzida for reduzida. Assim, para um mesmo impacto ambiental (emissão de carbono, metano e esterco) pode-se aumentar a produção de carne bovina sem aumentar a área utilizada de pastagens (BASARAB *et al.*, 2003; NKRUMAH *et al.*, 2006).

As indústrias de aves e suínos já reconheceram a importância da inclusão da eficiência alimentar nos programas de melhoramento genético, isso ocorreu devido à facilidade da mensuração do consumo alimentar por parte dessas espécies. Porém, em bovinos de corte é mais oneroso mensurar o consumo de matéria seca se comparado a outras características, como ganho de peso e circunferência escrotal. Primeiramente, mensurações mais precisas são obtidas em confinamento, se considerarmos um período de 80 dias de confinamento, esse representa menos de 10% dos nutrientes consumidos por todo o sistema (NRC, 1996). Também, as

metodologias que estimam o consumo em pastejo ainda não revelam resultados precisos.

Praticamente todos os programas de melhoramento genético de bovinos de corte enfatizam a seleção para aumentos de pesos a diversas idades, ganho de peso diário, circunferência escrotal, características de carcaça e até mesmo o desempenho reprodutivo (LANNA e ALMEIDA, 2004). Isso pode ter promovido importantes avanços em diversas características, porém esses avanços ocorreram muito lentamente visto o grande período de intervalo entre os partos para bovinos de corte. Também é importante ressaltar que algumas características possuem correlações antagonistas entre si, antagonismos estes que podem ser prejudiciais na maioria dos sistemas de produção brasileiros que são baseados em pastagens, por exemplo, o tamanho adulto de vacas demasiadamente aumentado pela seleção baseada no ganho de peso vivo (ARCHER *et al.*, 1999).

Esses programas teriam que considerar na seleção não somente as características de crescimento e reprodutivas, mas também a ingestão de alimentos bem como a eficiência na utilização destes alimentos. É importante considerar a redução dos custos com alimentação, esta que corresponde por cerca de 70 % dos custos totais da produção de bovinos de corte (LIU *et al.*, 2000). Ao considerar essas estimativas de custos e o fato que em todo sistema de produção deve ser lucrativo, há iminente necessidade de reduzir esses custos adicionando medidas de eficiência alimentar nesses programas.

Tendo em vista o potencial da utilização de medidas de eficiência alimentar como futura ferramenta do melhoramento genético, o objetivo do presente estudo foi avaliar as associações do consumo alimentar residual (CAR) e conversão alimentar (CA) com características de carcaça mensuradas por ultra-som, perfil metabólico e perfil celular sanguíneo de touros da raça Nelore e verificar as diferenças entre os grupos de CAR (alto, médio e baixo) para essas características.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Eficiência alimentar em bovinos de corte

A eficiência na produção animal pode ser definida como a geração de produtos de origem animal com a menor quantidade de recursos possíveis. Segundo FERREL e JENKINS (1984), cerca de 70% do total de energia consumida pelos bovinos de corte é destinada para manutenção, e somente 5% é designado para a deposição de proteína, muito pouco quando comparamos com aves (22%) e suínos (14%). As maiores razões para a baixa eficiência dos bovinos são as baixas taxas reprodutivas, nutrição inadequada e longo intervalo entre gerações

A eficiência alimentar depende de fatores como o consumo de alimentos, peso vivo do animal, estado fisiológico, composição do ganho de peso, condições ambientais, idade e fatores intrínsecos ligados à eficiência, isto é, taxas de digestão, absorção e eficiência de utilização da energia e proteína metabolizável. De acordo com NRC (1996), durante a fase de terminação, quando a deposição de gordura é maior do que a de tecido magro, o animal é mais eficiente em depositar energia, considerando que a eficiência para manter ou depositar gordura é de 70%, enquanto que a eficiência para manter ou depositar tecido magro é menor, 45% no início do crescimento (animais de 100 a 150 kg) e decrescendo linearmente para índices de 20%. Em relação ao ganho nos tecidos a situação se inverte, a deposição de tecido muscular é mais eficiente que a de tecido adiposo, principalmente devido à deposição de água (cerca de 70%) associada ao músculo. O tecido adiposo por sua característica hidrofóbica não apresenta esta deposição associada possuindo teor de matéria seca de somente 11%. E também pelo fato que a gordura possui maior conteúdo calórico (9,40 x 5,66 para cada grama de tecido depositado) em comparação à proteína (NRC, 1996).

Os processos que regulam o consumo de alimentos, e consequentemente a eficiência alimentar, são dependentes de diversos processos biológicos somados a efeitos ambientais. Existe a necessidade de identificar como o consumo de alimentos por parte dos animais é destinado para diversos processos biológicos, assim torna-se necessário que medidas de eficiência alimentar sejam melhor estudadas. Também é importante verificar se essas medidas, ao serem escolhidas como características de seleção genética, não trariam nenhum tipo de consequência negativa para o sistema produtivo, tanto consequências biológicas como econômicas

e assim incluir essas informações de eficiência no processo de decisão do melhoramento genético para melhorar a rentabilidade.

Estimativas indicam que melhorando em 5% a conversão alimentar, o impacto econômico seria quatro vezes maior se comparado a um aumento em 5% no ganho de peso vivo (GIBB e McALLISTER, 1999), isso porque a seleção baseada no ganho de peso favorece animais com maior tamanho. Esses animais de maior porte são menos maduros fisiologicamente em comparação a animais de porte menor, assim permanecendo mais tempo se alimentando antes do abate. Outra implicação da seleção baseada no ganho de peso é que o aumento nesse ganho aumenta o tamanho corporal na maturidade, conseqüentemente aumentando os requerimentos de manutenção nessa fase e o consumo, e assim maior impacto ambiental e menor eficiência do sistema (TAYLOR *et al.*, 1986).

Diversas medidas foram propostas ao longo dos anos para avaliar a eficiência alimentar, sendo as principais a conversão alimentar (CA), eficiência alimentar bruta (EA), eficiência parcial de crescimento e o consumo alimentar residual (CAR). Algumas são simples razões do desempenho com o consumo e outras propõem ajustes para peso vivo e ganho de peso. As medidas que são simples razões (CA e EA) podem ocasionar problemas quando usadas em índices de seleção lineares, particularmente quando uma das medidas constituintes é também do índice, como o ganho de peso (GUNSETT, 1984). Outro problema observado na seleção para essas medidas é que, comparando animais similares para CA, esses eram muito diferentes no que se refere ao consumo de alimentos e taxas de ganho.

Outra medida que pode ser usada para avaliar a eficiência alimentar é o consumo alimentar residual (CAR) que é baseado no consumo e independente do crescimento e dos padrões de maturidade (ARTHUR *et al.*, 2001). Ao contrário da conversão alimentar, a seleção para CAR parece selecionar animais de menor consumo e menores exigências para manutenção, sem mudanças no peso adulto ou no ganho de peso (BASARAB *et al.*, 2003).

2.2 Consumo alimentar residual como medida de eficiência alimentar

O CAR é definido como a diferença entre o consumo observado e o consumo estimado, sendo o consumo estimado calculado por equações de regressão do consumo em função do tamanho corporal e velocidade de crescimento (KOCH *et al.*, 1963). Os animais mais eficientes para o CAR possuem valores negativos para essa

medida, também são aqueles que necessitam de menos nutrientes para sua manutenção e taxa de crescimento, conseqüentemente, são animais que ingerem menos alimento em comparação aos outros. Essa variável define melhor a habilidade dos animais para produzir eficientemente com as fontes disponíveis de alimentos, já que animais de CAR negativo ingerem menos alimento que o estimado para o seu peso vivo e ganho de peso.

As diferenças para eficiência alimentar entre animais são devidas ao maior ou menor consumo de energia metabolizável e maiores ou menores custos energéticos com manutenção, incremento calórico e atividade física (BASARAB *et al.*, 2003), conforme há um aumento no CAR, uma maior proporção da ingestão de energia metabolizável foi direcionada para a produção de calor e uma menor proporção para a retenção de energia (ALMEIDA, 2005).

A herdabilidade do CAR varia de moderada a alta (0,28 a 0,43; KOCH *et al.*, 1963; ARTHUR *et al.*, 2001, respectivamente) para animais taurinos, podendo ser incluída em programas de seleção genética para bovinos de corte. O CAR se apresenta como uma ferramenta interessante para o melhoramento genético, este poderia ser incluído em índices de seleção juntamente com as outras medidas já tradicionalmente utilizadas.

ARCHER *et al.* (2001) concluíram que a mensuração do CAR em tourinhos é economicamente lucrativa para todos os sistemas de produção de carne bovina, tanto em condições extensivas de pastejo, como em terminação no confinamento utilizando-se dietas de alto nível de concentrado. HERD *et al.* (2003) estudaram novilhas selecionadas na desmama para melhorar o CAR, e observaram que esses animais também eram os mais eficientes para o CAR na maturidade e apresentavam menor consumo de matéria seca, a correlação do CAR na desmama com o CAR dos animais já adultos é alta (0,98), portanto a seleção de animais de melhor CAR na desmama resultará em animais mais eficientes na maturidade.

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. Por conseqüência, tourinhos não selecionados para crescimento foram 6% mais

eficientes (128,7 vs. 121,3 g/kg para eficiência alimentar bruta) que tourinhos selecionados para crescimento.

Esses mesmos tourinhos selecionados para ganho de peso consumiram 0,263 kg MS/dia a mais que tourinhos não selecionados. Os tourinhos não-selecionados foram mais eficientes porque têm menor tamanho corporal e provavelmente menor exigência de manutenção (ALMEIDA, 2005). Este foi também objeto de estudo de BASARAB *et al.* (2003) que avaliaram 176 novilhos no Canadá, os novilhos mais eficientes (CAR negativo) apresentaram menor consumo de energia metabolizável (10,2%), menor retenção de energia (12%), produziram menos calor (9,3%) e apresentaram vísceras menores (fígado, abomaso e intestinos) do que novilhos menos eficientes (CAR positivo).

Segundo algumas pesquisas brasileiras, a variação fenotípica do CAR para bovinos zebuínos é semelhante ou superior aos demais estudos em taurinos, variando de 0,41 a 1,05 kg de MS/dia (ALMEIDA *et al.*, 2004; ALMEIDA, 2005; BONIN *et al.*, 2008; PAULINO *et al.*, 2005; LEME e GOMES, 2007; GOMES, 2009), e também foi visto que nesses estudos não houve diferenças na composição corporal entre os animais mais e menos eficientes.

PAULINO *et al.* (2005) compararam 16 machos inteiros, 15 castrados e 16 fêmeas com idade média de 21 meses e pesos de 276,2; 265,8; 257,3 kg; respectivamente, e constataram que a eficiência alimentar bruta foi diferente entre as condições sexuais, enquanto que, para CAR essa diferença não foi estatisticamente significativa. Essa diferença encontrada na EA é possivelmente devido às diferenças no ganho de peso das diferentes classes sexuais. Os animais classificados com baixo CAR apresentaram a mesma taxa de ganho de peso (0,72 kg/dia) dos animais menos eficientes, porém consumiram 11,5% menos de matéria seca.

2.3 Respostas à seleção baseada no CAR

O principal objetivo do melhoramento genético é aumentar os genótipos desejáveis por meio da seleção de indivíduos que possuem uma constituição gênica mais favorável para determinado conjunto de características. As variações na eficiência alimentar entre os indivíduos de uma determinada raça e população se devem em boa parte as diferenças genéticas aditivas (FALCONER, 1987), existindo essas diferenças entre indivíduos somadas às herdabilidades estimadas, a seleção se apresenta como um instrumento efetivo para se obter mudanças genéticas nas

populações para as características em questão.

Segundo revisão de RAUW *et al.* (1998), a seleção genética que pode ser tão efetiva no aumento dos níveis de produção, tem simultaneamente aumentado disfunções comportamentais, fisiológicas e problemas imunológicos na pecuária. O aumento na preocupação das questões do bem-estar animal, especificações rigorosas para atributos de carcaças, qualidade de carnes somados as estreitas margens de lucro na indústria bovina são justificativas para buscar conhecimentos das consequências biológicas da seleção para CAR em bovinos de corte.

Conforme estimativas de LANNA e ALMEIDA (2004), assumindo desvio-padrão fenotípico de 1,05kg de MS/dia, uma herdabilidade de 34%, intervalo de gerações de cinco anos e intensidade de seleção de 5% para machos e 50% para fêmeas, estima-se um ganho genético anual na redução do consumo de 0,102 kg de MS/dia. Ou seja, a cada ano de seleção os animais consumiriam 1,3% menos alimentos com o mesmo desempenho.

2.3.1 CAR em outras espécies

Experimentos em outras espécies mostraram que a seleção para CAR obtiveram várias respostas correlacionadas. Estudos com monogástricos indicaram que alterações na digestibilidade não são fontes importantes da variação do CAR (frangos, LUITING *et al.*, 1994; suínos, De HAER *et al.*, 1993; ratos, BÜNGER *et al.*, 1998), diferente do que ocorre com os bovinos de corte (CHANNON *et al.*, 2004).

Diferenças na composição corporal não têm sido relatadas como sendo o principal efeito para a variação no CAR em outras espécies. Em aves, assim como em bovinos de corte, existem variações na composição corporal relacionadas com a variação no CAR, LUITING (1990) encontrou correlação genética e fenotípica do CAR com a gordura corporal (0,40 a 0,45). Em outro artigo, LUITING *et al.* (1991) demonstraram que animais mais eficientes continham 3,4% mais gordura na carcaça que animais menos eficientes.

Em suínos, a herdabilidade para o CAR foi estimada variando de 0,30 a 0,38 e a correlação genética entre este e taxa de crescimento foi de 0,18 a 0,34 (MRODE e KENNEDY, 1993). Adicionalmente, VON FELDE *et al.* (1996) encontraram correlações genéticas do CAR com conversão alimentar (0,63), com ganho médio diário (0,41) e gordura subcutânea (0,11) e também, que leitões mais eficientes, consumiram menos alimento (0,25), menor consumo alimentar por visita ao cocho

(0,13), menor quantidade de visitas ao cocho por dia (0,17) e menor tempo diário se alimentando (0,44), somente a duração das refeições que não foi correlacionada (0,01).

Em ratos, a melhoria no CAR foi associada com um pequeno aumento na gordura pós-desmama e uma redução na gordura na maturidade (ARCHER *et al.*, 1998). Também, foi estimada a herdabilidade do CAR em 33% após várias gerações de seleção (ARCHER e PITCHFORD, 1996). Adicionalmente, essa pesquisa demonstrou que ratos mais eficientes tiveram produção de fezes 23% menor que os ratos menos eficientes. Outro estudo demonstrou que ratos mais eficientes tiveram 67% menos atividade do que ratos menos eficientes (HASTINGS *et al.*, 1997).

SNOWDER e VAN VLECK (2003) em estudo com ovinos, encontraram forte correlação do CAR com o consumo de matéria seca (0,79), baixa correlação com conversão alimentar (0,23) e herdabilidade estimada de 0,26. Em outro estudo não foi encontrada diferença no CAR de animais selecionados divergentes para peso à desmama por 30 anos (HERD *et al.*, 1993). Em uma geração de seleção divergente para CAR em coelhos, foi encontrada herdabilidade estimada de 0,41, também não houve diferença significativa entre os animais de alto CAR com os de baixo CAR para características de carcaça e para qualidade de carne (LARZUL e ROCHAMBEAU, 2005).

2.3.2 Seleção para CAR em bovinos de corte

No início da década de 90, estudos avaliando CAR em bovinos de corte foram mais explorados que anteriormente. Esses trabalhos propuseram que a seleção para CAR deveria ser precedida pela seleção tradicional para as características já normalmente utilizadas no melhoramento genético (ganho de peso vivo, características reprodutivas). A maioria desses trabalhos buscavam correlações do CAR com medidas fenotípicas de fácil obtenção com o objetivo de pré-selecionar em larga escala animais de melhor CAR para que apenas os melhores fossem encaminhados para as estações de teste de consumo individual. Isso devido aos altos custos de determinação do consumo individual (logo também do CAR). Esses custos são altos pelo fato de manter animais confinados e mensurar seu consumo de matéria seca diário individualmente por período não inferior a 70 dias, devido à estimativa de ganho de peso (para o consumo de matéria seca 35 dias são suficientes), segundo protocolo recomendado (ARCHER *et al.*, 1997), esse é

possivelmente o maior obstáculo para a adoção dessa tecnologia em larga escala no Brasil.

De acordo com pesquisas australianas, a seleção para melhorar o CAR produziu animais em geral com menor consumo de matéria seca, animais com gordura subcutânea menos abundante e com desempenho semelhante ou superior comparado com animais de pior CAR e melhor conversão alimentar em confinamento (ARCHER *et al.*, 1997; ARTHUR *et al.*, 2001; HERD *et al.*, 2004b; RICHARDSON *et al.*, 2004). Portanto, é possível afirmar que a seleção baseada no CAR poderá melhorar o sistema de produção de bovinos de corte no Brasil reduzindo o seu impacto ambiental por reduzir o consumo de alimentos sem alterar o desempenho em velocidade de crescimento.

Outros trabalhos com metodologia semelhante de seleção divergente para CAR também foram desempenhados com animais em pastejo. Esses demonstraram correlações genéticas do CAR com conversão alimentar em pastejo (HERD *et al.*, 2002; HERD *et al.*, 2004a), touros com valor genético estimado para o CAR de -1 kg de MS/dia produziram progênie que tiveram um ganho de peso 19% a 20% maior, com CAR 26% menor (mais eficiente) e conversão alimentar 25% a 41% menor.

ARCHER *et al.* (2002) encontrou um leve aumento no tamanho adulto depois de uma seleção para melhorar o CAR no gado Angus australiano. HERD e BISHOP (2000) reportaram que o CAR aparenta ser geneticamente independente do peso vivo adulto de vacas Hereford britânicas. Correlações genéticas relatadas para ratos sugeriram que somente pequenas diferenças no peso adulto podem ser ocasionadas por uma seleção para melhorar o CAR nessa espécie (ARCHER *et al.*, 1998).

2.3.3 Diferenças metabólicas de bovinos selecionados para CAR

Os fatores metabólicos que podem contribuir para a variação no CAR são muitos (RICHARDSON e HERD, 2004; ARTHUR e HERD, 2008) e sua regulação fisiológica é controlada provavelmente por várias centenas de genes (BARENDSE *et al.*, 2007; MOORE *et al.*, 2009; SHERMAN *et al.*, 2009). Os principais mecanismos fisiológicos que influenciam a variação no CAR estão relacionados às exigências de manutenção, transporte de íons, resposta ao estresse, metabolismo dos tecidos e incremento calórico (BASARAB *et al.*, 2003; RICHARDSON *et al.*, 2004). O transporte iônico e o *turnover* proteico teoricamente teriam grande influência na

eficiência alimentar, isso porque esses processos estão relacionados com os requerimentos de manutenção dos bovinos (LOBLEY *et al.*, 1980).

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

Estudando os padrões de alimentação de novilhos selecionados para CAR, RICHARDSON *et al.* (2004) demonstraram que animais menos eficientes permanecem 5% mais tempo se alimentando e permanecem mais tempo em pé. Em estimativa feita pelo mesmo autor, usando um valor de 10 KJ/dia a mais por quilo de peso vivo requerido para ficar de pé se comparado com o animal quando deitado e assumindo essa oscilação de 5% a mais nos novilhos de alto CAR, estes iriam gastar 2,1 MJ extras durante 70 dias de experimento (média de 365,5 kg de peso vivo). NKURUMAH *et al.* (2006) encontraram que novilhos de baixo CAR ficaram menor tempo se alimentando a cada visita ao cocho e apresentaram menor número de visitas quando comparados com novilhos de alto CAR.

Em outro estudo (RICHARDSON e HERD, 2004), foi encontrado que animais mais eficientes tiveram menores níveis sanguíneos de ureia, cortisol e insulina, e maiores níveis de triglicérides, podendo estas respostas estar relacionada com a reciclagem dos tecidos, em mudanças na composição corporal e a uma resposta ao estresse. GOMES *et al.* (2008), em estudo utilizando animais da raça Nelore que foram submetidos a situações de estresse moderado (privação de água e alimentos por 24 horas), encontraram menores níveis séricos de cortisol nos animais mais eficientes para CAR, indicando que existe relação da eficiência alimentar com as respostas ao estresse de bovinos em confinamento.

Outra fonte de variação do CAR, a digestibilidade da dieta foi correlacionada com o mesmo e a magnitude da correlação foi de - 0,44 e a direção indica que baixo CAR foi associado com uma maior digestibilidade (RICHARDSON *et al.*, 1996; RICHARDSON *et al.*, 2004). CHANNON *et al.* (2004) encontraram variação na digestibilidade de progênies provenientes de touros de diferentes raças selecionados para CAR, essas diferenças mostraram que animais mais eficientes têm melhor aproveitamento na digestão do amido da dieta. Em trabalho de NKRUMAH *et al.* (2006), animais de baixo CAR tiveram maior digestibilidade aparente proteína e da matéria seca da dieta. As diferenças na digestibilidade podem estar associadas com diferenças na taxa de passagem, como uma consequência das diferenças no consumo alimentar, porque o alto consumo de alimento é negativamente associado com a digestibilidade (NRC, 1996).

2.3.4 Benefícios ambientais

A seleção baseada no CAR poderia melhorar o impacto ambiental reduzindo a produção de esterco e metano. Atualmente, o protocolo de Kyoto exige estratégias para redução da emissão dos gases de efeito estufa por parte dos países mais desenvolvidos. Não há uma estratégia de curto prazo para redução da emissão de metano por parte dos ruminantes a não ser a redução drástica do rebanho mundial que é responsável por 16 a 20% da emissão desse gás na atmosfera. Cerca de 8 a 14% da energia digestível é eliminada pelos ruminantes via gás metano (HERD *et al.*, 2002).

Em estudo de impacto ambiental, NKRUMAH (2006) encontrou que animais mais eficientes para CAR emitiram 28% menos metano na atmosfera do que animais menos eficientes. Em outro trabalho, OKINE *et al.* (2003) encontraram que a emissão de metano dos animais mais eficientes foi 5% menor que dos animais menos eficientes. Os mesmos autores calcularam a produção de esterco e obtiveram valores diferentes para os animais mais eficientes e os menos eficientes (24,0 e 26,5 kg/dia, respectivamente). Esses valores são muito próximos dos obtidos por HERD *et al.* (2002) que também encontraram diferenças nos valores de produção de metano para animais de diferentes valores de CAR.

2.4 Características de carcaça e qualidade de carne associadas ao CAR

A aparente menor deposição de gordura corporal de bovinos com CAR negativo pode sugerir que a seleção para melhorar o CAR teria como consequência animais com menores reservas corporais. Essas reservas corporais são importantes para a manutenção da categoria de matrizes, uma vez que esta é submetida à estacionalidade de qualidade e disponibilidade de forragem em regiões tropicais na época da estiagem, assim essa categoria pode ser afetada e como consequência ocasionar menores taxas reprodutivas do rebanho. Adicionalmente, animais destinados ao abate que possuem menor taxa de deposição de gordura subcutânea na carcaça, teoricamente, atingem acabamento de gordura mínimo necessário mais tardiamente, necessitando permanecer mais tempo em regime de terminação, o que pode aumentar os custos de produção (LEME e GOMES, 2007).

Evidências preliminares sugerem que a seleção para CAR altera a composição corporal (RICHARDSON *et al.*, 2001; ARTHUR *et al.*, 1997), principalmente da gordura subcutânea. Resultados obtidos por RICHARDSON *et al.* (2001) mostraram que a composição química foi correlacionada com a variação genética no CAR, a progênie de novilhos com pais mais eficientes tiveram menor quantidade de gordura total corporal e maior quantidade de proteína que a progênie dos pais menos eficientes. A concentração de leptina, tipicamente associada com um aumento da gordura em bovinos (JI *et al.*, 1997; MINTON *et al.*, 1998), foi positivamente correlacionada com o CAR, onde animais menos eficientes apresentaram maior concentração desse hormônio (RICHARDSON *et al.*, 2004).

Estimativas de ARTHUR *et al.* (2001) demonstraram que diferenças na composição corporal contribuíram para 5% da variação genética do CAR e que a deposição de gordura subcutânea na 12^a/13^a costelas foi positivamente relacionada com o CAR ($r = 0,17$). Outros estudos evidenciaram que existem correlações do CAR com percentual de gordura, energia e proteína corporal (BASARAB *et al.*, 2003; GOMES, 2009).

De acordo com alguns estudos (ARCHER *et al.*, 1999; HERD *et al.*, 2003), animais mais eficientes tendem a apresentar carcaças mais magras, com menor acabamento e com menor gordura intramuscular, além de menor teor de gordura na cavidade abdominal. Alguns resultados de experimentos com uma geração de seleção para CAR indicaram que são muitos os mecanismos envolvidos na variação

do CAR, diferenças na composição corporal contribuíram por somente 5% nessa variação (RICHARDSON e HERD, 2004).

BASARAB e colaboradores (2003) encontraram correlações fenotípicas do CAR com variáveis de composição corporal, em animais compostos, de - 0,21 para porcentagem final de carne magra na carcaça, de 0,22 para ganho em espessura de gordura subcutânea, de 0,22 para ganho em escore de marmoreio e de 0,26 para ganho de gordura no corpo vazio. Nesse mesmo trabalho a correlação do CAR com ingestão de energia metabólica foi de 0,80 e para produção de calor corporal foi de 0,56.

Em outro estudo com zebuínos, foi encontrado que animais de baixo CAR apresentaram menor deposição de gordura subcutânea, menores quantidades de gordura renal pélvica e inguinal e maior área de olho de lombo, sugerindo que bovinos da raça Nelore mais eficientes para CAR apresentam um ganho maior em proteína e menor em gordura. No mesmo estudo, com relação à composição física da carcaça, não houve diferença entre animais para porcentagem de dianteiro, traseiro e peso dos ossos (LEME e GOMES, 2007).

É possível que essas diferenças na composição corporal sejam um reflexo das mudanças do metabolismo dos tecidos em resposta ao estresse. Os resultados de ARTHUR *et al.* (2001) sugerem que novilhos menos eficientes são mais susceptíveis ao estresse. Uma das respostas metabólicas dos animais às situações consideradas estressantes é a maior demanda energética para suprir um gasto promovido pela agitação dos animais nessa situação. Trata-se de uma tentativa do organismo em suprir essa maior demanda energética, sendo assim necessária uma maior quebra tecidual das reservas corporais contribuindo na menor eficiência de deposição de tecidos.

RICHARDSON *et al.* (2001) concluíram que o peso dos tecidos do trato gastrointestinal (TGI) e os órgãos internos não são relacionados com a variação genética do CAR. Já GOMES (2009), encontrou diferenças no peso do TGI para animais de diferentes classes de CAR, onde animais de baixo CAR apresentaram maior peso do TGI e menor quantidade de gordura sobre o TGI do que animais menos eficientes. ARTHUR *et al.* (2001) encontraram que é possível que exista associação na redução do consumo de oxigênio desses mesmos tecidos com a seleção para melhorar o CAR, isso devido à forte correlação genética entre o CAR e o consumo de oxigênio ($r = 0,69$).

Novilhos selecionados para melhor CAR tiveram maior quantidade de ossos e peso total de órgãos em relação ao peso vivo final se comparados com os selecionados para pior CAR, as correlações negativas para essas medidas com diferenças esperadas na progênie (DEP) dos touros para CAR confirmaram essa relação genética no peso dos órgãos após uma geração de seleção (RICHARDSON *et al.*, 2001).

Outro estudo encontrou diferenças entre os animais mais e menos eficientes para CAR no peso do fígado, gordura renal, TGI, em porcentagem de aparas e na composição no corpo vazio de água, gordura e cinzas (BASARAB *et al.*, 2003). Esse mesmo trabalho também encontrou diferenças no ganho no corpo vazio de água, gordura e energia retida.

Já para a qualidade de carne, resultados apresentados por LEME e GOMES (2008), em bovinos da raça Nelore, mostraram que animais mais eficientes para CAR apresentaram maior maciez na carne com maturação (avaliada por método objetivo) e não houve efeito do CAR sobre a porcentagem de extrato etéreo na carne. A força de cisalhamento do músculo *Longissimus* não maturado de animais mais eficientes foi maior, o que não foi observado quando se realizou um processo de maturação na carne por sete ou quatorze dias.

No entanto, resultados obtidos por McDONAGH *et al.* (2001) avaliando animais de origem britânica, apesar de não terem sido observadas diferenças quanto à força de cisalhamento, amostras do músculo *Longissimus* de animais de baixo CAR apresentaram menores valores de índice de fragmentação miofibrilar e concentrações de calpastatina no músculo 13% maiores, quando comparados com animais de alto CAR. Os autores concluíram que em razão da progênie de uma única seleção divergente para CAR ter apresentado diferenças quanto às características acima descritas, uma seleção contínua para baixo CAR pode afetar negativamente a maciez da carne.

3 CONCLUSÃO

Os estudos realizados, até o presente momento, demonstram que o CAR é uma medida que possui sua regulação fisiológica complexa e dependente de muitos fatores genéticos, ambientais e nutricionais. Animais mais eficientes para CAR consomem menos alimento, apresentam os mesmo índices de desempenho, são menos afetados em situações estressantes e possuem menores gastos com energia de manutenção, porém, podem possuir menor gordura subcutânea quando comparados a animais eficientes.

Os efeitos de uma possível seleção para melhorar o CAR no sistema de produção seria melhorar aspectos relacionados ao impacto ambiental e à rentabilidade, porém são necessários mais estudos para verificar esses resultados divergentes a respeito da composição corporal. Também são necessários mais estudos sobre o metabolismo animal para maior esclarecimento das variações possíveis na fisiologia dos animais de CAR divergentes e assim estabelecer estratégias para utilizar essas informações de maneira prática e rentável.

4 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R.; LANNA, D.P.D; LEME, P.R. Consumo alimentar residual: um novo parâmetro para avaliar a eficiência alimentar de bovinos de corte. In: Reunião Anual Da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. p.4.

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

ARCHER, J.A.; PICHFORD, W.S. Phenotypic variation in residual food intake of mice at different ages and its relationships with efficiency of growth, maintenance and body composition. **Animal Science**, Cambridge, v.63, p.149-157, 1996.

ARCHER, J.A. *et al.* 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. *et al.* Genetic and phenotypic relationships between food intake, growth, efficiency and body composition of mice post weaning and at maturity. **Animal Science**, Cambridge, v 67, p.171-182, 1998.

ARCHER, J.A. *et al.* Potential for selection to improve efficiency of feed use in beef cattle: a review. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v.50, p.147-161, 1999.

ARCHER, J.A.; HERD, R.M.; ARTHUR, P.F. Feed efficiency in beef cattle. In: Feed Efficiency Workshop, 2001, Armidale. **Proceedings**. Armidale: Cooperative Research Centre for Cattle a Beef Quality, 2001. p.1-107.

ARCHER, J.A. *et al.* Genetic variation in feed intake and feed efficiency of mature beef cows and relationships with postweaning measurements. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, **Anais...** Montpellier, 2002.

ARTHUR, P.F. *et al.* Genetic and phenotypic variation in feed intake, feed efficiency and growth in beef cattle. In: Conference of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics, **Proceedings**, Queenstown, v.12, p.234-237, 1997.

ARTHUR, P.F.; ARCHER, J.A.; JOHNSTON, D.J. 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, 2001.

ARTHUR, P.F.; HERD, R.M. Residual feed intake in beef cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.37, p.269-279, 2008.

BARENDSE, W.; *et al.* A validate whole-genome association study of efficient food conversion in cattle. **Genetics**, Queensland, v.176, p.1893-1905, 2007.

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

BONIN, M.N. *et al.* 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.

BUNGER, L. *et al.* Direct and correlated effects of selection for food intake corrected for body weight in adult mouse. In: **Proceedings**, 6th world congress on genetics applied to livestock production. Armidale, v.26, p. 97-100, 1998.

CHANNON, A.F.; ROWE, J.B.; HERD, R.M. Genetic variation in starch digestion in feedlot cattle and its association with residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v.44, p.469-474, 2004.

De HAER, L.C.M.; LUITING, P.; AARTS, H.L.M. Relations among individual (residual) feed intake, growth performance and feed intake pattern of growing pigs in group housing. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 36, p.233-253, 1993.

FALCONER, D.S. **Introduction to quantitative genetics**. 4ed. Essex Addison Wesley Longman Ltda., 1987, p.1-2.

FERREL, 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.

FNP Consultoria & Comércio. **ANUALPEC 2008**: Anuário da Pecuária Brasileira. São Paulo, SP. 2008. 380p.

GIBB, D.J.; McALLISTER, T.A. The impact of feed intake and feeding behavior of cattle on feedlot and feedbunk management. Western Nutritional Conference, **Proceedings**, v.20, p.101-116, 1999.

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. 93 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2009.

GUNSETT, F.C. Linear index selection to improve traits defined as ratios. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.59, p.1185-1193, 1984.

HASTINGS, I.M. *et al.* Effects of selection on food intake in the adult mouse. **Journal of Animal Breeding Genetics**, v.114, p.419-433, 1997.

HERD, R.M.; ODDY, V.H.; LEE, G.J. Effect of divergent selection for weaning weight on liveweight and wool growth responses to feed intake in Merino ewes. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v.33, p.699-705, 1993.

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. *et al.* Potential to reduce greenhouse gas emissions from beef production by selection for reduced residual feed intake. **Proceedings**, 7th World Congress of Genetic Applied to Livestock Production. v.31, p.281-284, 2002.

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. *et al.* Steer growth and feed efficiency on pasture are favourably associated with genetic variation in sire net feed intake. **Animal Production in Australia**, Collingwood, v.25, p.93-96, 2004a.

HERD, R.M.; ODDY, V.W.; RICHARDSON, E.C. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle: 1. Review of potential mechanisms. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v.44, p.423-430, 2004b.

Jl, S.Q.; SCOTT, R.R.; SPURLOCK, M.E. Partial cloning of the bovine leptin gene and its expression in adipose depots in cattle before and after finishing. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.75, p.167-179, 1997.

KOCH, R. *et al.* Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.22, p.486-494, 1963.

LANNA, D.P.D.; ALMEIDA, R. 2004. Exigências nutricionais e melhoramento genético para eficiência alimentar: experiências e lições para um projeto nacional. In: Reunião Anual Da Sociedade Brasileira De Zootecnia, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004. p.248-259.

LARZUL, C. AND ROCHAMBEAU, H. Selection for residual feed consumption in the rabbit. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.95, p.67-72, 2005.

LEME, P.R., GOMES, R.C. Características de carcaça de novilhos Nelore com diferente consumo alimentar residual. In: XX Reunión Asociación Latinoamericana de Produccion Animal (ALPA). Cuzco, Perú. **Anais da XX Reunión Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA)**, 2007.

LIU M.F. *et al.* A study in the variation of feed efficiency in station tested beef bulls. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.80, p.435-441, 2000.

LOBLEY, G.E. *et al.* Whole body and tissue protein síntesis in cattle. **The British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.43, p.491-502, 1980.

LUITING, P. Genetic variation of energy partitioning in laying hens: causes of variation in residual feed consumption. **World Poultry Science Journal**, v.46, p.133-151, 1990.

LUITING, P. *et al.* Metabolic differences between White Leghorns selected for high and low residual feed consumption, **British Poultry Science**, v. 32, p.763-782, 1991.

LUITING, P.; URFF, E.M.; VERSTEGEN, M.W.A. Between-animal variation in biological efficiency as related to residual feed consumption. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Amsterdam, v.42, p.59-61, 1994.

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

MINTON, J.E. *et al.* Serum leptin is associated with carcass traits in finishing cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.76, p.231-240, 1998.

MOORE, S.; MUJIBI, F.D.; SHERMAN, E.L. Molecular basis for Residual Feed Intake in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.87, p.41-47, 2009.

MRODE, R.A.; KENNEDY, B.W. Genetic variation in measures of food efficiency in pigs and their genetic relationships with growth rate and backfat. **Animal Production**, v.56, p.225-232, 1993.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington: National Academy Press, 242p., 1996.

NKRUMAH, J.D. *et al.* 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.

OKINE, E.K. *et al.* Residual feed intake – What is it and how does it differ from traditional concepts of feed utilization. **Proceedings...**, Canadian Society of Animal Science Conference, Saskatoon, p.10-13, 2003.

PAULINO, P.V.R. *et al.* Consumo residual, performance e características de carcaça de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais. In: 6º Congresso Brasileiro das Raças Zebuínas, **Anais**. Uberaba, 2005.

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

RAUW, W.M. *et al.* Undesirable side effects of selection for high production efficiency in farm animals: a review. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.56, p.15-33, 1998.

RICHARDSON. E.C. *et al.* Possible physiological indicators for net feed intake conversion efficiency. **Proceedings...**, Australian Society of Animal Production, v.21, p.103-106, 1996.

RICHARDSON, E.C. *et al.* Body composition and implications for heat production of Angus steers progeny of parents selected for and against residual feed intake.

Australian Journal of Experimental Agriculture, Collingwood, v.41, p.1065-1072, 2001.

RICHARDSON, E.C. *et al.* Blood cell profiles of steer progeny from parents selected for and against residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v.42, p.901-908, 2002.

RICHARDSON, E.C. *et al.* Metabolic differences in Angus steers divergently selected for residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v.44, p.443-454, 2004.

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**, Collingwood, v.44, p.431-440, 2004.

SHERMAN E.L. *et al.* Fine mapping quantitative trait loci (QTL) for feed intake and feed efficiency in beef cattle **Journal of Animal Science**, Savoy, v.87, p.37-45, 2009.

SNOWDER, G.D. AND VAN VLECK, L.D. Estimates of genetic parameters and selection strategies to improve the economic efficiency of postweaning growth in lambs. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.81, p.2704-2713, 2003.

TAYLOR, S.C.S.; THIESSEN, R.B.; MURRAY, J. Interbreed relationship of maintenance efficiency to milk yield in cattle. **Animal Production**, Nebraska, v. 43, p. 37, 1986.

VON FELDE, A. *et al.* Genetic association between feed intake and feed intake behavior at different stages of growth of group-housed boars. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.47, p.11-22, 1996.

CAPÍTULO II – CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E CONVERSÃO ALIMENTAR E SUAS CORRELAÇÕES COM CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA MEDIDAS POR ULTRASSOM EM TOUROS NELORE

RESUMO

Foram avaliados o consumo alimentar residual (CAR_1 e CAR_2) e a conversão alimentar (CA) de 46 touros da raça Nelore confinados durante 84 dias com o objetivo de correlacionar essas variáveis com características de carcaça medidas por ultrassom e verificar possíveis diferenças das classes de CAR para as características produtivas e de carcaça. As medidas de carcaça foram avaliadas no início e no final do período experimental, também foi calculado o seu ganho no período, sendo elas: a área de olho de lombo no músculo *Longissimus* (AOL), espessura de gordura subcutânea entre a 12^a e a 13^a costelas (EGS) e espessura de gordura subcutânea sobre o músculo *Biceps femoris* (EGP). O CAR_1 foi calculado como a diferença do consumo de matéria seca (CMS) observado pelo predito com base no peso vivo e no ganho de peso. O CAR_2 foi calculado acrescentando à estimativa de CMS predito a variável EGP final. O CAR_1 foi positivamente correlacionado ($P < 0,05$) com a EGP final ($r = 0,34$) e com o ganho em EGP ($r = 0,36$) e houve diferença significativa ($P < 0,05$) nessas características e também para o CMS entre as classes, na qual os animais mais eficientes tiveram menores valores de EGP final e ganho e maior CMS. Para o CAR_2 , não houve diferença estatística ($P > 0,05$) entre as classes e nem correlações significativas deste com as características de carcaça, somente para CA, eficiência alimentar e CMS. A CA foi correlacionada com o ganho em AOL e EGS ($r = -0,43$ e $r = -0,31$, respectivamente) e com a EGS inicial ($r = 0,31$). A correlação positiva do consumo alimentar residual tradicional com a gordura subcutânea de touros Nelore pode, na seleção dos indivíduos mais eficientes (com CAR negativo), produzir carcaças demasiadamente magras, ajustes na estimativa do CAR incluindo características de carcaça podem anular esse efeito não desejável.

Palavras-chave: composição corporal, consumo alimentar líquido, eficiência alimentar

RESIDUAL FEED INTAKE AND FEED CONVERSION RATIO AND THEIR CORRELATIONS WITH CARCASS TRAITS MEASURED BY ULTRASOUND IN NELLORE BULLS

ABSTRACT

Forty-six Nellore bulls were evaluated for residual feed intake (RFI₁ and RFI₂) and feed conversion ratio (FCR) during 84 days confined with the objective to correlate the RFI and FCR with carcass traits measured by ultrasound and to verify differences between RFI classes in productive and carcass traits. The carcass's measures were evaluated at the beginning and the end of the experiment and calculated its gain in the period, the ribeye area (AOL), subcutaneous fat thickness between the 12th and 13th rib (EGS) and subcutaneous fat thickness on the Biceps femoris muscle (EGP). The RFI₂ was calculated assing to the dry matter intake (DMI) estimate the trait EGPf. The RFI₁ was positively correlated ($P < 0.05$) with the final EGP ($r = 0.34$) and with the gain in EGP ($r = 0.36$) and there was significant difference ($P < 0.05$) at these characteristics and also for dry matter intake (DMI) between classes, in which the most efficient animals had lower values of EGP final and gain and higher DMI. The RFI₁ was calculated as the difference between dry matter intake (DMI) observed and the predicted based on body weight and weight gain. For the RFI₂, there was no statistical difference ($P > 0.05$) between classes neither significant correlations of those with the carcass traits, only for FCR, feed efficiency and DMI. FCR was correlated with the gain in AOL and EGS ($r = -0.43$ and $r = -0.31$, respectively) and with the original EGS ($r = 0.31$). The positive correlation of traditional residual feed consumption with subcutaneous fat of Nellore bulls' can, at the selection of individuals more efficient (with negative RFI), produce carcasses way too thin, adjustments in the estimation of RFI including carcass traits may override this undesirable effect.

Key words: body composition, feed efficiency, net feed intake

1 INTRODUÇÃO

O melhoramento genético que utiliza o ganho de peso como principal característica pode comprometer a eficiência alimentar dos bovinos de corte (ALMEIDA, 2005). Isso ocorre porque os animais que são selecionados somente para aumento no ganho de peso também aumentam o seu consumo de alimentos, e nem sempre o aumento no ganho de peso compensará os custos para esse aumento do consumo. Dessa forma, é importante combinar as características de desempenho com uma característica de eficiência alimentar, de maneira a realizar uma seleção visando também a redução dos custos com alimentação e assim melhorar os aspectos econômicos da pecuária.

Normalmente, utilizam-se a eficiência alimentar bruta (EA) ou a conversão alimentar (CA) para descrever a eficiência alimentar dos bovinos, essas medidas têm limitações como características de seleção devido à correlação das mesmas com peso vivo e com ganho de peso. Isso poderia comprometer a eficiência produtiva em sistemas de baseados em pastejo por aumentar demasiadamente o tamanho adulto das matrizes e aumentando assim sua exigência de manutenção. Uma medida de eficiência alimentar que pode ser utilizada com o objetivo de evitar as limitações acima descritas é o consumo alimentar residual (CAR), este é baseado no consumo e independente do crescimento e dos padrões de maturidade (ARTHUR *et al.*, 2001; RICHARDSON e HERD, 2004).

RICHARDSON *et al.* (2004) observaram que, em uma única geração de seleção para CAR, animais taurinos tiveram uma redução do conteúdo de gordura na carcaça. É necessário verificar se esse efeito ocorre também em animais zebuínos, principalmente o Nelore. E também, se um possível ajuste para composição corporal na estimativa do CAR pode comprometer características de desempenho, consumo de alimentos e de carcaça.

Segundo LANNA e ALMEIDA (2004) a menor deposição de gordura subcutânea, por parte dos animais mais eficientes, poderia ser superada através da estimativa do consumo predito não só pelo peso vivo e pelo ganho de peso, mas também pela composição corporal, a qual pode ser ao menos parcialmente avaliada por meio da técnica da ultrassonografia. As medidas obtidas por ultrassonografia permitem esse melhor ajuste do consumo predito e conseqüentemente para o valor do CAR.

O objetivo desse trabalho foi avaliar, em touros da raça Nelore jovens, as correlações do CAR (ajustado ou não para deposição em gordura subcutânea) e CA com a área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea no músculo *Longissimus* e espessura de gordura no músculo *Biceps femoris*, além de avaliar as possíveis diferenças nessas características e outras medidas produtivas na classificação dos touros em diferentes grupos de CAR (alto, médio e baixo).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Animais e local do experimento

O experimento foi realizado no município de Guapirama, norte do Paraná, no período de 22 de dezembro de 2008 a 16 de março de 2009. Foram utilizados 46 touros da raça Nelore, provenientes de 10 criatórios da região norte do Paraná e sul de São Paulo com aproximadamente 22 meses de idade média inicial e 409 kg de peso vivo registrados na Associação Brasileira dos Criadores de Zebu.

O estudo foi conduzido em um confinamento experimental dotado de baias individuais de 2,0 metros de largura por 15 metros de comprimento com piso de chão batido. Foram disponibilizados cochos de concreto com divisórias individuais e bebedouros com boias.

2.2 Dieta experimental e manejo alimentar

Primeiramente, ao chegarem ao local experimental, os touros foram adaptados em um piquete de capim Mombaça (*Panicum maximum*) com lotação de 1,2 UA/ha durante 45 dias para evitar possíveis efeitos de alimentação de seus respectivos criatórios de origem. Após esse período, esses animais foram alojados no confinamento experimental, onde passaram por uma adaptação à dieta e ao local de 14 dias e então se iniciou o período experimental com 84 dias de duração total.

A alimentação foi fornecida duas vezes ao dia, às 8h às 16h, na forma de ração total misturada (Tabela 1) com 70% de nutrientes digestíveis totais (NDT) estimado por meio da fórmula de Weiss *et al.* (1992) e 15,2% de proteína bruta (PB), contendo silagem de cana-de-açúcar e concentrado na proporção de 50:50 na matéria seca (MS). Não foi adicionado nenhum aditivo ou promotor de crescimento na dieta.

Tabela 1. Composição da ração total misturada em percentual com base na matéria seca

Ingredientes	% (MS)
Silagem de cana-de-açúcar	50,00
Milho grão moído seco	20,22
Farelo de soja 49%	20,43
Farelo de trigo	7,37
Calcário calcítico	1,26
Cloreto de Sódio (NaCl)	0,40
Fosfato bicálcico	0,10
Premix mineral*	0,22

* Premix Mineral: Co = 125000 (ppm); Cu = 3750000 (ppm); Fe = 15000000 (ppm); I = 30000 (ppm); Mn = 10000000 (ppm); Se = 30000 (ppm); Zn = 10000000 (ppm); Vit A = 2000000 (UI/Kg MS); Vit D = 500000 (UI/Kg MS); 1250000 (UI/Kg MS)

A composição bromatológica média da silagem foi obtida por amostras semanais que eram retiradas e analisadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal do Paraná. Foram retiradas sub-amostras diárias da silagem e então ao final de cada semana estas eram homogeneizadas para formação da amostra semanal. Na Tabela 2 está apresentada a composição bromatológica média da silagem das 12 semanas experimentais.

Tabela 2. Composição bromatológica da silagem de cana-de-açúcar

Nutriente	%
Matéria Seca	25,52
Proteína Bruta (%)	8,48
Extrato Etéreo (%)	1,12
Resíduo Mineral (%)	4,31
Fibra em Detergente Ácido (%)	44,52
Fibra em Detergente Neutro (%)	69,97
Cálcio (%)	0,27
Fósforo (%)	0,12

2.3 Colheita dos dados

Diariamente foram pesadas a dieta e as sobras para ajuste de consumo, mantendo-se uma porcentagem de sobras de 10% (do fornecido). Para composição das amostras das sobras, eram retiradas todos os dias sub-amostras e ao final da semana, essas sub-amostras eram agrupadas e homogeneizadas para formar a amostra semanal das sobras. O teor de matéria seca médio das sobras foi de 34,37% ($\pm 5,55\%$). Pelo fato de que o confinamento não possuía cobertura para os cochos, todos os dias em que houveram precipitações foram retiradas amostras separadas e estas foram analisadas para MS e incluídas separadamente na planilha eletrônica para ajustes no consumo de matéria seca.

Os touros foram pesados cinco vezes nos dias 0, 21, 42, 63 e 84 do período experimental de confinamento, precedido de jejum alimentar de 16 horas. O ganho de peso diário (GPD) foi calculado por regressão linear entre o tempo de confinamento e os pesos vivos (PV) individuais obtidos nas pesagens. Foi estimado o peso vivo médio metabólico (PMet) de cada touro por meio da fórmula:

$$\text{PMet} = (\text{Peso vivo médio})^{0,75}$$

O consumo alimentar observado (CMS_{obs}) foi obtido pela média da subtração de quantidade de alimento diário fornecido pela quantidade de sobras diárias (ambos ajustados para MS). O consumo de MS predito (CMS_{est}) foi obtido pelo procedimento REG do SAS (1999) estimando-se as regressões do CMS diário no PMet e GPD para o CAR_1 , já para o CAR_2 foi utilizada também a variável EGPf além das anteriores. Utilizando a metodologia proposta por KOCH *et al.* (1963), o CAR de cada animal foi obtido da diferença do CMS_{obs} pelo CMS_{est} . A equação para obtenção do CMS_{est} do CAR_1 foi:

$$\text{CMS}_{\text{est}} = 0,15463 + (0,07619 \times \text{PMet}) + (0,85989 \times \text{GPD})$$

$$(\text{R}^2 = 0,56)$$

Já para o CAR_2 a equação para obtenção do CMS_{est} foi:

$$\text{CMS}_{\text{est}} = 0,16748 + (0,06749 \times \text{PMet}) + (0,82585 \times \text{GPD}) + (0,15305 \times \text{EGPf})$$

$$(\text{R}^2 = 0,62)$$

As classes de CAR foram divididas em três (alto, médio e baixo) sendo o desvio-padrão o critério de divisão das classes, na qual, animais com baixo CAR (mais eficientes) tinham desvio-padrão menor que -0,5, com médio CAR (mediano)

tinham desvio-padrão entre -0,5 e +0,5 e alto CAR (menos eficiente) os animais que tiveram desvio-padrão acima de +0,5 em relação à média. A CA foi calculada como razão do CMS_{obs} sobre o GPD e a EA pela razão anterior inversa.

No período experimental foram realizadas duas avaliações de carcaça por meio de imagens de ultrassom (Aloka SSD500, equipado com transdutor linear de 3,5 MHz e 178 mm de comprimento acoplado a uma guia acústica para melhor adaptação à anatomia do animal). Essas avaliações ocorreram no início e final do experimento, sendo elas: a área de olho de lombo no músculo *Longissimus* (AOLi e AOLf), a espessura de gordura subcutânea entre no músculo *Longissimus* (EGSi e EGSf) e a espessura de gordura subcutânea sobre o músculo *Biceps femoris* (EGPi e EGPf). Também foram avaliados os ganhos dessas características durante o experimento (AOLg, EGSg e EGPg), subtraindo dos valores finais os valores iniciais.

2.4 Análise estatística

As possíveis correlações do CAR_1 , CAR_2 e da CA com as características de carcaça, variáveis de desempenho e consumo de MS foram analisadas por meio do procedimento analítico CORR do programa estatístico SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, 1998). Para a análise, foram estimadas correlações simples de Pearson e consideradas como significativas probabilidades menores que 5%. O efeito do grupo de eficiência foi analisado por análise de variância pelo procedimento GLM do mesmo software, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey-Kramer também sendo consideradas 5% de significância.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da regressão linear múltipla demonstrou que as variáveis PMet e GPD contabilizaram em 51% e 5%, respectivamente, na variação do CMS_{obs} para o CAR_1 . Para o CAR_2 , as variáveis PMet, GPD e EGPf contribuíram em 51%, 5% e 6%, respectivamente, na variação do CMS_{obs} . Portanto, a inclusão da EGPf aumentou o R^2 da regressão múltipla em 6%, aumentando de esse R^2 de 56% para 62%.

Na Tabela 3 é apresentado a estatística descritiva do consumo alimentar residual (CAR1 e CAR2), eficiência alimentar bruta (EA), conversão alimentar (CA), consumo de MS médio (CMS), consumo de MS expressa em percentual de peso vivo (CMS %PV), consumo de MS com base no peso vivo metabólico (CMS PMet), peso vivo médio (PVM), peso vivo médio metabólico (PMet) e ganho de peso diário (GPD) e suas correlações com o CAR₁, CAR₂ e CA durante os 84 dias experimentais.

Tabela 3. Médias e desvios-padrões do CAR₁, CAR₂, CA, EA, CMS_{obs} (kg MS/dia), CMS (%PV), CMS (PMet), PVM, PMet e GPD e as correlações com o CAR₁(r_{CAR1}), CAR₂ (r_{CAR2}) e CA (r_{CA})

Variáveis	Média	DP	r _{CAR1}	r _{CAR2}	r _{CA}
CAR ₁ (kg MS/dia)	0,00	0,58		0,93*	0,28
CAR ₂ (kg MS/dia)	0,00	0,54	0,93		0,28
CA	8,03	1,64	0,28	0,28	
EA	129	25,13	-0,32*	-0,29*	-0,97*
CMS _{obs} (kg/dia)	8,68	0,87	0,67*	0,62*	0,25
CMS (%PV)	1,91	0,15	0,82*	0,77*	0,20
CMS (PMet)	8,81	0,61	0,93*	0,87*	-0,07
PVI	410	49,95	0,00	0,00	0,50*
PVF	504	50,38	0,00	0,00	0,20
PVM (kg)	456	49,35	0,00	0,00	0,35*
PMet (kg)	98,7	8,02	0,00	0,00	0,36*
GPD (kg/dia)	1,17	0,22	0,00	0,00	-0,85*

* = P<0,05

Os valores obtidos de desvio-padrão para ambos CAR desse estudo foi semelhante a outros com animais zebuínos como o de ALMEIDA (2005) com $\pm 0,41$ kg de MS/dia e com animais taurinos como o de CARSTENS *et al.* (2002) com $\pm 0,82$ kg de MS/dia e BASARAB *et al.* (2003) com $\pm 0,66$ kg de MS/dia. Diferente do presente trabalho, ALMEIDA *et al.* (2004) encontraram um desvio-padrão superior ($\pm 1,05$ kg de MS/dia); o desvio-padrão do presente estudo provavelmente é menor porque mesmo os animais sendo provenientes de 10 diferentes criatórios, cerca de 50% deles eram provenientes de dois únicos criatórios, assim, a variação fenotípica

observada tende a ser menor devido à maior homogeneidade do rebanho avaliado nesse trabalho. Não existiu correlação significativa ($P>0,05$) da conversão alimentar com o CAR concordando com os resultados obtidos por BASARAB *et al.* (2003). Mesmo esse valor não sendo significativo, a magnitude dessa correlação é considerável, portanto uma melhoria no CAR teria como consequência uma mudança positiva tanto na CA como na EA de aproximadamente 30%.

Ao contrário da CA, a seleção para CAR parece selecionar animais de menor consumo e menores exigências para manutenção, sem alterar o peso adulto ou o ganho de peso (BASARAB *et al.*, 2003). Isso foi observado nesse estudo, na qual as correlações do CAR_1 e CAR_2 com o CMS (kg MS/dia, %PV e PVmet) são significativas ($P<0,05$) e as correlações com o GPD e PM não foram ($P>0,05$). Essas correlações existem porque o CAR é uma medida baseada na ingestão de MS; portanto as características GPD e PVM não seriam influenciadas por uma seleção para CAR de acordo com esse estudo.

Diferente do CAR, a CA foi altamente correlacionada com o GPD ($P<0,05$), corroborando os resultados obtidos por BASARAB *et al.* (2003) que encontraram correlação da CA com ganho de peso vivo de 0,61. Portanto, uma possível seleção para CA poderá aumentar demasiadamente o peso vivo adulto dos animais. A CA não foi correlacionada com o CMS, portanto uma melhoria na conversão alimentar não reduziria o consumo de alimentos. Como a CA e a EA são razões diretas das mesmas variáveis (GPD e CMS) houve uma correlação significativa ($P<0,05$) e alta entre a CA e EA.

Os animais, de acordo com o critério utilizado, foram classificados em diferentes classes de CAR_1 , sendo que dos 46 touros 13 foram classificados como alto CAR (28%), 17 foram classificados como médio CAR (37%) e 16 foram classificados como baixo CAR (35%). Na Tabela 4 são apresentadas as médias entre as classes de CAR não ajustado para EGPf com relação às medidas de produção.

Tabela 4. Caracterização das características produtivas de touros Nelore com alto, médio e baixo CAR₁

Variáveis	CAR ₁ (classes) ¹			P>F ²
	Alto (13)	Médio (17)	Baixo (16)	
CAR (kg MS/dia)	0,72 ^a	-0,01 ^b	-0,57 ^c	<0,01
EA	122,12 ^a	128,80 ^a	135,82 ^a	0,35
CA	8,49 ^a	8,02 ^a	7,67 ^a	0,41
CMS _{obs} (kg/dia)	9,56 ^a	8,50 ^b	8,15 ^b	<0,01
CMS (%PV)	2,06 ^a	1,92 ^b	1,78 ^c	<0,01
CMS (PMet)	9,54 ^a	8,79 ^b	8,22 ^c	<0,01
PVI (kg)	417,38 ^a	400,53 ^a	413,63 ^a	0,35
PVF (kg)	515,00 ^a	492,35 ^a	506,63 ^a	0,46
PVM (kg)	466,19 ^a	446,44 ^a	460,13 ^a	0,53
PMet (kg)	100,25 ^a	97,03 ^a	99,21 ^a	0,54
GPD (kg/dia)	1,22 ^a	1,15 ^a	1,16 ^a	0,67

¹letras distintas nas linhas são médias diferentes pelo teste de Tukey-Kramer ($\alpha=0,05$)

²probabilidade de erro α

Já quando os animais foram divididos em diferentes grupos de CAR ajustado para EGPf os animais de alto CAR contabilizaram em 10 (22%), os de médio CAR em 23 (50%) e os de baixo CAR em 13 (28%). As médias diferentes classes de CAR em relação às medidas produtivas são mostradas na Tabela 5.

Tabela 5. Caracterização das características produtivas de touros Nelore com alto, médio e baixo CAR₂

Variáveis	CAR ₂ (classes) ¹			P>F ²
	Alto (10)	Médio (23)	Baixo (13)	
CAR ₂ (kg MS/dia)	0,74 ^a	0,00 ^b	-0,56 ^c	<0,01
EA	112,24 ^a	133,41 ^b	135,33 ^b	0,05
CA	9,25 ^a	7,63 ^b	7,80 ^b	0,02
CMS _{obs} (kg/dia)	9,60 ^a	8,55 ^b	8,20 ^b	<0,01
CMS (%PV)	2,04 ^a	1,92 ^b	1,79 ^c	<0,01
CMS (PMet)	9,49 ^a	8,81 ^b	8,26 ^c	<0,01
PVI (kg)	427 ^a	400 ^a	414 ^a	0,33
PVF (kg)	518 ^a	495 ^a	507 ^a	0,47
PVM (kg)	473 ^a	447 ^a	461 ^a	0,38
PMet (kg)	101,32 ^a	97,17 ^a	99,40 ^a	0,38
GPD (kg/dia)	1,14 ^a	1,19 ^a	1,17 ^a	0,81

¹letras distintas nas linhas são médias diferentes pelo teste de Tukey-Kramer ($\alpha=0,05$)

²probabilidade de erro α

Os grupos de CAR₁ não diferiram entre si com relação à CA, EA, PVM, PMet e GPD ($P>0,05$). Já para o CMS, os grupos diferiram entre si, sendo que a diferença no CMS (kg MS/dia) dos animais mais eficientes para os menos foi de 1,41 kg MS/dia e, para o próprio CAR, os diferentes grupos foram significativamente ($P<0,05$) distintos entre si pela metodologia utilizada.

Essa diferença no CMS demonstra que o CAR seleciona animais de menor consumo sem alterar o GPD e o PVM, de acordo com esse valor se considerarmos um confinamento de 60 dias com 1000 animais se alimentando de uma dieta com o custo de R\$375 por tonelada de MS, teríamos uma diferença no final entre os grupos de aproximadamente R\$31.725, sem alteração no ganho de peso. Este é um valor considerável, pois não há nenhum custo a ser reduzido desse montante.

As diferenças entre os grupos de eficiência e as demais características observadas nesse estudo, comprovaram que o CAR é fenotipicamente independente do peso vivo e do ganho de peso diário, isso porque ambas compõem no modelo de predição para o CAR. Já a baixa correlação entre do CAR com EA e CA não foi

suficiente para mostrar diferenças significativas entre os grupos de CAR ($P>0,05$), mesmo os valores absolutos mostrando essas diferenças.

Quando o CAR foi ajustado para EGPf, os animais mais e menos eficientes para CAR diferiram entre si ($P<0,05$) para EA, CA e para CMS. Essas diferenças observadas entre os grupos concordam com outros estudos (BASARAB *et al.*, 2003; ALMEIDA *et al.*, 2004; GOMES, 2009). Para as demais características produtivas de tamanho corporal e desempenho não houve diferença entre os grupos justamente por essas variáveis estarem presentes no modelo para estimar o CAR.

As médias, desvios-padrões, correlações do CAR₁, CAR₂ e da CA com características de carcaça podem ser vistas abaixo, na Tabela 6.

Tabela 6. Correlações do CAR (r_{CAR1} e r_{CAR2}) e da CA (r_{CA}) com características de carcaça e suas respectivas médias e desvios-padrões

Variáveis	Média	DP	r_{CAR1}	r_{CAR2}	r_{CA}
AOLi (cm ²)	49,70	5,02	-0,02	-0,05	0,32*
AOLf (cm ²)	71,37	5,84	0,09	0,03	-0,11
AOLg (cm ²)	21,67	5,23	0,12	0,09	-0,43*
EGSi (mm)	1,69	0,53	0,17	0,11	0,31*
EGSf (mm)	4,07	0,68	0,28	0,17	-0,11
EGSg (mm)	2,38	0,79	0,13	0,08	-0,31*
EGPi (mm)	1,95	0,47	0,09	-0,10	0,17
EGPf (mm)	5,79	1,42	0,34*	0,00	0,13
EGPg (mm)	3,83	1,23	0,36*	0,04	0,08

* = $P<0,05$

A área de olho de lombo (inicial, final e ganho) apresentou correlações não significativas ($P>0,05$) com o CAR₁ e CAR₂. Esses dados não estão de acordo com o estudo de LEME e GOMES (2007) que encontraram relação do CAR com a AOL em animais zebuínos, sendo que os animais mais eficientes tiveram maiores áreas de olho de lombo. De acordo com o presente estudo, animais mais eficientes para CAR não teriam menor rendimento de carne magra presente na carcaça e assim não teriam prejuízos para a quantidade de porção comestível da carcaça. Maiores valores de área de olho de lombo são relacionadas com maiores quantidades de

carne presente na carcaça, o que tem impacto na diminuição dos custos fixos de produção de um animal e do processamento de sua carcaça dentro do frigorífico.

Já para a CA, as correlações com a área de olho de lombo (inicial e ganho) são significativas ($P < 0,05$), mas a direção da correlação foi divergente para o início e o ganho da medida. A correlação negativa do ganho em AOL demonstra que quanto menor a conversão alimentar (mais eficiente) maior o ganho em AOL. A correlação positiva da CA com a AOL inicial pode ser explicada pelo fato que animais com tamanho corporal maior possuem maior exigência de manutenção, visto também na correlação da CA com o PV, portanto os animais maiores tendem a ter maior conversão alimentar.

O CAR_1 foi positivamente correlacionado ($P < 0,05$) com a espessura de gordura subcutânea no *Biceps femoris* na avaliação final (EGPf) e no ganho dessa durante o experimento (EGPg). Para essa característica mensurada no início do experimento não foi observado relação com o CAR_1 . Essa correlação positiva significa que animais mais eficientes (CAR negativo) têm menor deposição de gordura subcutânea na carcaça. Já, quando o CAR foi ajustado para EGPf nenhuma das características de carcaça foi correlacionada significativamente com o mesmo.

A análise mostra que o valor da correlação do CAR com a espessura de gordura subcutânea no músculo *Longissimus* é não significativo para essa variável no início, final e ganho ($P > 0,05$). Isso pode ser explicado pelo fato que a deposição de tecido adiposo segue a direção caudo-cranial e dorso-ventral simultaneamente, sugerindo uma maior variação entre os indivíduos para a deposição da gordura na garupa. Também, pelo fato do estudo ter sido conduzido com animais inteiros e jovens, os valores mais baixos da gordura do músculo *Longissimus* são condizentes. Essa variação pode explicar o fato da relação do CAR somente com a gordura no *Biceps femoris*. Pelo mesmo motivo, as duas mensurações no início do experimento não foram correlacionadas com o CAR, portanto a quantidade de gordura subcutânea depositada ainda era muito baixa (1,69 mm para EGSi e 1,95 mm para EGPi). Já a CA foi negativamente relacionada com o ganho de EGS durante o experimento, indicando que os animais menos eficientes para CA tiveram menor deposição de gordura no músculo *Longissimus*.

O resultado da correlação do CAR com a deposição de gordura no *Longissimus* está de acordo com os trabalhos CARSTENS *et al.* (2002) e ALMEIDA

et al. (2004), e contrário aos resultados obtidos por BASARAB *et al.* (2003) que encontraram correlações genóticas e fenotípicas para essa característica em taurinos e LEME e GOMES (2007) que encontraram diferença significativa para diferentes classes de CAR (alto, médio e baixo) em zebuínos.

A maioria da literatura disponível mostra que o CAR está correlacionado com as características da gordura da carcaça e isso foi confirmado nesse estudo (EGPf e EGPg), onde animais mais eficientes (CAR negativo) tiveram menor deposição de gordura na carcaça, já que a correlação é positiva. A correlação fenotípica encontrada no presente estudo está de acordo com o trabalho de CARSTENS *et al.* (2002) que encontraram correlação genética e fenotípica do CAR com a espessura de gordura no músculo *Biceps femoris* em raças taurinas.

As diferenças foram observadas também nas classes de CAR₁ (Tabela 7), na qual o grupo de baixo CAR teve menor EGP final e ganho em EGP quando comparado com os animais de alto CAR.

Tabela 7. Características de carcaça mensuradas por ultrassonografia de touros Nelore com alto, médio e baixo CAR₁

Variáveis	CAR ₁ (classes) ¹			P>F ²
	Alto	Médio	Baixo	
AOLi (cm ²)	51.08 ^a	48.26 ^a	50.11 ^a	0,29
AOLf (cm ²)	72.49 ^a	70.98 ^a	70.87 ^a	0,72
AOLg (cm ²)	21.41 ^a	22.72 ^a	20.76 ^a	0,56
EGSi (mm)	1.78 ^a	1.76 ^a	1.53 ^a	0,33
EGSf (mm)	4.26 ^a	4.08 ^a	3.89 ^a	0,34
EGSg (mm)	2.48 ^a	2.32 ^a	2.36 ^a	0,87
EGPi (mm)	2.09 ^a	1.98 ^a	1.82 ^a	0,29
EGPf (mm)	6.58 ^a	5.71 ^{ab}	5.23 ^b	0,03
EGPg (mm)	4.48 ^a	3.73 ^{ab}	3.41 ^b	0,05

¹letras distintas nas linhas são médias diferentes pelo teste de Tukey-Kramer ($\alpha=0,05$)

²probabilidade de erro α

Nenhuma diferença entre os grupos de CAR₂ para as características de deposição de gordura foi observada ajustando o modelo de predição com a inclusão da variável EGPf, somente foi observada diferença no grupo mediano para AOLi como pode ser visto na Tabela 8.

Tabela 8. Características de carcaça mensuradas por ultrassonografia de touros Nelore com alto, médio e baixo CAR₂

Variáveis	CAR ₂ (classes) ¹			P>F ²
	Alto	Médio	Baixo	
AOLi (cm ²)	51,81 ^a	47,87 ^b	51,32 ^a	0,04
AOLf (cm ²)	73,27 ^a	70,51 ^a	71,42 ^a	0,47
AOLg (cm ²)	21,46 ^a	22,64 ^a	20,10 ^a	0,38
EGSi (mm)	1,88 ^a	1,59 ^a	1,70 ^a	0,36
EGSf (mm)	4,39 ^a	3,97 ^a	3,98 ^a	0,23
EGSg (mm)	2,51 ^a	2,39 ^a	2,27 ^a	0,79
EGPi (mm)	2,00 ^a	1,89 ^a	2,04 ^a	0,62
EGPf (mm)	6,02 ^a	5,55 ^a	6,02 ^a	0,54
EGPg (mm)	4,02 ^a	3,67 ^a	3,98 ^a	0,66

¹letras distintas (linhas) são médias diferentes pelo teste de Tukey-Kramer ($\alpha=0,05$)

²probabilidade de erro α

As diferenças entre os grupos de eficiência (CAR₁) mostram que os animais mais eficientes tiveram deposição menor de 1,35mm de gordura subcutânea no músculo *Biceps femoris* em comparação com os animais menos eficientes e tiveram ganho inferior de 1,07mm em EGP. Não foram observadas outras diferenças significativas entre os grupos de eficiência das demais características.

A gordura subcutânea dos zebuínos é fundamental para os sistemas de produção de carne brasileiros baseados em regime de pastejo. Animais destinados ao abate que possuem menor taxa de deposição de gordura subcutânea na carcaça, teoricamente, atingem acabamento de gordura necessária mais tardiamente, necessitando permanecer mais tempo em regime de terminação, o que pode levar a aumentos nos custos de produção (LEME e GOMES, 2007).

Adicionalmente, a gordura subcutânea da carcaça tem o papel de isolante térmico no *rigor mortis* no resfriamento da carcaça. Quando a gordura subcutânea é escassa, a temperatura do músculo cai rapidamente devido à falta de isolamento térmico, as fibras musculares se contraem violentamente até o esgotamento das reservas de Adenosina Tri-Fosfato (ATP) ou glicólise muscular, acontecendo o processo de *cold-shortening*, que é o escurecimento, perda de água e o encurtamento das fibras (SAINZ e ARAÚJO, 2002). Nesse processo, o sarcômero diminui de tamanho, mantendo uma estrutura compacta e gerando o endurecimento da carne dos animais abatidos, causando sérios prejuízos econômicos aos produtores. Carcaças demasiadamente magras são penalizadas por frigoríficos brasileiros por esses danos que causam na qualidade dos cortes cárneos.

Visto as correlações de obtidas nesse estudo para o CAR_1 , o modelo sugerido de ajuste do CMS_{est} incluindo a característica EGPf além de melhorar o R^2 da regressão múltipla, também demonstrou que a correlação do CAR com o ajuste não é significativa para nenhuma característica de carcaça, e que os grupos de diferentes CAR não diferem entre si para essas mesmas características. Desta forma, as consequências acima descritas não seriam mais limitantes na adoção do CAR como característica de seleção nos programas de melhoramento genético. Contudo, ainda é fundamental estudos de correlações genotípicas após seleção para CAR com o objetivo de verificar se as correlações se comportam da mesma maneira que no presente estudo.

4 CONCLUSÃO

Com a baixa lucratividade do setor pecuário dos últimos anos, o CAR se apresenta como uma estratégia eficaz de melhorar a lucratividade na bovinocultura de corte, por reduzir o consumo de matéria seca sem alterar o ganho de peso vivo dos animais. Essa redução do consumo de matéria seca implica em um menor gasto com alimentação para todo o sistema produtivo.

As correlações entre o CAR tradicional e a espessura de gordura no músculo *Biceps femoris* são positivas e significativas e, portanto, ao selecionar animais superiores para CAR podem-se selecionar indivíduos que depositam menos gordura subcutânea. Sugere-se que o modelo de predição para consumo de matéria seca

inclua características como deposição de espessura subcutânea para ajustar o consumo de acordo com a composição corporal. Assim, esse ajuste não traria prejuízos nas características de carcaça quando os animais de melhor CAR forem escolhidos como progenitores em um programa de seleção.

A CA é uma variável correlacionada com ganho de peso diário, peso vivo médio e com características de carcaça, mas não foi correlacionada com o CAR. Essas correlações podem prejudicar economicamente a produção de bovinos de corte, baseados em pastejo, devido ao aumento no tamanho corporal adulto.

5 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R.; LANNA, D.P.D.; LEME, P.R. Consumo alimentar residual: um novo parâmetro para avaliar a eficiência alimentar de bovinos de corte. In: Reunião Anual Da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. p.4.

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

ARTHUR, P.F.; ARCHER, J.A.; JOHNSTON, D.J. 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, 2001.

BASARAB, J.A. *et al.* Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, Alberta, v.83, p.189-204, 2003.

CARSTENS, G.E. *et al.* Relationships between net feed intake and ultrasound measures of carcass composition in growing beef steers. Beef Cattle Research in Texas, College Station, p.31-34, 2002.

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. 93 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2009.

KOCH, R. *et al.* Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.22, p.486-494, 1963.

LANNA, D.P.D.; ALMEIDA, R. 2004. Exigências nutricionais e melhoramento genético para eficiência alimentar: experiências e lições para um projeto nacional. In: Reunião Anual Da Sociedade Brasileira De Zootecnia, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004. p.248-259.

LEME, P.R., GOMES, R.C. Características de carcaça de novilhos Nelore com diferente consumo alimentar residual. In: XX Reunión Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA). Cuzco, Perú. **Anais da XX Reunión Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA)**, 2007.

LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina**. 1ª ed. São Paulo, 2000. 134p.

RICHARDSON, E.C. *et al.* Metabolic differences in Angus steers divergently selected for residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v.44, p.443-454, 2004.

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**, Collingwood, v.44, p.431-440, 2004.

SAINZ, R. D.; ARAUJO, F. R. C. Uso de tecnologias de ultra-som no melhoramento do produto final carne. **Anais...**, 5° Congresso Brasileiro das Raças Zebuínas, Uberaba, 2002.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **SAS/STAT User's Guide Release.7.0 Edition**. Cary: SAS Institute, 1998.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; PIERRE, N.R.St. A theoretical-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.57, p.717-726, 1983.

CAPÍTULO III – PERFIL CELULAR SANGUÍNEO E METABÓLICO DE TOUROS DA RAÇA NELORE E SUAS CORRELAÇÕES COM CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E CONVERSÃO ALIMENTAR

RESUMO

Em função das diversas variações metabólicas relacionadas com o CAR, objetivou-se nesse estudo avaliar as correlações do CAR tradicional (CAR_1), CAR ajustado para EGPf (CAR_2) e da conversão alimentar (CA) com o perfil metabólico e sanguíneo, assim como verificar as possíveis diferenças das classes de CAR_1 e CAR_2 (alto, médio e baixo) nessas características para touros da raça Nelore. Para tanto, foram utilizados 46 animais com 22 meses de idade e 411 kg no início do estudo. Os animais foram alimentados com a mesma dieta durante 84 dias, nesse período foram coletadas a cada 21 dias amostras de sangue para avaliação de metabólitos no plasma e do perfil celular no sangue. Não foram encontradas correlações significativas ($P>0,05$) da CA com nenhuma característica metabólica ou sanguínea, já para o CAR_1 foi encontrada correlação significativa ($P<0,05$) para a concentração de ureia plasmática, também houve diferença entre as classes com relação à creatinina, na qual animais mais eficientes apresentaram valores superiores para essa variável. O CAR_2 não foi correlacionado ($P>0,05$) com nenhuma variável metabólica e das células do sangue, porém animais de menor CAR_2 tiveram menor quantidade de eosinófilos quando comparados com os animais de maior CAR_2 ($P<0,05$). Esses resultados sugerem que animais menos eficientes para CAR podem ter maior gasto energético com processos de síntese e degradação proteica corporal, devido à maior quantidade de ureia presente no sangue.

Palavras-chave: bovinos de corte, eficiência alimentar, hemograma, metabolismo

BLOOD CELL AND METABOLIC PROFILE OF NELLORE BULLS AND THEIR CORRELATIONS WITH RESIDUAL FEED INTAKE AND FEED CONVERSION RATIO

ABSTRACT

Due to the various metabolic changes related to the RFI, this essay aimed to evaluate the correlation of traditional RFI (RFI₁), RFI adjusted for EGPf (RFI₂) and feed conversion ratio (FCR) with the metabolic and blood profile, as well as to determine the possible different classes of RFI₁ and RFI₂ (high, medium and low) on these features to Nellore bulls. Therefore, it was used 46 animals with 22 months-old and 411 kg at the beginning of the study. The animals were fed the same diet for 84 days, during this period blood samples were collected every 21 days for evaluation of plasma metabolites and blood cell profiles. There weren't found significant correlations ($P>0.05$) among FCR and metabolic or blood traits, although for RFI₁ there was significant correlation ($P<0.05$) for plasma concentration of urea, also showed differences between the classes in relation to creatinine, in which animals more efficient showed higher values for this variable. The RFI₂ was not correlated ($P>0.05$) with no variable metabolic and blood cells, but animals with smaller RFI₂ had lower numbers of eosinophils when compared to animals with higher RFI₂ ($P<0.05$). These results suggest that animals less efficient for RFI can have greater energy expenditure with the processes of synthesis and degradation of body protein, due to a larger amount of urea in the blood.

Key words: beef cattle, complete blood count, feed efficiency, metabolism

1 INTRODUÇÃO

A lucratividade de qualquer sistema de produção é dependente dos custos e das receitas provenientes deste. Os sistemas de produção de bovinos de corte têm enfatizado a melhoria dos aspectos referentes às receitas, melhorando diversas características para aumentá-la diretamente (por exemplo, aumento nos ganhos de peso), sem buscar em conjunto uma redução direta nos custos, que também melhoraria sua rentabilidade.

Uma maneira efetiva de reduzir esses custos é melhorando a eficiência na utilização dos alimentos pelos animais. A maioria dos índices propostos para avaliar a eficiência alimentar, como a taxa de conversão alimentar (CA) e eficiência alimentar bruta, são relações do consumo alimentar pelo produto gerado. Para o melhoramento genético, esse tipo de medida é difícil de ser melhorada por seleção direta, não somente por causa das dificuldades de medir o consumo individual, mas também pelos problemas inerentes da seleção de medidas que são relações de outras medidas que podem já fazer parte do índice de seleção (GUNSETT, 1984), adicionalmente a CA, por ser altamente relacionada com o ganho de peso vivo, pode aumentar demasiadamente o tamanho adulto do rebanho, aumentando também os requerimentos de manutenção das matrizes. Fato esse que pode não ser totalmente desejável para os sistemas de produção mais utilizados no Brasil, que são baseados em pastejo e com períodos distintos entre chuvas e período seco.

Para contornar esse tipo de problema alguns índices foram propostos, o mais estudado deles nos últimos anos para bovinos de corte é o consumo alimentar residual (CAR). Esta característica é calculada como a diferença do consumo real de alimentos com o consumo ajustado baseado no seu peso vivo e no ganho de peso. Um animal que consome menos que o esperado terá um CAR negativo e é mais eficiente, por outro lado um animal que consome mais que o esperado terá um CAR positivo sendo menos eficiente.

Porém, obter consumo de matéria seca em bovinos de corte é um processo considerado caro, sendo este o maior obstáculo para adoção dessa tecnologia (LANNA e ALMEIDA, 2004). De acordo com ARCHER *et al.* (1997), os animais devem ser avaliados por período não inferior a 35 dias para obtenção do consumo alimentar e 70 dias para o ganho de peso.

O conhecimento a respeito de todas as variações fisiológicas que ocasionam as diferenças entre os animais para CAR ainda é incompleto, algumas variações na composição corporal (RICHARDSON *et al.*, 2001), nas características sanguíneas (RICHARDSON *et al.*, 2002) e metabólicas (RICHARDSON *et al.*, 2004) são conhecidas, mas explicam somente uma pequena parte da variação total no CAR em bovinos de corte. O estudo completo de todos os possíveis processos relacionados a essa variação pode conduzir para um método mais eficiente e precoce de seleção para CAR (como os marcadores fisiológicos e genéticos) e do mesmo modo ajudar a assegurar que essa seleção para melhorar o CAR não irá ter efeitos indesejáveis sobre os respectivos descendentes.

RICHARDSON e HERD (2004) avaliaram os processos metabólicos que contribuem para a variação do CAR em animais taurinos. Segundo os autores, o *turnover* proteico, estresse e metabolismo dos tecidos contribuem com 37%, outros processos não identificados tais como o transporte iônico com 27%, a atividade e digestibilidade com 10% cada, o incremento calórico com 9%, a composição corporal com 5% e o comportamento ingestivo com 2%.

De acordo com RICHARDSON *et al.* (2004), alguns metabólitos podem indicar indiretamente os substratos energéticos (glicose e triglicerídeos), o metabolismo proteico (ureia, creatinofosfoquinase, total de proteínas plasmáticas e aspartato aminotransferase) e a diferença metabólica devido a diferenças na composição corporal (ureia, creatinina e triglicerídeos). O perfil sanguíneo celular está relacionado com a forma na qual os animais reagem a fatores estressores tais como o período de confinamento, mudanças na dieta e também manejo geral de pesagem. Ambos os fatores sanguíneos, metabólicos e perfil celular, podem promover uma visão geral do metabolismo dos animais de uma forma geral, principalmente das correlações e diferenças entre os grupos de eficiência para essas medidas. Essas relações desses parâmetros com o CAR em animais zebuínos não são conhecidas.

Em virtude do exposto acima, o objetivo do presente estudo foi verificar a associação do consumo alimentar residual (CAR_1 e CAR_2) e a conversão alimentar (CA) com características metabólicas no plasma sanguíneo e características hematológicas. Além de verificar as possíveis diferenças entre os grupos de eficiência alto, médio e baixo ajustados ou não para espessura de gordura subcutânea (CAR_1 e CAR_2 , respectivamente).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Animais e local do experimento

O presente estudo foi realizado no município de Guapirama, Paraná, no período de 22 de dezembro de 2008 a 16 de março de 2009. Foram avaliados 46 touros da raça Nelore oriundos de dez propriedades dos estados do Paraná e de São Paulo com idade média de 22 ± 2 meses de idade e 409 ± 49 kg de peso vivo no início do experimento.

O estudo foi realizado em um confinamento experimental dotado de baias individuais de 2,0 metros de largura por 15 metros de comprimento com piso de chão batido. Foram disponibilizados cochos de concreto com divisórias individuais e bebedouros com boias.

2.2 Dieta experimental e manejo alimentar

Anteriormente ao período experimental, os animais permaneceram durante 45 dias no local do trabalho em período de adaptação em um piquete com pastagem de capim Mombaça (*Panicum maximum*) com 1,2 UA/ha de lotação e sal mineral à vontade objetivando reduzir os efeitos das diferentes dietas que estes recebiam em seu local de origem.

Após essa adaptação os animais foram encaminhados ao confinamento onde permaneceram mais 14 dias em adaptação à dieta e ao local. Após esse período deu-se início ao período experimental com 84 dias de duração.

O arraçoamento foi realizado duas vezes ao dia, sendo o primeiro às 8h e o segundo às 16h horas. O fornecimento foi na forma de ração total misturada contendo silagem de cana-de-açúcar e concentrado na relação de 50:50 na matéria seca (MS), formulada com 70% de nutrientes digestíveis totais (NDT) estimado por meio da fórmula de Weiss *et al.* (1992), e 15,2% de proteína bruta (PB) sem a adição de aditivo alimentar ou promotor de crescimento.

O teor de MS da silagem e das sobras foi monitorado semanalmente por amostras compostas formadas de amostras parciais retiradas diariamente e homogeneizadas para composição da amostra final da semana, as amostras foram congeladas e enviadas ao Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal do Paraná, onde estas foram secas a 55°C durante dois dias para determinação da

MS das sobras e da dieta. O teor médio de MS das sobras foi de 34,4%, da silagem de cana-de-açúcar de 25,5% e do concentrado 88,1%.

Como o confinamento experimental não era dotado de cobertura sobre os cochos de alimentação, em dias chuvosos as amostras desses dias eram retiradas separadamente para cada dia em que ocorriam as precipitações e assim estas eram analisadas para MS e ajustadas ao final no consumo de matéria seca (CMS)

2.3 Colheita dos dados

O consumo de alimento real (CMS_{obs}) foi obtido pesando-se diariamente o total de alimentos fornecido e as sobras. A subtração do primeiro pelo segundo foi ajustado para matéria seca. O ajuste diário na quantidade de alimento fornecido era com base nas sobras do dia anterior, as sobras com quantidade menor que 10% do fornecido era aumentado o fornecimento em 1 kg de MS no dia seguinte, caso as sobras fossem superior a 15% do fornecido era reduzido em 1 kg de MS.

As pesagens ocorreram nos dias 0, 21, 42, 63 e 84 durante o período experimental, precedidas de jejum alimentar de 16 horas. O cálculo do ganho de peso diário (GPD) foi obtido por meio de regressão linear dos pesos vivos (PV) individuais obtidos nos diferentes tempos de confinamento.

Também foi estimado o peso vivo médio metabólico (PMet) individual utilizando os dados de peso vivo inicial (PVI) e final (PVF), conforme a fórmula:

$$PMet = [(PVI+PVF)/2]^{0,75}$$

A predição do consumo de alimentos (CMS_{est}) foi obtida pelo procedimento REG do SAS (1999) estimando-se as regressões do consumo médio diário no peso vivo médio metabólico (PMet) e ganho de peso diário (GPD). Também foi estimado o CMS_{est} incluindo a variável EGPf no modelo juntamente com o PMet e GPD para cálculo do CAR_2 na qual foi subtraído o CMS_{obs} pelo CMS_{est} com ajuste para EGPf.

O CAR_1 foi obtido pela diferença do CMS_{obs} pelo CMS_{est} de acordo com a metodologia proposta por KOCH *et al.* (1963). A conversão alimentar (CA) foi obtida da relação direta do CMS_{obs} diário pelo GPD.

As amostras de sangue para a análise do perfil metabólico e celular sanguíneo, contabilizadas em três de cada animal para cada pesagem, foram obtidas durante as pesagens por punção da veia jugular direita com agulha de calibre 25x8 em tubos evacuados de 5ml sem anticoagulante. Uma amostra foi resfriada e armazenada,

após 3 horas da venopunção a mesma foi centrifugada por 5 minutos a 5000 RPM para isolamento do soro. Essa amostra de soro foi congelada e enviada ao Laboratório de Patologia Clínica do Departamento de Medicina Veterinária da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba, para determinação das concentrações das enzimas aspartato aminotransferase (AST), creatinofosfoquinase (CPK) e creatinina (CRE), também foram determinadas as concentradas de triglicérides (TGL), glicose (GLI) e ureia (URE). Estas foram determinadas por meio de kits bioquímicos Bioclin® e espectrofotômetro Metrolab. Para garantir a exatidão e controle das técnicas, equipamentos e resultados, foram utilizados soros de referência Qualitrol® HS N da Merck.

A segunda amostra de sangue foi utilizada logo após a colheita, uma gota dessa amostra foi destinada à formação de lâminas com esfregaço sanguíneo para contagem diferencial do leucograma e a contagem de leucócitos totais (LEU). As células diferenciadas, expressas em porcentagem de LEU, foram os eosinófilos (EOS), basófilos (BAS), monócitos (MONO), linfócitos (LIN) e neutrófilos (NEU).

A última amostra foi resfriada e utilizada no eritograma determinando: a contagem total de hemácias (HEMA), a concentração de média de hemoglobina (CMH) e a contagem de hemoglobinas (HGB), pelo método da cianometemoglobina, o volume globular médio (VGM) por centrifugação em micro-hematócrito a 2500 RPM por 5 minutos e a proteína plasmática total (PPT) e o fibrinogênio (FBN) por refratometria. O hematócrito (HCR) foi determinado com o uso de um tubo microcapilar preenchido com sangue. Esta amostra foi centrifugada por 5 minutos e a leitura em escala de micro-hematócrito com valores em porcentagem. Também foi calculada a razão dos neutrófilos por linfócitos (NEU/LIN).

2.4 Análise estatística

Os dados foram analisados pelo procedimento CORR do programa estatístico SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, 1998), a análise de correlação foi a Correlação simples de Pearson sendo estimadas as correlações do CAR_1 , CAR_2 e da CA com variáveis metabólicas e sanguíneas, sendo consideradas como significantes as probabilidades inferiores a 5%. Para analisar o efeito do grupo de eficiência (CAR_1 e CAR_2) foi utilizado o teste ANOVA pelo procedimento GLM do mesmo programa estatístico e as médias comparadas pelo teste de Tukey-Kramer.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes ao CAR_1 , CAR_2 , CA, GPD, CMS_{obs} , CMS (%PV), PVI, PVF e PVM estão apresentados na Tabela 1 na forma de médias, desvios-padrões, valores mínimos e valores máximos.

Tabela 1. Médias, desvios-padrões, valores mínimos e valores máximos do CAR_1 , CAR_2 , CA, GPD, CMS_{obs} , CMS %PV, PVI, PVF e PVM

Variáveis	Média	DP	Mínimo	Máximo
CAR_1 (kg de MS/dia)	0,00	0,58	-1,20	1,52
CAR_2 (kg MS/dia)	0,00	0,54	-1,10	1,55
CA	8,03	1,64	5,07	13,03
GPD (kg/dia)	1,17	0,22	0,78	1,80
CMS_{obs} (kg de MS/dia)	8,68	0,87	7,10	10,56
CMS (%PV)	1,91	0,15	1,57	2,30
PVI (kg)	409,85	49,95	290,00	510,00
PVF (kg)	503,72	50,38	398,00	614,00
PVM (kg)	456,78	49,35	344,00	562,00

Os valores encontrados para o CAR_1 e CAR_2 , com relação à amplitude, foram inferiores aos valores mínimos e máximos encontrados por ALMEIDA *et al.* (2004) e GOMES (2009) para novilhos Nelore (-1,70 e +2,07; -2,72 e +1,54 kg de MS/dia; respectivamente) e superiores se comparados com ALMEIDA (2005) que encontrou valor mínimo de -0,72 e máximo de +0,95 kg de MS/dia. Os valores dos desvios-padrões para CAR em kg de MS/dia se assemelham com os valores encontrados por GOMES (2009) de 0,69 e ALMEIDA (2005) de 0,41; porém foi inferior ao valor de ALMEIDA *et al.* (2004) que encontraram DP de 1,05. Esses valores encontrados de desvio-padrão para CAR em zebuínos são condizentes com os estudos anteriores realizados com animais da raça Angus (ARTHUR *et al.*, 2001a), Charolês (ARTHUR *et al.*, 2001b) e bovinos de diversos cruzamentos (BASARAB *et al.*, 2003) que encontraram valores de 0,74; 0,76; 0,66; respectivamente. A CA obtida no presente trabalho foi semelhante ao encontrado por ALMEIDA (2005) que encontrou média de 8,16; valor mínimo de 6,29 e valor máximo de 12,39.

O desvio-padrão maior para o CAR de zebuínos encontrados por ALMEIDA *et al.* (2004) anteriormente foi discutido como sendo devido ao ganho de peso compensatório de animais provenientes de diversas origens, os valores menores encontrados por ALMEIDA (2005) e GOMES (2009) poderiam ser explicados por essa teoria, já que nesses estudos, os animais eram provenientes do mesmo local. Já no presente trabalho, observou-se valor mais baixo do DP do CAR em animais zebuínos de diferentes procedências, e isso pode ser explicado pelo período adaptativo na pastagem dos animais que pode ter reduzido esse efeito, ou também pelo fato de que 50% desses animais eram provenientes de somente duas propriedades.

Na Tabela 2 são apresentadas as médias e desvios-padrões do perfil metabólico representado por AST, CPK, CRE, TGL, GLI e URE e suas correlações com o CAR₁, CAR₂ e com a CA em bovinos da raça Nelore.

Tabela 2. Médias e desvios-padrões (DP) de metabólitos sanguíneos e correlações destes com o CAR₁ (r_{CAR1}), CAR₂ (r_{CAR2}) e a CA (r_{CA})

Variáveis	Média	DP	r_{CAR1}	r_{CAR2}	r_{CA}
AST	119,43	19,34	-0,26	-0,25	0,26
CPK	610,98	623,55	-0,28	-0,29	0,14
CRE	1,85	0,19	-0,11	-0,11	-0,01
TGL	18,78	5,14	0,18	0,19	-0,18
GLI	90,18	13,40	0,05	0,10	-0,07
URE	52,41	5,83	0,29*	0,21	0,13

* = $P < 0,05$

As correlações fenotípicas do CAR₁ e CAR₂ com a AST e CRE apresentadas na Tabela 2 contrariam estudos anteriores de RICHARDSON *et al.* (2004), que encontraram valores para essas correlações de 0,25 e -0,29; respectivamente, assim como para a CPK. Corroborando esse estudo, o trabalho de RICHARDSON e HERD (2004) não encontrou correlação significativa do CAR com TGL e GLI. Não foram encontradas correlações significativas ($P < 0,05$) da CA com nenhuma das características metabólicas, porém pode-se considerar a magnitude do valor da correlação desta com a AST.

No presente estudo, somente foi encontrada correlação significativa ($P < 0,05$) da URE com o CAR_1 para as características metabólicas, o sentido da correlação demonstra que animais mais eficientes para CAR_1 têm menor quantidade de URE plasmática em comparação a animais menos eficientes. Assim como o presente estudo, RICHARDSON *et al.* (2004) encontraram uma tendência ($P < 0,10$) de que animais provenientes de uma progênie previamente selecionada para melhor CAR também possuíam menores concentrações de ureia plasmática na desmama, porém essa tendência não foi confirmada nas idades mais avançadas.

Na Tabela 3 são mostradas as variáveis metabólicas dos diferentes grupos de eficiência (alto, médio e baixo) para o CAR_1 , já a Tabela 4 apresenta as médias das variáveis metabólicas dos grupos de eficiência ajustados para a EGPf (CAR_2).

Tabela 3. Perfil metabólico de touros com alto, médio e baixo CAR_1

Variáveis	CAR_1 (classes) ¹			$P > F^2$
	Alto (13)	Médio (17)	Baixo (16)	
AST	117,00 ^a	116,53 ^a	124,50 ^a	0,44
CPK	425,08 ^a	653,29 ^a	717,06 ^a	0,44
CRE	1,77 ^a	1,91 ^b	1,85 ^b	0,13
TGL	18,45 ^a	19,66 ^a	18,11 ^a	0,67
GLI	87,96 ^a	94,15 ^a	87,59 ^a	0,30
URE	54,46 ^a	52,74 ^a	50,38 ^a	0,17

¹letras distintas nas linhas são médias diferentes pelo teste de Tukey-Kramer ($\alpha = 0,05$)

²probabilidade de erro α

Tabela 4. Perfil metabólico de touros com alto, médio e baixo CAR₂

Variáveis	CAR ₂ (classes) ¹			P>F ²
	Alto (10)	Médio (23)	Baixo (13)	
AST	119,40 ^a	117,30 ^a	123,23 ^a	0,69
CPK	564,00 ^a	565,52 ^a	727,54 ^a	0,74
CRE	1,77 ^a	1,87 ^a	1,85 ^a	0,59
TGL	20,03 ^a	19,28 ^a	16,94 ^a	0,30
GLI	88,15 ^a	91,04 ^a	89,99 ^a	0,86
URE	55,07 ^a	51,72 ^a	51,56 ^a	0,27

¹letras distintas nas linhas são médias diferentes pelo teste de Tukey-Kramer ($\alpha=0,05$)

²probabilidade de erro α

CLARKE *et al.* (1996) relataram maiores concentrações de ureia plasmática em animais com menor crescimento de tecido magro e com maior deposição de gordura subcutânea na carcaça. Assim como o presente estudo, animais com CAR₁ mais baixo também obtiveram menor deposição de gordura subcutânea (ver Capítulo 2) e também com menor concentração de ureia plasmática.

A maior parte da ureia plasmática é sintetizada no fígado, esta é proveniente principalmente do catabolismo proteico e da absorção intestinal (DUNCAN e PRASSE, 1977), sendo essas concentrações influenciadas por fatores etários e raciais (JENKINS *et al.*, 1982). A concentração de ureia plasmática está relacionada com a composição corporal devido a uma diferença nos processos de catabolismo e anabolismo proteico. Teoricamente, animais menos eficientes teriam maiores taxas quebra proteica, que são processos que aumentam o gasto energético com a manutenção desses animais, disponibilizando menos nutrientes para a produção. Segundo MORTIMORE e POSO (1987), o aumento na ureia plasmática é principalmente devido a um aumento no catabolismo de aminoácidos. Evidências de que animais menos eficientes têm maior degradação proteica foram encontradas na literatura (RICHARDSON *et al.*, 1996; McDONAGH *et al.*, 2001).

Outra possível razão para a menor concentração de ureia em animais mais eficientes é que esses teriam melhor aproveitamento das fontes de carboidratos disponíveis da dieta no rúmen. Alguns autores relataram diferenças na digestibilidade de carboidratos em bovinos com diferentes valores para CAR

(CHANNON *et al.*, 2004; NKRUMAH *et al.*, 2006). Com o pior aproveitamento dos carboidratos prontamente disponibilizados no rúmen por animais de alto CAR, conseqüentemente a energia que é gerada para o crescimento microbiano não está sincronizada com as fontes proteicas de rápida disponibilidade, então essas fontes proteicas seriam desaminadas e utilizadas como fonte de energia, produzindo assim, maiores quantidades de ureia plasmática (RUSSELL *et al.*, 1992).

Porém, são vários os fatores que podem influenciar os níveis de ureia no sangue de bovinos, dentre estes citados, também o consumo de alimentos é outro fator ligado a esses níveis. Com o aumento da ingestão de matéria seca há um concomitante aumento nos níveis de ureia (BERSHAUER *et al.*, 1983). Essa afirmação é condizente com a correlação encontrada por RICHARDSON *et al.* (2004), que relataram valores de correlações negativos da ureia com o CAR ao final do experimento. Portanto, além da magnitude da correlação encontrada nesse estudo (considerada baixa) e dos diferentes mecanismos que influenciam as concentrações de ureia no sangue, é necessário entender melhor o quanto cada mecanismo desses influencia a variação do CAR em zebuínos.

Apesar do valor baixo da correlação da concentração de creatinina no sangue, houve diferença estatística entre os animais de alto e baixo CAR₁. Os animais mais eficientes obtiveram uma concentração plasmática maior de creatinina. Isso pode indicar que os animais mais eficientes teriam maior massa muscular. Segundo trabalho de RICHARDSON *et al.* (2004) a associação obtida do CAR com a creatinina foi negativa, indicando que os animais de melhor CAR poderiam ter maior massa muscular. No mesmo trabalho, a magnitude da correlação entre o CAR e a creatinina foi semelhante (0,12).

A AST e a CPK apesar de não serem estatisticamente correlacionadas com o CAR, apresentou valores consideráveis. A AST é um indicador da função hepática que está relacionado com o metabolismo dos aminoácidos, porém a correlação obtida em animais taurinos (0,25; RICHARDSON *et al.*, 2004) apresentou direção oposta à obtida nesse estudo. Porém, a correlação do CAR com a AST desse estudo com taurinos após uma situação de estresse (transporte) seguiu a mesma direção da correlação do presente estudo. Isso poderia indicar que os animais mais eficientes, quando estressados, têm maior concentração de AST no plasma sanguíneo. A CPK é um metabólito chave no transporte energético das células musculares e é encontrada em maiores quantidades em animais de maior

crescimento muscular. A correlação negativa do CAR com a CPK indica que animais mais eficientes têm maior concentração desse metabólito no sangue.

Na Tabela 5 estão os resultados das médias e desvios-padrões das características hematológicas e suas correlações com o CAR₁, CAR₂ e com a CA

Tabela 5. Médias e desvios-padrões (DP) do hemograma completo e correlações deste com o CAR₁ (r_{CAR1}), CAR₂ (r_{CAR2}) e com a CA (r_{CA})

Variáveis	Média	DP	r_{CAR1}	r_{CAR2}	r_{CA}
HCR	13,52	1,28	-0,10	-0,07	0,13
PPT	6,90	0,34	0,15	0,23	0,07
FBN	0,35	0,11	0,12	0,10	-0,18
HGB	13,52	1,28	-0,12	-0,07	0,04
VGM	44,54	5,99	0,12	0,14	0,24
CMH	34,72	2,29	-0,04	-0,01	-0,17
HEMA	8,73	1,01	-0,18	-0,15	-0,13
LEU	9280	1699	-0,02	0,05	0,24
EOS	3,33	3,08	0,11	0,15	0,12
BAS	0,06	0,15	0,26	0,21	-0,08
MONO	4,16	2,13	-0,03	0,01	0,12
LIN	58,19	8,31	-0,03	-0,07	-0,11
NEU	34,27	7,83	-0,01	0,01	0,04
NEU/LIN	0,62	0,22	0,01	0,04	0,06

* = P<0,05

Não foram encontradas correlações significativas do CAR₁, CAR₂ e da CA para nenhuma das variáveis hematológicas no presente estudo. RICHARDSON *et al.* (2004) encontraram correlações genóticas do CAR com perfil celular sanguíneo (LEU, HGB, HCR e LIN) em um estudo com bovinos de origem européia, evidências essas que não foram encontradas por correlações fenóticas no presente estudo. Esses mesmo autores não encontraram correlações genóticas da CA com nenhuma característica sanguínea concordando com os resultados obtidos nesse trabalho.

Apesar de não significativa, são consideráveis as correlações do CAR₁ e CAR₂ com BAS e do CAR₂ com PPT. A PPT está relacionada com o metabolismo protéico,

animais de CAR mais alto teriam maiores concentrações de PPT. Assim como RICHARDSON *et al.* (2004), que encontraram correlação de 0,24 do CAR com PPT, o presente estudo demonstrou a mesma direção e magnitude. Isso pode ser explicado pelo fato de que as proteínas plasmáticas têm papel fundamental como fonte de aminoácidos para síntese de tecido proteico (RICHARDSON e HERD, 2004). Esse fato, somado à correlação encontrada do CAR₁ com a ureia pode indicar que animais mais eficientes têm menor quantidade de PPT e de URE, portanto menores taxas de catabolismo proteico.

A Tabela 6 mostra as médias das variáveis do perfil celular sanguíneo para os diferentes grupos de eficiência do CAR₁, assim como a Tabela 7 que mostra essas mesmas diferenças, porém para o CAR₂.

Tabela 6. Perfil celular sanguíneo dos diferentes grupos de CAR₁ (alto, médio e baixo)

Variáveis	CAR ₁ (classes) ¹			P>F ²
	Alto	Médio	Baixo	
HCR	37,97 ^a	39,59 ^a	39,35 ^a	0,48
PPT	7,00 ^a	6,83 ^a	6,91 ^a	0,41
FBN	0,38 ^a	0,32 ^a	0,36 ^a	0,32
HGB	13,26 ^a	13,53 ^a	13,71 ^a	0,66
VGM	45,44 ^a	44,62 ^a	43,72 ^a	0,75
CMH	34,99 ^a	34,25 ^a	40,00 ^a	0,58
HEMA	8,51 ^a	8,66 ^a	8,98 ^a	0,44
LEU	9631 ^a	8904 ^a	9395 ^a	0,49
EOS	3,74 ^a	3,30 ^a	3,02 ^a	0,83
BAS	0,08 ^a	0,06 ^a	0,04 ^a	0,81
MONO	4,05 ^a	4,02 ^a	4,40 ^a	0,86
LIN	60,69 ^a	55,71 ^a	58,79 ^a	0,25
NEU	31,44 ^a	36,92 ^a	33,75 ^a	0,16
NEU/LIN	0,54 ^a	0,70 ^a	0,59 ^a	0,14

¹letras distintas nas linhas são médias diferentes pelo teste de Tukey-Kramer ($\alpha=0,05$)

²probabilidade de erro α

Tabela 7. Perfil celular sanguíneo dos diferentes grupos de CAR₂ (alto, médio e baixo)

Variáveis	CAR ₂ (classes) ¹			P>F ²
	Alto	Médio	Baixo	
HCR	38,33 ^a	38,84 ^a	39,97 ^a	0,56
PPT	7,06 ^a	6,87 ^a	6,85 ^a	0,28
FBN	0,37 ^a	0,35 ^a	0,35 ^a	0,89
HGB	13,30 ^a	13,42 ^a	13,86 ^a	0,52
VGM	46,86 ^a	44,67 ^a	42,52 ^a	0,23
CMH	34,72 ^a	34,63 ^a	34,87 ^a	0,96
HEMA	8,34 ^a	8,69 ^a	9,09 ^a	0,21
LEU	9992 ^a	8963 ^a	9370 ^a	0,35
EOS	5,67 ^a	2,51 ^b	2,97 ^b	0,02
BAS	0,10 ^a	0,03 ^a	0,08 ^a	0,38
MONO	4,13 ^a	4,10 ^a	4,28 ^a	0,97
LIN	56,20 ^a	58,97 ^a	58,33 ^a	0,69
NEU	33,90 ^a	34,39 ^a	34,33 ^a	0,99
NEU/LIN	0,64 ^a	0,61 ^a	0,61 ^a	0,92

¹letras distintas nas linhas são médias diferentes pelo teste de Tukey-Kramer ($\alpha=0,05$)

²probabilidade de erro α

Não foram encontradas diferenças estatísticas das variáveis do perfil celular sanguíneo entre os grupos de eficiência para o CAR₁ e CAR₂. Esses resultados concordam com os resultados obtidos por GOMES *et al.* (2008) que também não verificaram diferenças significativas do perfil das células do sangue para animais de baixo ou de alto CAR. Já RICHARDSON *et al.* (1996) e RICHARDSON *et al.* (2002) encontraram diferenças em características sanguíneas mensuradas na progênie (LEU, HGB, HCR e LIN) proveniente de touros com valores genéticos médios divergentes para CAR. Somente foi observado um aumento na quantidade de EOS nos animais menos eficientes para o CAR₂, esse aumento pode ser devido a uma possível reação ao estresse dos animais menos eficientes.

Vários estudos têm procurado correlacionar às células sanguíneas com características de interesse econômico, isso para tentar encontrar marcadores fenotípicos fáceis de mensurar para uma seleção indireta. Essas mudanças

encontradas por RICHARDSON *et al.* (2002) no perfil hematológico é um possível indicativo que os animais menos eficientes são mais estressados. O aumento nos NEU, redução dos LIN e maior LEU observados neste trabalho nos animais menos eficientes sugerem esse maior estresse.

4 CONCLUSÃO

O presente estudo identificou a ureia como característica correlacionada significativamente com o CAR, porém a magnitude dessa correlação não é suficiente para utilizar essa característica como marcador fenotípico para o CAR. Essa correlação pode indicar diferenças na composição corporal, na taxa de degradação e síntese proteica e no aproveitamento da dieta. A AST e apresentaram a magnitude da correlação semelhante a URE, sendo necessário mais investigações a fim de compreender melhor as diferenças metabólicas dos animais com diferentes CAR.

O perfil celular sanguíneo de touros da raça Nelore parece não se alterar com diferentes valores de eficiência alimentar medidos pela conversão alimentar e pelo consumo alimentar residual.

O CAR parece não influenciar negativamente no metabolismo dos bovinos de corte, isso sugere que uma seleção para CAR não apresentaria efeitos inesperados nas progênies.

5 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R.; LANNA, D.P.D; LEME, P.R. Consumo alimentar residual: um novo parâmetro para avaliar a eficiência alimentar de bovinos de corte. In: Reunião Anual Da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. p.4.

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

ARCHER, J.A. *et al.* 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.

ARTHUR, P.F.; ARCHER, J.A.; JOHNSTON, D.J. 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, 2001a.

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

CAMERON, N.D. Correlated physiological responses to selection for carcass lean content in sheep. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.30, p.53-68, 1992.

CHANNON, A.F.; ROWE, J.B.; HERD, R.M. Genetic variation in starch digestion in feedlot cattle and its association with residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v.44, p.469-474, 2004.

CLARKE, J.N. Repeatibilities of blood plasma metabolites and their associations with leanness in genotypes showing a wide divergence in carcass composition. **Proceedings...**New Zealand Society of Animal Production, v.56, p.180-183, 1996.

DUNCAN, J.R.; PRASSE, K.W. **Veterinary laboratory medicine**. Ames: Iowa State University Press, 217p., 1977.

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. 93 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2009.

GUNSETT, F.C. Linear index selection to improve traits defined as ratios. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.59, p.1185-1193, 1984.

JENKINS, S.J.; GREEN, S.A.; CLARK, P.A. Clinical chemistry reference values of normal domestic animals in various age groups – AS Determinated on the ABA – 100. **Cornell Vet.**, v.72, p.403-415, 1982.

LANNA, D.P.D.; ALMEIDA, R. 2004. Exigências nutricionais e melhoramento genético para eficiência alimentar: experiências e lições para um projeto nacional. In: Reunião Anual Da Sociedade Brasileira De Zootecnia, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004. p.248-259.

KOCH, R. *et al.* Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.22, p.486-494, 1963.

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

MORTIMORE. G.E.; POSO, A.R. Intracellular protein catabolism and its control during nutrient deprivation and supply. *Annual Review of Nutrition*, v.7, p.539-544, 1987.

NKRUMAH, J.D. *et al.* 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.

RICHARDSON. E.C. *et al.* Possible physiological indicators for net feed intake conversion efficiency. **Proceedings...**, Australian Society of Animal Production, v.21, p.103-106, 1996.

RICHARDSON, E.C. *et al.* Body composition and implications for heat production of Angus steers progeny of parents selected for and against residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v.41, p.1065-1072, 2001.

RICHARDSON, E.C. *et al.* Blood cell profiles of steer progeny from parents selected for and against residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v.42, p.901-908, 2002.

RICHARDSON, E.C. *et al.* Metabolic differences in Angus steers divergently selected for residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v.44, p.443-454, 2004.

RUSSELL, J.B. *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. I. Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.70, p.3551-3561, 1992.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **SAS/STAT User's Guide Release.7.0 Edition**. Cary: SAS Institute, 1998.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; PIERRE, N.R.St. A theoretical-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.57, p.717-726, 1983.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

As diferentes relações encontradas com as duas características de eficiência alimentar estudados nesse trabalho (CAR e CA) demonstraram que os mesmos estão associados de diferentes formas com as demais características de produção. Enquanto o CAR é independente do peso vivo, ganho de peso médio e altamente relacionado com o consumo de matéria seca, a CA é altamente relacionada com o ganho de peso médio e com o peso vivo e pouco dependente do consumo de matéria seca. Essa relação da CA com o tamanho corporal e ganho de peso também foi vista nos ganhos das características de carcaça, na qual os animais com melhor conversão alimentar aumentaram mais a área de olho de lombo e depositaram maior quantidade de gordura subcutânea no músculo *Longissimus* em comparação com os animais de pior conversão alimentar.

O consumo alimentar residual parece estar associado à deposição de gordura subcutânea de touros da raça Nelore com idade próxima aos dois anos e com faixas de peso variando de 400 a 500 kg. Os animais com valores mais desejáveis para CAR (negativos) tiveram menor deposição de gordura subcutânea no músculo *Biceps femoris*, possivelmente, se estes mesmos animais tivessem em um estágio de maturidade fisiológica mais avançada, também teriam menor deposição de gordura no músculo *Longissimus*. Essa relação deve ser vista com maior cautela, pois essa menor deposição não é desejável. Quando o CAR foi ajustado para EGPf essa correlação não existiu, também não houve outras características de carcaça correlacionadas com o CAR ajustado para EGPf. Portanto, esse ajuste amenizou os efeitos negativos que poderiam ser proporcionados pela escolha do CAR tradicional.

Quando os animais foram classificados em diferentes grupos de eficiência sem ajuste para EGPf, foi possível observar essas diferenças entre os grupos, tanto nas características de carcaça, quanto nas características de consumo de MS. Com o ajuste para EGPf não foram observadas diferenças entre os grupos de eficiência para as características de carcaça.

De acordo com os resultados encontrados, somente a ureia plasmática está relacionada significativamente com o CAR_1 , isso provavelmente devido à maior energia despendida na manutenção dos animais, principalmente por maior taxa de anabolismo e catabolismo proteico corporal que também pode ser observado pela evidência da correlação do CAR_2 com a PPT. Nenhuma outra característica

metabólica foi associada significativamente ao CAR ou a CA, indicando que, para as características mensuradas no perfil metabólico, não há diferença entre os animais mais e menos eficientes. O perfil hematológico também não foi significativamente correlacionado com a eficiência alimentar.

As implicações dessas associações podem ser decisivas com relação a qual critério utilizar no melhoramento genético. São necessários novos estudos metabólicos e das características de carcaça avaliando progênies de animais de origem zebuína selecionados para eficiência alimentar.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)