UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

TIAGO ROBERTO STELLA

Desempenho, característica de carcaça e parâmetros fecais indicativos
da digestão do amido e suas relações com a eficiência alimentar de
bovinos Nelore

Pirassununga

2010

TIAGO ROBERTO STELLA

Desempenho, característica de carcaça e parâmetros fecais indicativos
da digestão do amido e suas relações com a eficiência alimentar de
bovinos Nelore

Dissertação apresentada à Faculdade
de Zootecnia e Engenharia de
Alimentos da Universidade de São
Paulo, como parte dos requisitos para
a obtenção do Título de Mestre em
Zootecnia.

Área de Concentração: Qualidade e
Produtividade Animal

Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto
Leme

Pirassununga

2010

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Serviço de Biblioteca e Informação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da
Universidade de São Paulo

Stella, Tiago Roberto

S824d Desempenho, característica de carcaça e parâmetros fecais indicativos da
digestão do amido e suas relações com a eficiência alimentar de bovinos
Nelore / Tiago Roberto Stella. -- Pirassununga, 2010.
63 f.
Dissertação (Mestrado) -- Faculdade de Zootecnia e
Engenharia de Alimentos - Universidade de São Paulo.
Departamento de Zootecnia.
Área de Concentração: Qualidade e Produtividade
Animal.
Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Leme.

1. Consumo alimentar residual 2. Confinamento 3. Gado
de corte 4. Matéria seca fecal 5. pH fecal 6. Proteína
fecal. I. Título.

DEDICATÓRIA

A Deus,

por me acompanhar, guiar e iluminar sempre o meu caminho;

Aos meus pais Luiz e Vera,

*pelo exemplo de bondade e honestidade, pelos ensinamentos, dedicação e
pelo eterno amor e incentivo;*

Ao meu irmão Ivan e minha cunhada Kátia,

pelo carinho, apoio, compreensão e incentivo;

A minha namorada Mariana,

*pelo amor, companheirismo, dedicação, incentivo e por todos os momentos
vividos;*

Aos meus sogros Marco e Cláudia, seus familiares,

pelo carinho e apoio;

Com muito amor e gratidão,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Em especial, ao professor Paulo Roberto Leme, por ter oferecido a oportunidade da realização do mestrado e também pelos ensinamentos transmitidos, pela confiança depositada, pela ajuda, apoio e amizade durante estes anos.

Aos professores José Bento Sterman Ferraz e Saulo da Luz e Silva, pela ajuda e oportunidade proporcionadas.

Ao Rodrigo Gomes, ao Pedro Zillig, ao Paulo Fantinatto, ao Amoracyr Nuñez, ao José Luiz Fonseca Souza, ao Miguel Santana e à Mariana Caetano pela amizade sincera, pelo companheirismo e pelo apoio em momentos importantes.

Aos professores Antônio Evaldo Lencioni Titto e José Carlos Machado Nogueira Filho, pela amizade, ensinamentos e apoio.

À Fazenda Mundo Novo, em especial ao Dr. Eduardo Penteado Cardoso, pelo fornecimento dos animais e colaboração.

Aos funcionários e professores da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - FZEA/USP e da Prefeitura do Campus de Pirassununga - PCAPS, que se dedicaram ao trabalho.

RESUMO

STELLA, T.R. **Desempenho, característica de carcaça e parâmetros fecais indicativos da digestão do amido e suas relações com a eficiência alimentar de bovinos Nelore.** 2010. 63f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2010.

O consumo alimentar residual (CAR) é uma medida de eficiência alimentar independente da taxa de crescimento e do peso adulto. Pouco se sabe sobre associações entre o CAR e as características de produtividade dos animais selecionados para este parâmetro, bem como os mecanismos relacionados ao aumento na eficiência alimentar dos animais selecionados para o CAR. O objetivo deste estudo foi avaliar as associações entre CAR, desempenho, crescimento dos componentes da carcaça e digestão do amido em bovinos Nelore, em confinamento, e avaliar a utilização dos parâmetros fecais, (porcentagem de amido, proteína, matéria seca e pH), como indicadores da digestão do amido. Noventa e seis touros da raça Nelore selecionados como elite ou superior na prova de ganho de peso a pasto e classificados quanto ao seu temperamento, medido pela distância mínima de aproximação, foram confinados e alimentado *ad libitum* (68% NDT, 13,5% PB, 28,1% amido) durante 68 dias com peso vivo médio inicial de 408 ± 33 e idade de 645 ± 52 dias. A ingestão de matéria seca (IMS) e o ganho médio diário (GMD) foram medidos individualmente. As pesagens e as mensurações da espessura de gordura subcutânea (EGS), espessura de gordura na picanha (EGP) e a área de olho de lombo (AOL) foram realizadas a cada 21 dias. Os animais foram classificados como sendo de alto CAR ($DP > 0,5$), baixo CAR ($DP < 0,5$) e intermediário. O amido das amostras da ração e da sobra coletadas durante sete dias consecutivos, no final do experimento, foi determinado por análise laboratorial e a quantificação do amido fecal foi feita através do NIRS e a digestão do amido estimada. Durante o confinamento, novilhos com baixo CAR tiveram menores IMS e conversão alimentar que novilhos com alto CAR, mas nenhuma diferença foi observada no GMD, no PV final, AOL, EGP, EGS, temperamento e ganho de peso durante a prova de ganho de peso. Animais mais eficientes também não diferiram dos demais quanto à digestão do amido, no entanto, animais mais eficientes tiveram menores quantidades de

proteína fecal. O CAR foi positivamente correlacionado com a IMS, consumo de amido, proteína fecal e eficiência alimentar e negativamente correlacionado com a conversão alimentar, no entanto não houve correlação entre o CAR e o GMD na prova de ganho de peso a pasto e temperamento. A digestão do amido foi positivamente associada com a PB fecal e negativamente correlacionada com a MS e o amido fecal. Não houve associação entre o CAR, o GMD a pasto e o temperamento, talvez porque são filhos de vacas selecionadas para essas características e também foram os que tiveram os melhores desempenhos na prova a pasto.

Palavras-chave: confinamento, consumo alimentar residual, gado de corte, matéria seca fecal, pH fecal, proteína fecal.

ABSTRACT

STELLA, T.R. **Growth, feed efficiency, carcass traits and fecal parameters as an indicator of starch digestion and their correlation with feed efficiency in Nelore cattle.** 2010. 63f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2010.

Residual feed intake (RFI) is a trait of efficiency independent of growth rate and mature weight. Little is known about the association between RFI and productivity and the mechanisms associated to improve efficiency in RFI. This work aimed to study the association between RFI, performance, growth of carcass traits and starch digestion in Nelore bulls and to investigate the utilization of fecal parameters like crude protein, dry matter and pH, as indicators of starch digestion. Ninety six Nelore bulls, with 645 ± 52 days, 408 ± 33 kg initial body weight, previously selected as elite or superior in performance test on pasture and classified according to their temperament, were fed a finishing ration (68% TDN, 13,5%CP and 28,1% starch) on an *ad libitum* basis, for 68 days. Daily dry matter intake (DMI) and body weight gain (BWG) were measured individually. All animals were weighed and had ultrasonic measurements of *Longissimus* muscle area (REA) and backfat thickness (BF) on the 12th and 13th ribs obtained every 21 days. RFI was calculated as the difference between actual DMI and predicted DMI for a common mid-test $BW^{0.75}$ and daily BWG and the animals were classified as high ($SD > 0,5$), low ($SD < 0,5$) and intermediary RFI. The starch of the diet andorts was determinate by laboratory analyses and the fecal starch was determinate with NIRS, and the starch digestion estimated. Low RFI bulls had low DMI and feed:gain than high RFI bulls, but no difference were observe in daily BWG, final BW, REA, BF, temperament and daily gain in the pasture performance test. More efficient bulls had no difference in starch digestion, however low RFI bulls had lower crude protein in the feces. RFI was positively correlated with DMI, starch intake and feed efficiency, but RFI was not correlated with daily BWG in the pasture performance test and temperament. Starch digestion was positively associated with Fecal CP and negatively associated with DM and starch. There was no association between RFI and daily BWG on pasture and temperament, perhaps because these animals belonged to a herd that was selected for these characteristics and also were the animals that had the best performance on pasture test.

Key-words: beef cattle, fecal dry mater, fecal ph, fecal protein, feedlot, residual feed intake.

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Estimativa da herdabilidade para o CAR em bovinos.	22
Tabela 2 - Composição da dieta em base seca	33
Tabela 3 - Datas das pesagens dos confinamentos dos anos de 2007 e 2008.	34
Tabela 4 - Médias gerais, valores mínimos e máximos e erro padrão das observações feitas nos animais experimentais.	39
Tabela 5 - Correlações fenotípicas das observações de desempenho, eficiência, valores iniciais e finais do peso e dos componentes da carcaça e os respectivos ganhos, dos animais experimentais.	41
Tabela 6 - Médias, erros padrão das médias e probabilidade do efeito das classes de CAR para as características de desempenho	45
Tabela 7 - Médias, erros padrão das médias e probabilidade do efeito das classes de CAR para as características de carcaça	47
Tabela 8 - Médias, erros padrão das médias e níveis de probabilidade do efeito das classes de CAR para as variáveis consumo de amido, amido fecal, digestão total do amido, proteína fecal, MS fecal e pH fecal.	49
Tabela 9 - Correlações dos parâmetros fecais, consumo de amido e a DTA com o CAR, EA, CA, GMD e IMS.	51
Tabela 10 - Correlações entre os parâmetros fecais, consumo de amido e DTA.	52

LISTA DE FIGURA

Figura 1 – Exemplo de regressão do peso vivo no tempo, em que o ganho de peso diário é representado pelo coeficiente linear da equação.	34
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS

AOL	-	área de olho de lombo
AOLf	-	área de olho de lombo final
AOLi	-	área de olho de lombo inicial
CA	-	conversão alimentar
CAR	-	consumo alimentar residual
CMSest	-	consumo de matéria seca estimado
CMSobs	-	consumo de matéria seca observado
DP	-	desvio padrão
DTA	-	digestão total do amido
EA	-	eficiência alimentar
EGP	-	espessura de gordura na picanha
EGPf	-	espessura de gordura na picanha final
EGPi	-	espessura de gordura na picanha inicial
EGS	-	espessura de gordura subcutânea
EGSf	-	espessura de gordura subcutânea final
EGSi	-	espessura de gordura subcutânea inicial
EPM	-	erro padrão da média
GAOL	-	ganho da área de olho de lombo
GEGP	-	ganho da espessura de gordura na picanha
GECS	-	ganho da espessura de gordura subcutânea
GMD	-	ganho médio diário
GPGP	-	ganho da prova de ganho de peso
IMS	-	ingestão de matéria seca
IPGP	-	índice da prova de ganho de peso
MS	-	matéria seca
PGP	-	prova de ganho de peso
PVF	-	peso vivo final
PVI	-	peso vivo inicial
PVM	-	peso vivo médio
PVM ^{0,75}	-	peso vivo médio metabólico
TEMP	-	Temperamento
TGI	-	trato gastrointestinal

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1 HISTÓRICO DA LINHAGEM LEMGRUBER NO BRASIL.....	17
2.2 EFICIÊNCIA ALIMENTAR DE BOVINOS DE CORTE	18
2.3 CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL COMO MEDIDA DE EFICIÊNCIA DE BOVINOS DE CORTE	20
2.4 RELAÇÃO ENTRE O CAR, CARACTERÍSTICA DE CARCAÇA E COMPOSIÇÃO CORPORAL BOVINA.....	23
2.5 BASES BIOLÓGICAS PARA A VARIAÇÃO DO CAR EM BOVINOS.....	24
2.6 PARÂMETROS FECAIS COMO INDICADORES DA DIGESTÃO DE AMIDO	27
3 MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1 LOCALIZAÇÃO, ANIMAIS, DIETA, MANEJO E COLETAS.....	31
3.2 VARIÁVEIS ANALISADAS E CÁLCULOS.....	33
3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1 DESEMPENHO	38
4.2 EFEITO DAS CLASSES DO CAR NAS CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO.....	44
4.3 EFEITO DAS CLASSES DE CAR NAS CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA	46
4.4 PARÂMETROS FECAIS E DIGESTÃO DO AMIDO.....	48
5 CONCLUSÕES	55
6 REFERÊNCIAS.....	55

INTRODUÇÃO

A base do sistema de produção de bovinos de corte no Brasil começa pela exploração das pastagens. Do nascimento à terminação, a dieta predominante é a forragem, sendo esta responsável por grande parte do ganho de peso obtido até o abate. A terminação de bovinos no Brasil é quase que exclusivamente a pasto, sendo que cerca de 95% dos animais destinados ao abate, anualmente, são terminados desta forma, viabilizando o preço da carne brasileira tanto no mercado interno quanto no mercado externo.

No entanto, a disponibilidade de matéria seca do pasto em clima tropical varia muito durante o ano e cerca de 70% da produção das pastagens se concentra no verão ou época das chuvas e o restante na seca.

A estacionalidade da produção das plantas forrageiras reflete diretamente na produtividade e na qualidade da carne produzida, tornando-se um dos maiores problemas da indústria da carne bovina no Brasil, que são a falta de uniformidade da idade de abate dos animais, da cobertura de gordura e da marmorização da carne, fatores estes que exercem grande influência na qualidade (SAINZ; ARAÚJO, 2002).

Para atender os mercados internos e externos, existe a necessidade de produzir animais que tenham uma boa qualidade de carcaça, apresentando entre outras características, maior rendimento de cortes comerciais e uma boa cobertura de gordura (YOKOO, 2005).

O uso dos confinamentos para complementar o sistema de produção a pasto tem se mostrado uma alternativa para melhorar a qualidade da carne, uniformizar a idade de abate dos animais, a cobertura de gordura e a marmorização da carne.

Porém, o confinamento é uma prática que requer altos investimentos, principalmente, quando relacionado à alimentação, que corresponde de 60 a 70% dos custos de criação dos animais, sendo que cerca de 70 a 75% da energia provida pela ração é utilizada somente para manutenção (FERRELL; JENKINS, 1984; NRC, 1996; MONTALDO-BERMUDEZ; NIELSEN; DEUTSCHER, 1990).

O custo de fornecer alimento para animais em pastejo é ainda mais difícil de quantificar, pois inclui o custo de capital da terra, os custos da melhoria da

pastagem, fertilizantes, irrigação, alimentação complementar e custos operacionais e de capital de instalações, máquinas e trabalho utilizados na alimentação.

No entanto, praticamente, todos os programas de melhoramento genético de bovinos de corte enfatizam a seleção para aumento da produtividade, tais como pesos a diferentes idades, ganho de peso diário, circunferência escrotal, características de carcaça e até mesmo o desempenho reprodutivo (LANNA; ALMEIDA, 2004), sem se atentar para a diminuição dos custos com a alimentação.

A seleção de animais com menor consumo é uma opção para melhorar a eficiência do sistema de produção e diminuir os gastos com alimentação, sem correr o risco de aumentar o tamanho a maturidade e o peso.

Estratégias de seleção visando diminuir os gastos metabólicos do gado de corte são necessárias, mas sem que afetem o desempenho e a qualidade da carcaça produzida. Uma alternativa é o consumo alimentar residual (CAR). Vários estudos foram realizados, recentemente, para avaliar esta medida de eficiência. Seu uso em programas de seleção é justificável, principalmente, por não apresentar a limitação de ser correlacionada com a taxa de ganho e o peso vivo e, assim, não incorrer nos problemas acima descritos.

Archer et al. (1999) sugeriram que o parâmetro de eficiência CAR é resultado das variações dos processos metabólicos que influenciam componentes importantes de eficiência como o requerimento energético de manutenção, digestão dos alimentos, composição corporal, produção de calor, transporte iônico e reciclagem protéica, porém, são pouco conhecidas as associações genéticas entre CAR, características de carcaça e maciez da carne.

Se existem antagonismos entre um CAR melhorado e os atributos do produto final (qualidade da carcaça e da carne), eles devem ser identificados, uma vez que poderiam reduzir o benefício econômico alcançado pela seleção para diminuição dos custos com a alimentação (McDONAGH et al., 2001).

No entanto, pouco se sabe sobre a influência dos processos metabólicos no CAR para os bovinos da raça Nelore. Com o conhecimento desses processos será possível evitar eventuais prejuízos decorrentes da seleção baseada no CAR, bem

como poderão servir de ferramentas para auxiliar na identificação de animais mais eficientes.

Dessa forma, mais estudos são necessários para que os mecanismos relacionados com a melhora da eficiência alimentar em bovinos e as conseqüências da adoção deste parâmetro na produtividade e na qualidade do produto final sejam esclarecidos. Por esses motivos, a realização deste trabalho se justifica por incrementar os estudos brasileiros já realizados sobre o CAR e estudar as relações deste parâmetro com os índices de produtividade e com a digestão do amido em bovinos zebu.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Histórico da linhagem Lemgruber no Brasil

É reconhecido que o rebanho de gado de corte do Brasil é constituído basicamente por animais zebuínos, sendo os maiores representantes do grupo a raça Nelore e seus cruzamentos.

A raça Nelore foi introduzida no Brasil, em 1874, pelo Barão do Paraná, através da compra de um casal do gado Ongole, em um zoológico de Londres. Em 1878, Manoel Ubelhart Lemgruber também comprou um lote de Ongole, no jardim zoológico de Hamburgo. Estes animais tiveram um desempenho satisfatório, estimulando assim, duas novas importações de animais no ano de 1880 e 1883. Com estas três importações, tem-se a formação da linhagem Lemgruber (SANTIAGO, 1985).

Tal rebanho foi mantido fechado dando origem à linhagem Lemgruber (originária do Ongole), sem a influência das outras linhagens que se propagaram por todas as regiões do Brasil.

Desde essa época até os dias de hoje, essa linhagem está em mãos de herdeiros ou criadores que reconheceram suas particularidades. Em maio de 1942, Geraldo Soares de Paula adquiriu da família Lemgruber 30 fêmeas e os touros Retaco e Carinho, levando-os para a Fazenda Papagaio, em Curvelo (MG).

Posteriormente, em 1962, fez numerosas aquisições da própria família Lemgruber. A maior parte do rebanho selecionado em sua propriedade era descendente de Castor e Mistério Velho, este, pai de Cacique, que originou o touro Mistério, vendido para a Fazenda Mundo Novo (SP), que formava seu rebanho da linhagem Lemgruber no município de Brotas, interior do Estado de São Paulo (SANTIAGO, 1985).

A partir de 1974, a Fazenda Mundo Novo, localizada em Brotas – SP, de propriedade do grupo Manah, passou a utilizar apenas touros Lemgruber em sua vacada Nelore, com bons resultados (SANTIAGO, 1985).

Em 2001, todo o gado Nelore Lemgruber existente em Brotas, constituído por mais de 3.700 animais P.O., foi adquirido pelos irmãos Fernando Penteado Cardoso

Filho e Eduardo Penteado Cardoso, e transferido para a Fazenda Mundo Novo, localizada em Uberaba (MG), dando continuidade à seleção iniciada por Manoel Ubelhart Lemgruber em 1.878 e que teve sequência nos trabalhos de Geraldo de Paula e da Manah (A HISTÓRIA..., 1993).

2.2 Eficiência Alimentar de bovinos de corte

A eficiência alimentar depende de vários fatores como o consumo de alimentos, o 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.

Como a alimentação é um dos maiores custos da produção, a melhoria da produção de carne por unidade de alimento utilizado no sistema de produção total teria um maior potencial econômico para a indústria da carne bovina (ARCHER et al., 1999).

Além desses fatores, a eficiência biológica de transformar a energia do alimento em proteína muscular é muito menor no sistema de produção bovina (5%), comparada ao de suíno (14%) e ao de frango (21%). Isso se deve principalmente ao custo energético associado à manutenção (CARSTENS, 2001). Dessa forma, a rentabilidade de todo o sistema de produção de carne bovina depende da eficiência da utilização dos alimentos pelos animais.

Em estudos recentes foi verificada a necessidade de redução dos gastos com alimentação, aumentando a eficiência e a lucratividade do sistema como um todo (LANNA; ALMEIDA, 2004). A seleção de animais com menor gasto de energia para manutenção é uma opção para a diminuição dos gastos com alimentação.

Segundo Bishop (1992), a variabilidade genética nas exigências energéticas de manutenção de bovinos é de moderada a alta ($h^2 = 0,22$ a $0,71$), sugerindo uma oportunidade para a seleção dos animais mais eficientes.

Devido às dificuldades em mensurar diretamente esse parâmetro, uma alternativa seria a mensuração da ingestão de matéria seca e o ganho de peso, que são variáveis aleatórias contínuas e correlacionadas, que seguem a distribuição normal de probabilidade. A combinação não linear entre ambas deu origem aos

índices de conversão alimentar (CA), que é a razão entre quantidade de alimento ingerido e o ganho de peso, e eficiência alimentar (EA), razão entre ganho de peso e quantidade de alimento ingerido (EUCLIDES FILHO; FIGUEIREDO; EUCLIDES, 2002).

Em estudo de Fox, Guuiroy e Tedeschi (2001) foi demonstrado que uma melhora de 10% na eficiência alimentar tem um impacto maior que a mesma melhora de 10% no ganho de peso. Os resultados desta análise apontam que um aumento de 10% no ganho de peso diário é resultado de um aumento de 7% no apetite do animal, gerando acréscimo na rentabilidade de 18%. No entanto, a melhora de 10% na eficiência alimentar resultou no acréscimo de 43% na rentabilidade.

Um impacto adicional da melhora na eficiência alimentar seria a diminuição da produção de esterco, sem apresentar redução no desempenho dos animais confinados. Assim, a identificação de animais com maior eficiência alimentar facilitaria muito a capacidade de produzir carne com recursos alimentares disponíveis de uma forma ambientalmente sustentável (FOX; GUUIROY; TEDESCHI, 2001).

Alguns pesquisadores sugeriram que existe variação genética tanto na eficiência alimentar, quanto na conversão alimentar (KOOTS et al., 1993). Entretanto, a conversão alimentar, índice de produtividade mais usado, é uma medida bruta de eficiência com várias e sérias limitações, principalmente por ser altamente correlacionada com ganho de peso e peso à idade adulta (ARTHUR et al., 2001).

Dessa forma, a conversão alimentar está altamente correlacionada com a taxa de crescimento (MRODE; SMITH; THOMPSON, 1990; BISHOP et al., 1991), sendo difícil determinar qual variação nos seus componentes é o responsável pela eficiência alimentar adicional àquela esperada vinda da idade a maturidade dos progenitores e do nível de produção (ARCHER et al., 1999).

Uma alternativa é o CAR, que é baseada 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).

2.3 Consumo alimentar residual como medida de eficiência em bovinos de corte

Há alguns anos, vários estudos vêm sendo realizados para avaliar o parâmetro CAR, idealizado por Koch, Swiger e Chambers (1963), que propuseram medidas de eficiência determinadas a partir do CMS ajustado para diferenças em GMD ou do GMD ajustado para diferenças em CMS. O cálculo de ambas as medidas incluía ajustes adicionais para peso vivo metabólico (PVM) como forma de retirar diferenças em exigências nutricionais. As medidas ajustadas representariam um valor esperado para aquela característica com base em GMD no primeiro caso, ou no CMS no segundo caso e PVM (ambos os casos) semelhantes. O desvio do valor esperado em relação ao, realmente, observado foi atribuído, então, a diferenças na utilização do alimento.

A parte residual identifica os animais que excedem as exigências estimadas de manutenção e crescimento, através da observação do consumo. Ou seja, animais mais eficientes quanto ao CAR são aqueles que necessitam menos nutrientes para sua manutenção e taxa de crescimento e, conseqüentemente, são animais que comem menos.

Com o uso do CAR, como critério, os animais podem ser selecionados por necessitarem menos alimento para o mesmo nível de produção e, com isso, aumentar a rentabilidade da indústria de carne bovina. Melhorando a eficiência, pode-se obter significativa redução na necessidade de áreas de pastagem para vacas e em diversos índices de impacto ambiental, como emissão de carbono, de metano e produção de esterco (BASARAB et al., 2003).

Arthur et al. (2001), em seus experimentos, verificaram que o CAR é fenotipicamente independente do GMD ($r=-0,06$) e PVMm ($r=0,02$). Herd and Bishop (2000), analisando dados de desempenho de bovinos Hereford, encontraram correlação de $-0,01$ entre o CAR e o GMD. Para Arthur et al. (2001), o CAR também não foi correlacionado com o GMD ($r=0,01$) e o PVMm ($r=0,03$) em animais de 7 a 9

meses da raça Charolês. Nkrumah et al. (2004), com animais cruzados, também não observaram associação do CAR com GMD ($r=-0,03$) e PVMm ($r=-0,02$).

Herd et al. (2004) verificaram que animais com avaliação genética favorável para CAR ($-1,0$ kg/dia em confinamento) produziram progênie 41% mais eficiente na utilização de alimentos a pasto, confirmando que o uso de touros com avaliações genéticas favoráveis quanto ao CAR poderá trazer benefícios econômicos ao sistema de produção de carne bovina a pasto, mesmo que estes tenham sido avaliados em confinamento.

Arthur et al. (2001) compararam bezerros, filhos de pais com alto CAR, com bezerros filhos de pais com baixo CAR e verificaram que os filhos de pais mais eficientes apresentaram CAR mais baixo ($-0,54$ vs. $+0,70$ kg/d), consumiram menos alimento ($9,4$ vs. $10,6$ kg MS) e apresentaram menor conversão alimentar ($6,6$ vs. $7,8$) do que os filhos de pais menos eficientes. Este estudo confirma que o CAR é uma característica que permite a identificação de animais mais eficientes, sem que ocorra seleção concomitante para maior ganho de peso e maior peso a idade adulta.

Em zebuínos tem sido observada variação fenotípica satisfatória para CAR. Almeida, Lanna e Leme (2004) relataram valores mínimos e máximos para CAR em novilhos Nelore de $-1,70$ e $+2,07$ e DP de $1,05$ kg/dia. Em estudo posterior, Almeida (2005) verificou desvio padrão (DP) de $0,41$ e valores mínimos e máximos de $-0,73$ e $+0,95$.

Arthur et al. (2001) verificaram DP para o CAR de $0,74$ em animais da raça Angus; para Arthur, Renand e Krauss (2001) a DP foi de $0,76$ em touros Charolês. Carstens et al. (2002) em novilhos cruzados encontraram valores de DP de $0,82$ e Basarab et al. (2003) $0,66$ em novilhos de raças compostas.

Paulino et al. (2005) compararam 16 machos inteiros, 15 castrados e 16 fêmeas com idade média de 21 meses e pesos de 276, 266, e 257 kg, respectivamente, e constataram que a eficiência alimentar bruta foi diferente entre as condições sexuais, enquanto que, para o CAR essa diferença não foi, estatisticamente, significativa. Essa diferença foi, segundo os autores, 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.

Archer, Herd e Arthur (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 em confinamento, utilizando dietas com elevada proporção de concentrado. Os benefícios ao adotar esta tecnologia são mais expressivos onde se tem alto custo com alimentação.

O CAR apresenta herdabilidade moderada a alta (Tabela 1), podendo ser incluída em programas de melhoramento genético para bovinos de corte (ARTHUR et al., 2001), pois apresenta suficiente variabilidade genética aditiva tornando o uso do CAR justificável nesses programas (ALMEIDA, 2005). Não há, entretanto, na literatura nacional, estimativa de herdabilidade para o CAR publicada para zebuínos, mas, visto a grande variabilidade fenotípica constatada acredita-se que a magnitude desta estimativa pode ser semelhante à de bovinos europeus (ALMEIDA, 2005).

Tabela 1 - Estimativa da herdabilidade para o CAR em bovinos.

Número de animais	Herdabilidade	Autor
1324	0,28±0,11	Koch et al. (1963)
534	0,14±0,12	Fan et al. (1995)
966	0,44±0,07	Arthur et al. (1997)
1116	0,46±0,07	Archer et al. (1998)
1629	0,21 a 0,39	Renand et al. (1998)
540	0,16±0,08	Herd e Bishop (2000)
282	0,29	Liu et al. (2000)
792	0,32±0,04	Arthur et al. (2001a)
1180	0,39±0,03	Arthur et al. (2001b)

Fonte: Lanna e Almeida (2004) e Pitchford (2004).

De acordo com alguns pesquisadores, a seleção de animais melhoradores para o CAR pode ser realizada através de programas de melhoramento genético assistido por marcadores moleculares. Nkrumah et al. (2005, 2007) encontraram QTL's (quantitative trait loci) para CAR através de uma varredura primária do genoma bovino. Segundo Moore, Crews e Nkrumah (2006), alguns cromossomos bovinos (BTA 2, 5, 10, 20 e 29) têm sido objeto de mapeamento fino com intervalos

de confiança ainda menores. Alguns polimorfismos SNP (single nucleotide polymorphism) nestes cromossomos apresentaram associação com CAR (SHERMAN et al., 2008a,b) e QTL's para CAR também têm sido encontrados em outros cromossomos (SHERMAN et al., 2008c). Assim, o alto custo relacionado à medição do consumo e da eficiência alimentar poderia ser reduzido pelo auxílio de marcadores moleculares, viabilizando a inclusão do CAR em programas de melhoramento genético.

2.4 Relação entre o CAR característica de carcaça e composição corporal bovina

Para um eficiente programa de seleção é necessário o conhecimento das correlações genéticas e fenotípicas entre o parâmetro a ser selecionado e os índices de produtividade. Além de estas ferramentas serem necessárias para a predição de respostas diretas, é possível obter respostas indiretas que não foram priorizadas na seleção.

Os efeitos da seleção para o CAR nos componentes de carcaça indicam que o CAR tem correlação com a taxa de deposição de gordura, ou seja, animais mais eficientes para o CAR tendem a apresentar carcaça com menor deposição de gordura (NKRUMAH et al., 2004, 2007).

Cartens et al. (2002), observaram que o CAR em novilhos de raças taurinas foi correlacionado fenotipicamente com EGS ($r=0,22$) e EGP ($r=0,18$), mas não com AOL ($r=0,03$) e gordura intramuscular ($r=0,10$).

Basarab et al. (2003), estudando as correlações fenotípicas entre o CAR e os componentes da carcaça de bovinos de raças compostas, observaram correlações fenotípicas significativas de $r=0,22$, $0,22$ e $0,26$ entre CAR e ganhos em gordura subcutânea, em escore de marmorização e em gordura no corpo vazio. Segundo esses autores, o CAR também foi correlacionado com energia retida, ($r=0,28$) e produção de calor ($r=0,56$).

Lancaster et al. (2008, 2009) afirmaram que o consumo alimentar residual é correlacionado com o ganho dos componentes da carcaça e, segundo Arthur et al.

(1997) e Richardson et al. (2001), a seleção para o CAR altera a composição corporal.

Almeida (2005) não verificou diferenças significativas na percentagem de gordura na carcaça, percentagem de gordura no corte entre a 9-10-11^a costelas e espessura de gordura subcutânea entre os animais selecionados para ganho em peso e não selecionados. No entanto, Archer et al. (1999), Basarab et al. (2003) e Herd, Archer e Arthur (2003) afirmam que 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

Leme e Gomes (2007), estudando animais da raça Nelore, relataram uma diminuição na deposição de espessura de gordura subcutânea e um aumento na área de olho de lombo em animais mais eficientes para o CAR.

Gomes (2009) não encontrou diferenças entre animais mais e menos eficientes quanto ao peso e rendimento de carcaça, gordura renal, pélvica e inguinal, vísceras, área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea, marmorização, aparas e porção comestível. No entanto, novilhos com baixo CAR apresentaram menos gordura sobre o trato gastrointestinal (TGI) que novilhos com alto CAR. Não foram observadas diferenças quanto ao índice de fragmentação miofibrilar, força de cisalhamento e atividade do sistema calpaína para as classes de CAR.

2.5 Bases biológicas para a variação do CAR em bovinos

Segundo Herd e Arthur (2009), o CAR está correlacionado com produção de calor, de metano e com a digestibilidade dos alimentos, indicando que os animais mais eficientes, fenotipicamente, para o CAR têm menor requerimento de energia de manutenção, menor produção de metano e uma melhora na digestibilidade.

Entender os processos fisiológicos responsáveis pela variação na eficiência alimentar é importante por três motivos (ARCHER et al., 1999). Irá ajudar na predição das possíveis respostas correlacionadas com a seleção do CAR, fornecendo uma indicação útil de onde os esforços de investigação devem ser concentrados; possibilitará identificar indicadores que são mais fáceis e mais baratos de serem mensurados que o consumo e a eficiência alimentar, podendo ser usados

como marcadores para auxiliar a seleção (MÜLLER; LUETHOLD; REINECKE, 1995) e por último, tornará possível sugerir alternativas, não genéticas, que podem ser usadas para manipular o metabolismo bovino e, conseqüentemente, melhorar a eficiência alimentar (ARCHER et al., 1999).

Segundo Herd, Oddy e Richardson (2004) existem, basicamente, cinco fatores que podem interferir nos gastos energéticos dos animais e estes estão associados com a variação em quantidade de alimento ingerido pelos animais; digestão dos alimentos (e os custos de energia associados), metabolismo (anabolismo e catabolismo, incluindo variação na composição corporal), atividade, e termorregulação.

A diferença de energia retida em proteína e gordura é responsável por apenas 5% da diferença do CAR, após a seleção. Diferenças na digestão contribuíram com 10% e padrões de alimentação 2%. O incremento calórico da alimentação contribuiu com 9% e a atividade contribuiu com 10%. Medidas indiretas indicam que o volume de renovação de proteínas, o metabolismo dos tecidos e o estresse contribuíram para pelo menos 37% da variação do CAR (HERD; ARTHUR, 2009).

Mader et al., (2008) estudando as relações entre a variação de produção das enzimas digestivas do pâncreas e a eficiência alimentar em animais cruzados, relataram que não houve correlação do CAR com a α -amilase e tripsina. No mesmo estudo, não houve correlação entre o peso total das vísceras e o peso do TGI, quando relacionado com o CAR.

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. No entanto, não houve efeito do CAR para os perfis de células brancas, vermelhas e o nível de glicose plasmática dos animais.

Hegarty et al. (2007) estudaram a relação entre CAR e a taxa de liberação de metano em 76 animais da raça Angus selecionados para diferentes níveis de eficiência e concluíram que os animais mais eficientes para o CAR liberaram em média 1kg/dia menos metano que os demais.

Em outro trabalho, Okine et al. (2003) verificaram 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 de 2,4 e 2,65 kg/dia, respectivamente.

Para Nkrumah et al. (2006) o CAR também foi correlacionado com a produção de metano e com as perdas de energia calculadas através das perdas deste gás. Neste estudo, a produção de metano foi 28 e 24% menores para os animais com baixo CAR, quando comparado com animais de CAR intermediário e alto. O CAR também foi correlacionado com a digestibilidade aparente da MS ($r=-0,30$) e da PB ($r=-0,34$) e com a produção de calor ($r=0,68$). No mesmo trabalho, foi verificado que novilhos com baixo CAR, quando comparados aos de alto CAR, apresentaram menor número de visitas ao cocho de alimentação, menor duração de cada visita e maior digestibilidade aparente da matéria seca e da proteína da dieta.

Nkrumah et al. (2007b) estudaram a variação genética do comportamento medidas como tempo total em que os animais passaram se alimentando durante o dia, tempo em que passaram de cabeça baixa no cocho, frequência em que os animais se alimentaram e temperamento, calculado de acordo com o tempo que os animais levaram pra percorrer 2,24 metros logo após serem soltos do tronco de contenção. Também foram avaliadas as correlações fenotípicas entre as características comportamentais e as medidas de eficiência e desempenho de bovinos cruzados. Para estes pesquisadores, o tempo de alimentação foi fenotípica e geneticamente correlacionado com a ingestão de matéria seca (IMS) e com o CAR, já a frequência de alimentação foi, geneticamente, correlacionada com IMS, CA e CAR. O tempo de fuga não foi, fenotipicamente, relacionado com o CAR, mas apresentou correlação genética de $-0,59 \pm 0,45$ com este.

Para Carstens et al. (2005), a velocidade de fuga medida no dia 0 de confinamento foi, fenotipicamente, correlacionado com GMD $-0,26$ e IMS $-0,32$, mas não foi correlacionado com a CA e o CAR.

A importância da avaliação da reatividade em relação às características produtivas vem sendo demonstrada por vários estudos, sendo comprovado que a

reatividade exagerada afeta de maneira negativa, praticamente, todas as características de importância econômica para o sistema de produção.

Trettel et al. (2008) afirmam que indivíduos mais eficiente para o CAR gastaram menos tempo se alimentando e mais tempo sem atividade que o outro grupo de eficiência, de forma que, diferenças no comportamento de bovinos Nelore com alto e baixo CAR também foram identificadas como fator de variação no CAR.

Segundo Channon, Rowe e Herd (2004), diferenças genéticas quanto à digestão do amido dietético estão associadas à variação genética para CAR em bovinos. Esses autores observaram que medidas indiretas da digestão do amido (pH fecal e matéria seca fecal) foram correlacionadas com as DEP's para CAR de touros, indicando que animais menos eficientes apresentaram menor aproveitamento daquele carboidrato.

2.6 Parâmetros fecais como indicadores da digestão de amido

Em estudos recentes, foi constatado que animal Nelore difere dos animais europeus quanto à digestão de nutrientes, principalmente o amido que, em geral, fornece a maior proporção de energia digestível consumida por um bovino em confinamento (CAETANO, 2008), e cujas principais fontes de amido são: milho, sorgo, aveia, trigo e cevada.

Archer et al. (1999), verificaram que animais do mesmo tipo, comendo a mesma dieta, podem variar na eficiência de utilização dos nutrientes, sendo este um dos fatores de variação do CAR. Channon, Rowe e Herd (2004) mostraram que existem diferenças genéticas entre os animais na capacidade de digerir amido e que essa diferença pode contribuir para a diferença entre os animais na eficiência de utilização dos alimentos, mensurado como consumo alimentar residual.

Todavia, a taxa e a extensão da digestão do amido são determinadas por intrínsecas inter-relações entre vários fatores, incluindo a fonte de amido da dieta, a composição da dieta, a quantidade de alimento ingerido por unidade de tempo, as alterações mecânicas e químicas da fonte de amido e o grau da adaptação da microbiota ruminal à dieta (HUNTINGTON, 1997).

Em revisão de 15 experimentos, Waldo (1973) calculou a média da digestibilidade do amido no trato digestivo total de ruminantes, cujo resultado foi de $99 \pm 1.2\%$, indicando que essa pequena variação na digestão do amido é causada pela pequena quantidade de amido presente na dieta dos animais estudados e pela não digestão deste pelo trato digestivo. Wheeler e Noller (1977) observaram que a digestibilidade total do amido decrescia à medida que aumentava o consumo de concentrado acima da exigência de manutenção em vacas leiteiras.

Segundo Owens e Zinn (2005), a digestibilidade do amido pode ser estimada através da quantificação do amido nas fezes. Fatores como pH, matéria seca e nitrogênio fecal também podem ser indicadores da digestibilidade do amido.

Russell, Young e Jorgensen (1981), estudando as variações na digestão do amido em 24 vacas holandesas alimentadas com diferentes níveis de amido, observaram que a porcentagem de amido das fezes aumentou e o pH e a digestibilidade diminuíram, conforme aumentavam os níveis de amido da dieta.

Wheeler e Noller (1977) evidenciaram correlações altas e negativas entre o pH e o amido das fezes. Porém, não houve diferença do pH entre o intestino, o cólon e as fezes, demonstrando que o pH fecal é um bom indicador do pH do intestino delgado e intestino grosso.

Armstrong e Beever (1969) avaliaram a digestão completa do amido em dietas contendo milho e determinaram que 68% da digestão ocorria no rúmen, 26.7% no intestino e 5.3% no ceco e cólon. Dessa forma, se 32% do amido da dieta é digerido no intestino, qualquer diferença neste metabolismo, em diferentes animais, pode aumentar ou diminuir a quantidade de amido nas fezes, influenciando a eficiência alimentar.

Quando os animais se alimentam com dietas ricas em concentrado, quantidades substanciais de amido da dieta não sofrem fermentação ruminal e não são totalmente digeridos no intestino delgado, sendo fermentados no intestino grosso.

O decréscimo no pH fecal com o acréscimo do amido fecal pode ser resultado do aumento da fermentação microbiana, no intestino grosso, do amido que não sofreu digestão no rúmen e no intestino (GALYEAN, 1979).

Os microrganismos responsáveis por esta fermentação não são digeridos e absorvidos nesta região do TGI e são eliminados nas fezes. Sendo assim, com o aumento da fermentação dos carboidratos no intestino grosso, é esperado que ocorra um aumento no número de microrganismos nesta região e, conseqüentemente, um aumento do nitrogênio total nas fezes.

Orskov et al. (1970), estudando o efeito da infusão de níveis crescentes de amido no ceco de carneiros alimentados com forragem seca peletizada, através de cânula ileal, relataram que a quantidade de nitrogênio fecal aumentava à medida que aumentava a quantidade de amido infundida no ceco dos animais, indicando, claramente, que houve aumento na produção de proteína microbiana no ceco.

O aumento da concentração de amido no TGI resulta em uma segunda fermentação, semelhante à fermentação ruminal, com produção de ácidos voláteis e queda do pH intestinal (DEPENBUSCH et al., 2008).

A fermentação do amido no intestino grosso resulta na mesma perda energética associada à fermentação no rúmen. A perda de metano e de calor faz da fermentação um processo menos eficiente, energeticamente, que a digestão enzimática (OWENS; ZINN; KIM, 1986). Somada a esse fator, a proteína microbiana produzida no intestino grosso é eliminada nas fezes, pois não é absorvida, resultando em perda de proteínas que poderiam ser utilizadas pelo animal (CHANNON; ROWE; HERD, 2007).

Orskov et al. (1971), avaliando carneiros alimentados com a mesma dieta com 93% de milho peletizado, observaram que mais de 40% do amido não foi fermentado no rúmen de um animal, e somente 5% do amido não foi fermentado no rúmen do outro.

Essas diferenças observadas nos estudos acima citados quanto à digestão do amido no intestino e no rúmen, indicam que existe diferença entre os animais na capacidade de digestão do amido no rúmen e no intestino e que esses fatores podem contribuir na variação da eficiência alimentar dos animais.

Channon, Rowe e Herd (2007), ao avaliarem os parâmetros fecais de progênes de vacas selecionadas para alto e baixo CAR, relataram que animais mais eficientes tiveram progênes com maiores pH e matéria seca nas fezes que animais

vindos de vacas menos eficientes, indicando que o amido foi melhor aproveitado em animais mais eficientes.

Os parâmetros fecais (pH, MS e PB) são métodos indiretos e baratos para se estimar a perda de amido e são correlacionadas com o consumo alimentar residual, conforme apresentado por Channon, Rowe e Herd (2007), tornando-se uma possível ferramenta de predição para este índice de eficiência. A busca por parâmetros que auxiliem na seleção de indivíduos mais eficientes, de forma mais barata, faz-se necessária, bem como, faz-se necessário o entendimento dos processos metabólicos responsáveis pela eficiência e respostas indiretas relacionadas à seleção de indivíduos superiores para o CAR.

Dessa forma, conforme apresentado, os objetivos do presente trabalho foram avaliar os efeitos da seleção para o CAR nos parâmetros de produtividade, eficiência alimentar, ganho dos componentes da carcaça, consumo de amido e nas perdas de amido fecal e nas correlações entre eles. Outro objetivo do trabalho foi avaliar as perdas de amido fecal e os parâmetros fecais como ferramentas de predição do CAR e a variação destes entre as classes do CAR.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização, animais, dieta, manejo e coletas

Localização/animais. O experimento foi realizado na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos localizada no *Campus* da Universidade de São Paulo, (FZEA/USP) em Pirassununga, situado a 21° 59' de latitude Sul e 47° 26' de longitude Oeste e a uma altitude de 634 metros. O clima é considerado subtropical tipo cwa Köppen (subtropical, com inverno seco e bem definido e verão quente e chuvoso) (OLIVEIRA; PRADO, 1984).

Para a realização deste trabalho foram utilizados 96 touros da raça Nelore, com idade média de 645 (± 52) dias e peso vivo médio de 408 (± 33) kg, nascidos nos anos de 2005 e 2006 e avaliados nos anos de 2007 e 2008, respectivamente. Os animais foram confinados em quatro piquetes de 230 m² cada, dispostos de 12 comedouros cobertos e com portões automáticos para consumo, do tipo Calan Gate, durante 68 dias.

Todos os touros eram da linhagem Nelore Lemgruber, procedentes da Fazenda Mundo Novo, Uberlândia, MG, de rebanho selecionado quanto ao padrão racial, reatividade, repelência a ecto e endoparasitas e índices de produtividade. Nessa propriedade os touros são submetidos à prova de ganho de peso (PGP) a pasto, com idade entre 213 a 303 dias (7 a 10 meses), durante 294 dias, sendo 70 dias de adaptação e 224 dias para o período de prova efetiva realizada pela Associação Brasileira dos Criadores de Zebu (ABCZ). Apenas os animais classificados como elite ou superior foram incluídos no estudo.

Essa classificação dos animais foi definida pela ponderação dos valores do Ganho Médio Diário (GMD), do Peso Calculado aos 550 dias (PC550) e do EPMURAS (estrutura, precocidade, musculosidade, umbigo, característica racial, aprumos e característica sexual), conforme a equação:

$$\text{IPGP} = 40\% \text{ do IGMD} + 40\% \text{ do IPC550} + 20\% \text{ do Índice do EPMURAS}$$

Aos 550 dias de idade foi avaliado o temperamento (TEMP) de cada animal pelo método da distância de fuga, que é definida pela distância mínima de aproximação antes da fuga. Esta avaliação é feita com cada animal, isoladamente, para evitar efeitos de facilitação social (FORDYCE et. al., 1982). Os animais foram classificados de acordo com um escore de 1 a 5, onde 1 é o animal muito agressivo, que investe direto no avaliador e não permite a aproximação, o 2 é agressivo, investe se provocado pelo avaliador e não permite a aproximação, o 3 é pouco agressivo, aparenta medo e mantém certa distância, o 4 é manso, indiferente à presença do avaliador e permite a aproximação e toque rápido e o 5 é muito manso, á vontade com a presença do avaliador e permite o toque intenso.

Dieta/Manejo. Os animais chegaram ao *Campus* da Universidade de São Paulo (FZEA/USP), localizada em Pirassununga, em junho de 2007 e junho de 2008, respectivamente, para a primeira e para segunda prova, e foram desembarcados e mantidos todos juntos em um piquete de confinamento para se adaptarem à instalação e à dieta à base de silagem de milho.

Após esta primeira fase de adaptação, os animais foram separados, aleatoriamente, e alojados nos quatro piquetes com portões automáticos. Os animais tiveram livre acesso aos cochos durante os primeiros dias para que aprendessem a se alimentar nesse tipo de instalação.

A adaptação dos bovinos à dieta fornecida durante o confinamento foi realizada durante sete dias, com inclusão crescente da dieta total. Após este período, os portões Calan Gate foram fechados e os respectivos sensores foram colocados nos animais.

Nos dois anos consecutivos os animais foram alimentados em confinamento, durante 68 dias, com a mesma dieta, cuja composição se encontra na Tabela 2, fornecida duas vezes ao dia, às 8:00 e 16:00 horas.

A ração foi fornecida à vontade e ajustada para manter sobra de aproximadamente 10% de MS do total fornecido. Quando necessário, foram feitos ajustes de 1,0 kg de matéria seca para mais ou para menos, de acordo com o consumo de cada touro, mantendo invariável a relação volumoso/concentrado.

As sobras foram pesadas 24 horas após o fornecimento do alimento e amostras da silagem ofertada e das sobras individuais foram coletadas três vezes por semana para a determinação da matéria seca e o cálculo do consumo diário de matéria seca foi obtido através da diferença entre o fornecido e a sobra.

Tabela 2 - Composição da dieta em base seca

<i>Ingredientes %</i>	<i>% na MS</i>
Silagem de milho	70,0
Milho Grão	13,1
Farelo de Soja (45%PB)	8,84
Polpa Cítrica	6,88
Premix Mineral ¹	0,6
<i>Nutrientes %</i>	
Matéria Seca	41,4
Amido	28,1
Nutrientes digestíveis totais ²	68,0
Proteína Bruta	13,5
Fibra em Detergente Ácido	25,79
Fibra em Detergente Neutro	40,83
Extrato Etéreo	3,14
Ca	0,41
P	0,31
Mg	0,18
K	1,09
Na	0,08
S	0,16
Cl	0,23

¹ Mistura mineral conteve o mínimo de 14,7% Ca, 6% P, 8% Mg, 1,2% S, 900 mg of Cu/kg, 800 mg de Mn/kg, 12 mg de Se/kg, 3,000 mg de Zn/kg e 120 mg de I/kg.

²Os nutrientes digestíveis totais da dieta foram estimados segundo equação proposta por Weiss et al. (1992).

3.2 Variáveis analisadas e cálculos

Pesagem. Os animais foram pesados sem jejum, a cada 21 dias, totalizando quatro pesagens para o ano de 2007 e quatro pesagens para o ano de 2008 conforme (Tabela 3).

Tabela 3 - Datas das pesagens dos confinamentos dos anos de 2007 e 2008.

PESAGENS	1	2	3	4
Conf.1	02/08/2007	23/08/2007	13/09/2007	27/09/2007
Conf.2	01/08/2008	22/08/2008	12/09/2008	08/10/2008

Em função das pesagens dos animais terem sido feitas sem jejum de água e alimento, o ganho de peso diário foi determinado por meio de regressão linear do peso vivo no tempo, para diminuir os efeitos da variação do preenchimento do TGI, com uma equação do tipo $y = ax + b$, conforme Figura 1, onde “a” é o coeficiente linear que representa o ganho de peso diário, segundo metodologia adaptada de Ferreiro e Preston (1976).

Figura 1 – Exemplo de regressão do peso vivo no tempo, em que o ganho de peso diário é representado pelo coeficiente linear da equação.

O peso vivo médio e o peso vivo médio metabólico dos animais, foram calculados conforme a equação $PVM = \{(PVI + PVF) / 2\}$ e $PVM^{0,75}$ respectivamente.

Ultrassonografia. As características de carcaça foram avaliadas a cada 21 dias, juntamente com as pesagens. Foi avaliada a área de olho de lombo (AOL) e a espessura de gordura subcutânea (EGS), ambas mensuradas entre a região da 12ª e 13ª costelas no músculo *Longissimus dorsi*, além da espessura de gordura

subcutânea na picanha (EGP), medida entre os músculos *Gluteos medius* e *Biceps femoris*.

Para medição destas características foram coletadas imagens de ultrassom por meio de um aparelho ALOKA 500V, com sonda linear de 17,2 cm e 3,5 MHz, em conjunto com um sistema de captura de imagens (EView).

O ganho da área de olho de lombo (GAOL), o ganho da espessura de gordura subcutânea (GEGS) e o ganho da espessura de gordura na picanha (GEGP) foram determinados através da subtração dos valores finais de cada medida com os valores iniciais.

CAR. O consumo alimentar residual foi calculado no final de cada período de confinamento. Para a determinação do consumo de matéria seca estimada (CMSest) foi feita a regressão do consumo diário no $PVM^{0,75}$ e GMD e ano de avaliação, conforme a seguinte equação:

$$CMSest = 1160,00 + (0,08 \times PVM^{0,75}) + (0,625 \times GMD) + (-0,578 \times Ano)$$

O CAR de cada animal foi calculado como a diferença entre o consumo observado (CMSobs) e o consumo de matéria seca estimado (CMSest), apresentada abaixo:

$$CAR = (CMSobs - CMSest)$$

Os valores estimados de consumo de matéria seca e as estimativas de CAR foram obtidos através do procedimento REG do software estatístico SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Foram classificados como sendo de alto CAR (menos eficientes) os animais cujo consumo observado foi 0,5 desvio padrão maior que a média; baixo CAR (mais eficientes) aqueles cujo consumo observado foi 0,5 desvio padrão menor que a média e de médio CAR aqueles cujo consumo observado esteve entre o alto e o baixo CAR.

Coletas e Análises Laboratoriais. Amostras de fezes para quantificação de matéria seca, proteína, amido e pH foram coletadas diretamente no reto dos animais no final de cada período experimental, durante o período da manhã. A determinação do pH foi realizada logo após a coleta, diluindo-se 5 g de fezes em 5 ml de água deionizada.

Foram coletadas e pesadas as sobras individuais dos animais confinados no ano de 2008, durante sete dias. Apenas 10% do peso da sobra de cada animal eram armazenados em temperatura de -20 °C, constituindo amostras compostas de cada animal para posterior análise.

As amostras de fezes, sobras e da dieta foram secas em estufas de renovação de ar a uma temperatura de 55°C, até estabilizarem o peso. Depois foram moídas em peneira com orifícios de 1 mm de diâmetro e armazenadas em tubos coletores universais, hermeticamente, fechados e devidamente identificados.

Foram quantificados os teores de matéria seca a 105°C (%) e PB (% MS) seguindo metodologia da AOAC (1990) e, posteriormente, levadas para o Laboratório de Crescimento e Nutrição Animal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo para quantificação do amido.

O amido das amostras da ração e das sobras (% MS) foi determinado segundo metodologia sugerida por Caetano (2008). A quantificação do amido fecal foi feita através da espectroscopia de reflectância do infravermelho próximo (NIRS), segundo equação, cujo coeficiente de determinação (R^2) foi igual a 0,93, estabelecida por Caetano (2008). Essa equação não foi incluída por estar aguardando registro de patente. O espectro das amostras foi obtido utilizando um aparelho NIRSystem 5000 (Foss NIRSystem Inc., Silver Spring, MD, USA), em intervalos de 2 nm e amplitude de 1100 a 2498 nm.

A digestão do amido foi estimada através da equação de Zinn et al. (2005), onde a digestão total de amido (DTA) foi calculada através do nitrogênio da dieta (ND, %), nitrogênio fecal (NF, %), amido da dieta (AD, %) e o amido fecal (AF, %), que correspondem a 97,1% da variação da digestão total do amido (DTA), conforme as equações abaixo:

$$X = 100 * (AD - (((ND - (((0,929 * ND) - 0,00557))))/NF) * AF)/AD$$

$$DTA = 1,029 * X - 2,59 (P < 0,0001)$$

3.3 Análise estatística

O delineamento experimental empregado para analisar o desempenho, a característica de carcaça, o consumo de amido e os parâmetros fecais dos animais, classificados como de alto, médio ou baixo CAR, foi o de blocos inteiramente casualizados.

As médias das variáveis estudadas foram calculadas pela opção LSMEANS. Nestes casos, foi utilizado o procedimento GLM do software SAS (SAS 9.1.3, 2002).

As correlações dos dados de desempenho, eficiência, carcaça, amido fecal e parâmetros fecais foram estudadas através do procedimento CORR do SAS.

Probabilidades menores que 5% foram consideradas significativas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Desempenho

Na Tabela 4 encontram-se os valores médios, mínimos, máximos e erro padrão da média dos pesos vivo inicial e final, peso vivo médio metabólico, ganho de peso diário, ganho de peso total, eficiência alimentar, conversão alimentar, consumo de matéria seca, conversão e eficiência alimentar, medidas iniciais e finais da área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea e espessura de gordura na picanha, os ganhos de área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea, espessura de gordura na picanha, o CAR e o ganho diário de peso e índice da prova de ganho de peso a pasto.

A média obtida para o CAR foi de $0,066 \pm 0,62$, com valores mínimos e máximos de -1,47 e 1,90, respectivamente, reafirmando a existência de variabilidade fenotípica do CAR para *Bos indicus*, conforme observado por Almeida, Lanna e Leme (2004), que relataram valores mínimos e máximos de -1,70 e +2,07 kg/dia para o CAR, com desvio padrão de 1,05. Em outro estudo com bovinos Nelore, Gomes (2009) encontrou valores mínimos e máximos de -2,72 e 1,54 kg/dia para o CAR e desvio padrão de 0,69. Outros autores relataram valores do desvio padrão para o CAR de 0,82 (CARTENS et al., 2002) e 0,74 (ARTHUR et al., 2001). A menor magnitude da variação do CAR neste trabalho está no fato de que os animais vieram de um rebanho cuja linhagem é fechada e, conseqüentemente, mais consangüínea, além do fato de serem animais com melhor desempenho em PGP a pasto, diminuindo a variabilidade fenotípica entre os animais.

O consumo médio diário de matéria seca foi 8,65 kg e valores de mínimo e máximo de 6,83 kg e 10,85 kg. A média diária de consumo de amido foi de 2,76 kg, com valores máximos e mínimos de 2,24 e 3,50 kg, apresentando diferença de 1,36 kg de consumo de amido entre os animais com menor e maior consumo.

Tabela 4 - Médias gerais, valores mínimos e máximos e erro padrão das observações feitas nos animais experimentais.

Variáveis	N	Média	Mínimo	Máximo	DP
Peso inicial, kg	95	407	339	545	33,3
Peso final, kg	95	505	415	705	39,8
PVm ^{0,75} , kg	95	98,7	85,1	125	5,57
GMD, kg/dia	95	1,57	1,00	2,43	0,25
IMS, kg/dia	95	8,65	6,83	10,8	0,85
CAR, kg/dia	95	0,06	-1,47	1,90	0,62
EA, kg GDPV/kg MSI	95	0,18	0,12	0,26	0,02
CA, kg MSI/kg GDPV	95	5,65	3,76	8,31	0,82
AOL inicial, cm ²	95	63,3	45,8	86,4	6,71
EGS inicial, mm	95	0,58	0	2,80	0,80
EGP inicial, mm	95	1,23	0	5,60	1,15
AOL final, mm	95	79,2	58,1	101	7,71
EGS final, mm	95	3,02	0	7,00	1,26
EGP final, mm	95	4,57	1,60	10,2	1,80
GAOL, cm ²	95	15,8	7,90	27,4	3,40
GEGS, mm	95	2,44	0	7,00	1,10
GEGP, mm	95	3,34	0,20	7,40	1,30
TEMP	95	3,09	2,00	5,00	0,53
IPGP	95	114	96,6	144	5,80
GPGP, kg/dia	91	0,51	0,43	0,64	0,04
Consumo amido, kg/dia	47	2,76	2,24	3,50	0,30
Amido fecal, %	85	3,48	0,21	12,6	2,25
DTA	81	99,3	97,0	100	0,64
Proteína fecal, %	84	15,5	12,7	19,9	1,58
MS fecal, %	84	12,0	8,0	18,0	0,02
pH fecal	84	6,83	5,70	7,54	0,29

PVm^{0,75} = peso vivo médio metabólico, GMD = ganho de médio diário, IMS = ingestão de matéria seca, , CAR = consumo alimentar residual, EA = eficiência alimentar, CA = conversão alimentar, AOLi = área de olho de lombo inicial, EGSi = espessura de gordura subcutânea inicial, EGPI = espessura de gordura na picanha inicial, AOLf = área de olho de lombo final, EGSf = espessura de gordura subcutânea final, EGPf = espessura de gordura na picanha final, GAOL = ganho da área de olho de lombo, GEGS = ganho da espessura de

gordura subcutânea, GEGP = ganho da espessura de gordura na picanha, TEMP = temperamento, IPGP = índice da prova de ganho de peso a pasto, GPGP = ganho de peso na prova de ganho de peso a pasto, DTA = digestão total do amido, MS fecal = matéria seca fecal.

Na Tabela 5 são apresentadas as correlações entre o CAR, eficiência alimentar, conversão alimentar, ganho de peso diário, ingestão de matéria seca, peso vivo médio metabólico, os pesos vivo inicial e final, medidas iniciais e finais da área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea e espessura de gordura na picanha, os ganhos de área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea, espessura de gordura na picanha, temperamento, ganho de peso a pasto e o índice da PGP a pasto.

Tabela 5 - Correlações fenotípicas das observações de desempenho, eficiência, valores iniciais e finais do peso e dos componentes da carcaça e os respectivos ganhos, dos animais experimentais.

	CAR	EA	CA	GMD	IMS	PVM ^{0,75}	Pi	Pf	AOLi	EGSi	EGPi	AOLf	EGSf	EGPf	GAOL	GEGS	GEGP	TEMP	GP GP	IPGP
CAR		-0.27***	0.26***	0	0.73***	0	0	0	-0.10	0	0	-0.03	0.12	0.14	0.11	0.14	0.19*	0,09	0.14	0.14
EA	-0.27***		-0.97***	0.81***	-0.23**	-0.03	-0.28***	0.17*	0.15	0.09	0.16	0.05	0.12	0.30***	-0.15	0.07	0.25**	0,16	-0.19*	-0.19*
CA	0.26***	-0.97***		-0.77***	0.26***	0.08	0.32***	-0.13	-0.15	-0.15	-0.19*	-0.05	-0.11	-0.30***	0.14	-0.01	-0.24**	-0,19*	0.21**	0.21**
GMD	0	0.81***	-0.77***		0.10	0.32***	0.04	0.55***	0.37***	0.15	0.16	0.31**	0.15	0.40***	-0.02	0.06	0.38***	0,15	-0.03	-0.03
IMS	0.73***	0.23**	0.26***	0.10		0.60***	0.60***	0.55***	0.03	-0.20**	-0.09	0.11	0.09	0.01	0.16	0.25**	0.09	0,09	0.29***	0.29***
PVM ^{0,75}	0	-0.03	0.08	0.33***	0.60***		0.95***	0.96***	0.41***	-0.11	-0.04	0.44***	0.04	0	0.16	0.13	0.03	0,05	0.27***	0.28***
Pi	0	-0.28***	0.32***	0.04	0.60***	0.95***		0.85***	0.32***	-0.16	-0.10	0.37***	0	-0.13	0.17*	0.12	-0.08	0,00	0.28***	0.24**
Pf	0	0.17*	-0.13	0.55***	0.55***	0.97***	0.85***		0.46***	-0.06	0	0.47***	0.08	0.09	0.13	0.13	0.12	0,08	0.24**	0.27***
AOLi	-0.10	0.15	-0.14	0.37***	0.03	0.41***	0.32***	0.46***		0.20**	0.25**	0.85***	0.12	0.23**	-0.02	0	0	-0,03	0.11	0.11
EGSi	0	0.09	-0.14	0.15	-0.20**	-0.11	-0.16	-0.06	0.20**		0.47***	0.26**	0.47***	0.34***	0.16	-0.18*	0.04	-0,13	0.11	0.11
EGPi	0	0.16	-0.19*	0.16	-0.09	-0.04	-0.10	0	0.25**	0.47***		0.24**	0.44***	0.64***	0.04	0.15	0	-0,01	0.19*	0.19*
AOLf	-0.03	0.05	-0.05	0.31**	0.11	0.44***	0.37***	0.47***	0.85***	0.26**	0.24**		0.11	0.16	0.49***	-0.06	0	-0,04	0.19*	0.19*
EGSf	0.12	0.12	-0.11	0.15	0.09	0.04	0	0.08	0.12	0.47***	0.44***	0.11		0.53***	0	0.77***	0.31***	-0,16	0.16	0.16
EGPf	0.14	0.30***	-0.30***	0.40***	0.01	0	-0.13	0.09	0.23**	0.34***	0.64***	0.16	0.53***		-0.08	0.34***	0.75***	-0,03	0.10	0.10
GAOL	0.11	-0.15	0.14	-0.02	0.16	0.16	0.17*	0.13	-0.02	0.16	0.04	0.49***	0	-0.08		-0.11	-0.14	0,00	0.16	0.16
GEGS	0.14	0.07	-0.01	0.06	0.25**	0.13	0.12	0.13	0	-0.18*	0.15	-0.06	0.77***	0.34***	-0.11		0.32***	-0,09	0.10	0.10
GEGP	0.19*	0.25**	-0.23**	0.38***	0.09	0.03	-0.08	0.12	0	0.04	0	0	0.31***	0.75***	-0.14	0.32***		-0,03	-0.02	-0.02
TEMP	0,09	0,16	-0,19*	0,15	0,09	0,05	0,00	0,08	-0,03	-0,13	-0,01	-0,04	-0,16	-0,03	0,00	-0,09	-0,03		-0,22**	-0,05
GP GP	0.14	-0.19*	0.21**	-0.03	0.29***	0.27***	0.28***	0.24**	0.11	0.11	0.19*	0.19*	0.16	0.10	0.16	0.10	-0.02	-0,22**		1.0***
IPGP	0.14	-0.19*	0.21**	-0.03	0.29***	0.28***	0.24**	0.27***	0.11	0.11	0.19*	0.19*	0.16	0.10	0.16	0.10	-0.02	-0,05	1.0***	

CAR = consumo alimentar residual, EA = eficiência alimentar, CA = conversão alimentar, GMD = ganho médio diário, IMS = ingestão de matéria seca, PVM^{0,75} = peso vivo médio metabólico, Pi = peso inicial, Pf = peso final, AOLi = área de olho de lombo inicial, EGSi = espessura de gordura subcutânea inicial, EGPi = espessura de gordura na picanha inicial, AOLf = área de olho de lombo final, EGSf = espessura de gordura subcutânea final, EGPf = espessura de gordura na picanha final, GAOL = ganho da área de olho de lombo, GEGS = ganho da espessura de gordura subcutânea, GEGP = ganho da espessura de gordura na picanha, TEMP = temperamento, GP GP = ganho de peso na prova de ganho de peso a pasto, IPGP = índice da prova de ganho de peso a pasto.

*** = P<(0,001), ** = P<(0,05) e * = P< (0,1)

As correlações do CAR com a IMS e o GMD dos animais confinados foram de 0,73 e 0,02 respectivamente. A CA apresentou correlação positiva com a IMS ($r=0,26$), porém, esta foi menor que a correlação entre o CAR e a IMS, corroborando com os valores encontrados na literatura, que variaram de 0,59 a 0,77 para o CAR e a IMS e de -0,01 a 0,49 para a CA e a IMS, conforme publicado por (ARTHUR et al. 1999, 2001; CARSTENS et al. 2001; NKRUMAH et al. 2004, 2007a; LANCASTER et al. 2008, 2009).

A CA e a EA foram fortemente associadas ao GMD ($r=0,81$ e $r=0,77$). Entretanto, o CAR não apresentou correlação com esta característica ($r=0,02$), pois é corrigido para esse fator. Arthur et al. (1999) ao correlacionarem os componentes do índice de eficiência CA observaram que este é, negativamente, correlacionado com o ganho de peso ($r=-0,74$) e, positivamente, correlacionado com a IMS ($r=0,29$).

A associação entre o CAR e a CA foi positiva ($r=0,26$), semelhante aos valores encontrados por Basarab et al. (2003) que afirmaram que a correlação entre o CAR e a CA é positiva e pode variar de 0,42 a 0,70, corroborando com os valores encontrado por Herd e Bishop (2000), $r=0,61$; Nkrumah et al. (2004), $r=0,62$; Nkrumah et al. (2007a), $r=0,52$; Lancaster et al. (2008), $r=0,49$ e Lancaster et al. (2009), $r=0,59$.

A maior correlação da IMS com o CAR, a forte correlação do ganho de peso com a CA e a existência de correlação moderada entre o CAR e CA, indicam que os dois índices de eficiência, caminham na mesma direção, mas representam aspectos diferentes de eficiência (ALMEIDA; LANNA; LEME, 2004).

A CA e a EA são parâmetros de eficiência formados pelos quocientes de dois fatores, que são o IMS e o GMD. O uso desses índices para a seleção de animais mais eficientes pode apresentar problemas quanto à predição de resultados futuros, pois podem aplicar pressão de seleção em apenas um dos componentes do índice, enquanto o índice linear aplica força de seleção em um pré-determinado componente, resultando em mudanças genéticas previsíveis (ARTHUR; RENAND; KRAUSS, 2001).

Dessa forma, a forte correlação da CA com o ganho de peso indica que o uso deste parâmetro de eficiência pode resultar na seleção de animais que tiveram maior

ganho de peso e, conseqüentemente, maior tamanho corporal e maior tamanho a maturidade maior.

Carstens et al. (2001) afirmaram que animais de rápido crescimento tendem a melhorar a CA, porém, aplicar pressão de seleção para melhorar a CA aumenta o mérito genético para crescimento, aumentando os custos com alimentação e não, necessariamente, melhorando a eficiência alimentar em todo sistema de produção de carne. A consequência da seleção para índice de eficiência nos parâmetros de crescimento é variável, porém, a seleção para diminuir a IMS irá melhorar a eficiência alimentar.

O temperamento dos animais não foi correlacionado com o CAR, no entanto, foi correlacionado com o ganho de peso da PGP a pasto (0,22) e com a CA (-0,19) durante o confinamento. Dessa forma, a seleção de animais mais dóceis, além de facilitar o manejo em geral, melhora o ganho de peso a pasto e a CA, posteriormente, em confinamento. Para Carstens et al. (2005), a velocidade de fuga foi fenotipicamente correlacionada com GMD (-0,26) e IMS (-0,32) mas não foi correlacionada com a CA e o CAR.

Quando estudada a associação entre o CAR e o ganho dos componentes da carcaça, foi possível observar que, para os animais avaliados neste trabalho, o CAR não apresentou correlação com o GAOL e o GEGS e com as medidas iniciais e finais da AOL, EGS e EGP. No entanto, animais mais eficientes para o CAR tiveram correlação com o GEGP, sugerindo que a seleção para o CAR parece diminuir a deposição de gordura na picanha ($P=0,1$).

A CA, por outro lado, apresentou correlação negativa com o GEGP, sugerindo que animais mais eficientes para a CA tentem a depositar mais gordura na picanha. Não foram evidenciadas correlações da CA com o GAOL e o GEGS.

A IMS teve correlação com o GEGS, porém não houve correlação com o GAOL ($r=0,16$) e GEGP ($r=0,09$). O GMD foi, positivamente, correlacionado com a AOLi, EGPf e GEGP. Em estudos recentes de eficiência, a IMS foi correlacionada com os ganhos de AOL e EGS em gado Charolês (ARTHUR et al., 1999), AOLf, EGSf e com o ganho de EGS em animais cruzados (NKRUMAH et al., 2004), com o

AOLf (NKRUMAH et al., 2007a) e com a EGSf, a AOLf, o GEGS e o GAOL em Angus (LANCASTER et al., 2008, 2009).

Os ganhos de peso da PGP (GPGP) e o IPGP não foram correlacionados com o GMD em confinamento, -0,03 e -0,03, respectivamente. Porém o IPGP e o GPGP foram correlacionados com a IMS ($r=0,29$ e $0,29$), justificada pela associação do IPGP e da GPGP com o $PVM^{0,75}$ ($0,27$ e $0,28$ respectivamente), P_i ($0,28$ e $0,24$), P_f ($0,24$ e $0,27$), respectivamente, uma vez que a IMS varia em função do peso.

Não houve correlação entre o ganho de peso a pasto e o CAR, no entanto, houve correlação do GPGP a pasto com a EA ($r= -0,19$) e CA ($r=0,21$), avaliados, posteriormente, em confinamento. A seleção de animais com maior desenvolvimento corporal a pasto parece diminuir a eficiência alimentar medida como CA e EA, uma vez que o GPGP foi associado com a IMS.

Bonin et al. (2008) avaliaram a CA, EA e o CAR de tourinhos da raça Nelore Mocho, submetidos a PGP em confinamento e evidenciaram que a variável índice da prova de desenvolvimento animal não identificou os mais eficientes na utilização de alimentos, pois houve baixas correlações com CA, EA e CAR e concluíram que a seleção de tourinhos pelo IPDA elege os que ganham mais peso, porém, estes apresentam maior IMS.

4.2 Efeito das classes do CAR nas características de desempenho

Na Tabela 6 são apresentados os valores das médias, erros padrão e probabilidade do efeito das classes de CAR para os pesos iniciais e finais, peso vivo médio metabólico, ganho de peso, valores de eficiência, ingestão de matéria seca e o CAR.

Tabela 6 - Médias, erros padrão das médias e probabilidade do efeito das classes de CAR para as características de desempenho

Características	CAR			EPM ^a	Pr>F ^b
	Alto	Médio	Baixo		
Número de animais	29	36	30		
CAR, kg/dia	0,79 ^a	0,06 ^b	-0,63 ^c	0,06	<0,01
Peso inicial, kg	408	408	406	3,41	0,98
Peso final, kg	508	504	505	4,08	0,92
PVM ^{0,75} , kg	98,9	98	98,6	0,58	0,97
GMD, kg/dia	1,61	1,54	1,57	0,02	0,57
IMS, kg/dia	9,41 ^a	8,62 ^b	7,94 ^c	0,08	<0,01
EA, kg GDPV/kg MSI	0,17 ^b	0,18 ^a	0,18 ^a	0,00	0,04
CA, kg MSI/kg GDPV	5,87	5,62	5,45	0,08	0,08
TEMP	3,14	3,12	3,01	0,05	0,58
IPGP	114	111	111	0,59	0,12
GPGD, kg/dia	0,51	0,50	0,50	0,00	0,45

CAR = consumo alimentar residual, PVM^{0,75} = peso vivo médio metabólico, GMD = ganho médio diário, IMS = ingestão de matéria seca, EA = eficiência alimentar, CA = conversão alimentar, TEMP= temperamento, IPGP = índice da prova de ganho de peso a pasto, GPGP = ganho de peso a pasto na prova de ganho de peso.

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si, estatisticamente, à probabilidade de 5%

^a erro-padrão da média.

^b probabilidade de um erro tipo I.

Não foram observadas diferenças nos pesos iniciais, finais, peso metabólico, no ganho de peso, ganho médio de peso para as diferentes classes do CAR, uma vez que este é corrigido para ganho de peso e peso médio metabólico e dessa forma, não interferindo no ganho de peso e no tamanho adulto dos animais, concordando com resultados encontrados por Nkrumah et al. (2007a), Kelly et al. (2010) e Cruz et al. (2010). No entanto, Castro Bulle et al. (2007) comparando animais de alto e baixo CAR relataram que animais mais eficientes para o CAR (baixo CAR) diferiram das demais classes para o peso inicial, final e ganho diário de peso.

Houve diferença significativa entre as classes de CAR para a IMS ($P < 0,01$). Os animais classificados como baixo CAR (mais eficiente) consumiram 0,79 kgMS/dia menos que a média dos animais e 1,47 kg a menos que os animais menos eficientes, ou seja, 15,6% menos, similar aos resultados encontrados na literatura, pois o CAR é um índice de eficiência baseado na IMS.

Os animais mais eficientes para o CAR apresentaram maior EA. Os valores de CA tenderam a ser melhores para os animais mais eficientes ($P > 0,08$). Castro Bulle et al. (2007), comparando animais de alto e baixo CAR relataram que animais mais eficientes para o CAR diferiram das demais classes para eficiência alimentar. Dessa forma, ao se selecionar animais mais eficientes para o CAR, também estarão selecionados animais mais eficientes para a EA e CA. Tedeschi et al. (2006), ao analisarem dados de 362 animais de 9 experimentos diferentes, afirmaram que o CAR corresponde por 51% da variação na conversão alimentar.

4.3 Efeito das classes de CAR nas características de Carcaça

Os valores das médias, erros padrão das médias das observações iniciais, finais e o ganho da área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea, espessura de gordura na picanha e probabilidade do efeito das classes de CAR são apresentadas na Tabela 7.

Não houve diferença entre classes de CAR para as características AOL, EGS, EGP, inicial, final e o ganho destas, no período avaliado. Entretanto, é preciso cautela ao analisar esses dados uma vez que a dieta continha proporção relativamente elevada de volumoso e baixa em energia, pois se tratava de animais que seriam utilizados, posteriormente, como reprodutores e, obviamente, não eram castrados, o que também contribuiu para uma menor deposição de gordura corporal.

Tabela 7 - Médias, erros padrão das médias e probabilidade do efeito das classes de CAR para as características de carcaça

Características	CAR			EPM ^a	Pr>F ^b
	Alto	Médio	Baixo		
Número de animais	29	36	30		
AOLi, cm ²	62,4	63,3	64,5	0,68	0,40
EGSi, mm	0,60	0,53	0,64	0,08	0,83
EGPi, mm	1,27	1,26	1,16	0,11	0,92
AOLf, mm	78,8	79,2	79,6	0,79	0,90
EGSf, mm	3,27	2,82	3,04	0,12	0,36
EGPf, mm	5,01	4,46	4,31	0,18	0,21
GAOL, cm ²	16,4	15,8	15,1	0,40	0,46
GEGS, mm	2,7	2,28	2,39	0,11	0,38
GEGP, mm	3,73	3,19	3,14	0,13	0,13

AOLi = área de olho de lombo inicial, EGSi = espessura de gordura subcutânea inicial, EGPi = espessura de gordura na picanha inicial, AOLf = área de olho de lombo final, EGSf = espessura de gordura subcutânea final, EGPf = espessura de gordura na picanha final. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si, estatisticamente, à probabilidade de 5%.

^a erro-padrão da média.

^b probabilidade de um erro tipo I.

Os resultados deste trabalho quanto à composição de carcaça corroboram com os encontrados por Almeida, Lanna e Leme (2004) e Baker et al. (2006), que avaliando as características de carcaça de animais selecionados para alto e baixo CAR, não verificaram diferenças para espessura de gordura subcutânea e área de olho de lombo entre as classes de CAR.

Carstens et al. (2001) não encontraram diferença estatística para AOL e EGS para as diferentes classes de CAR, provavelmente, pelo elevado peso inicial dos animais avaliados (514 kg). Baker et al. (2006) também não evidenciaram diferença estatística entre as diferentes classes de CAR (alta, média e baixa) para as medidas iniciais e finais de AOL e EGS.

Entretanto, existem relatos em que animais mais eficientes têm menor deposição de gordura na carcaça, conforme evidenciado por Leme e Gomes (2007), Nkrumah et al. (2007a), Lancaster et al. (2008) e Lancaster et al. (2009).

Segundo Berg e Butterfield (1979), a curva típica de crescimento de um animal durante sua vida é apresentada como uma curva sigmóide, que tem dois segmentos principais. O primeiro segmento, de crescimento acelerado, até atingir o ponto de inflexão da curva, onde a taxa de crescimento é máxima. No segundo segmento há uma diminuição no crescimento com um aumento crescente na taxa de deposição de gordura. A junção entre as duas fases ocorre durante a puberdade do animal e para a maioria das raças bovinas este ponto de inflexão da curva situa-se entre os 12 e 18 meses.

Fatores como sexo, nutrição e a genética podem influenciar essa curva. Animais de grande porte, ou aqueles que atingem um maior peso em sua maturidade, onde o crescimento muscular é zero e o ganho é composto basicamente por gordura, apresentam como característica uma curva na qual o acúmulo rápido de gordura ocorre a um peso mais elevado.

A semelhança entre os componentes de carcaça entre as classes de eficiência pode ser explicada pelo fato de que os animais utilizados neste estudo são provenientes de um rebanho selecionado a mais de 30 anos para desempenho, cuja linhagem genética se manteve fechada durante muito tempo, conforme observado anteriormente. Isso diminuiu a variabilidade genética entre os animais, resultando em uma menor variabilidade fenotípica para as características de carcaça. Outro fator importante, é que o número de animais pode não ter sido suficiente para detectar uma diferença entre as classes de CAR para as características de carcaça.

4.4 Parâmetros fecais e digestão do amido.

As médias, erros padrão das médias e níveis de probabilidade do efeito das classes de CAR para as variáveis PB, MS, pH, amido fecal e consumo de amido são apresentados na Tabela 8.

O pH fecal, a matéria seca fecal e o amido fecal não foram diferentes, quando comparados entre as classes de eficiência. A DTA também foi igual para as classes de CAR. Possivelmente, pela baixa quantidade de amido (28% MS) presente na dieta usada no experimento. No entanto, observa-se que os animais mais eficientes apesar de terem menores IMS, tenderam a consumir mais amido que a classe

intermediária e provavelmente são mais eficientes em aproveitar o amido da dieta, uma vez que a quantidade de amido das fezes é semelhante entre as classes de CAR, conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 - Médias, erros padrão das médias e níveis de probabilidade do efeito das classes de CAR para as variáveis consumo de amido, amido fecal, digestão total do amido, proteína fecal, MS fecal e pH fecal.

Variáveis	CAR			EPM ^d	Pr>F ^e
	Alto	Médio	Baixo		
Consumo amido, kg	20,4	18,8	19,1	0,30	0,07
Amido fecal, %	3,57	3,16	3,78	0,24	0,57
Digestão total do amido, %	99,4	99,4	99,2	0,07	0,50
Proteína fecal, %	16,10 ^a	15,37 ^{ab}	15,17 ^b	0,17	0,04
MS fecal, %	12,0	12,0	13,0	0,00	0,47
pH fecal	6,88	6,82	6,77	0,03	0,32

MS fecal = matéria seca fecal, DTA = digestão total do amido

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si, estatisticamente, à probabilidade de 5%.

^d erro-padrão da média.

^e probabilidade de um erro tipo I.

Os animais menos eficientes tiveram maiores quantidades de proteína fecal que os demais grupos de eficiência, possivelmente, pelo maior aporte de amido presente no intestino grosso, favorecendo o crescimento microbiano.

O maior aporte de nutrientes perdidos nas fezes pode ser reflexo da maior taxa de passagem dos alimentos causada pelo maior consumo de alimentos. O amido que não é digerido no rúmen tem uma taxa de passagem muito rápida pelo intestino delgado, e uma proporção relativamente elevada passa para o intestino grosso, onde sofre fermentação microbiana (HUBER, 1976; LEE, 1977).

Os animais menos eficientes consumiram mais amido, provavelmente pela maior IMS apresentada. Porém, aparentemente, não houve diferença no consumo de amido entre animais intermediários e mais eficientes, apesar de a diferença observada em relação à IMS, conforme evidenciado anteriormente. Sugere-se, então, que animais mais eficientes possam ter selecionado uma dieta com maior

teor de amido, pois se esperava um menor consumo desse nutriente pela menor IMS total.

Esses resultados levam a crer que a quantificação da ingestão de matéria seca dos animais para posterior contabilização do CAR pode sofrer influência da seleção de alimento no cocho e, dependendo das características do alimento ingerido, este pode estimular a saciedade do animal de formas diferentes. Segundo Mertens (1987, 1994), o consumo em ruminantes pode ser regulado por três mecanismos básicos: o físico, o fisiológico e o psicogênico.

No caso dos animais que consumiram mais volumoso que concentrado, o consumo pode ter sofrido maior limitação por alguma restrição na capacidade do trato digestivo, ou seja, restrição física (MERTENS, 1994).

Entretanto, para os animais mais eficientes, que consumiram menos matéria seca e mais amido que os animais de eficiência intermediária que consumiram mais matéria seca e menos amido, o consumo pode ter sido controlado pelo balanço nutricional ou status energético, ou seja, por suas exigências de manutenção e produção.

Forbes (1993) concluiu que os ruminantes, em geral, são capazes de controlar seu consumo energético de maneira semelhante aos animais de estômago simples, desde que a densidade de nutrientes da dieta seja, suficientemente, alta para que as restrições físicas não interfiram.

Outros fatores limitadores de consumo como o psicogênico, que envolve respostas no comportamento do animal a fatores inibidores ou estimuladores relacionados ao alimento ou ao ambiente que não são relacionados à energia ou enchimento da dieta, como sabor, odor, textura, aparência visual de um alimento, status emocional do animal, interações sociais e o aprendizado podem modificar a intensidade do consumo de um alimento (MERTENS, 1994).

Silva Neto et al. (2010a) avaliaram a relação entre o CAR e a seleção de dieta, através da análise química do perfil das sobras, de bovinos Nelore com alto e baixo CAR e não encontraram diferenças na quantidade de PB e FDN para as classes de CAR. Também não houve diferença entre os animais mais eficientes e os menos eficientes quando analisado o perfil das sobras através da proporção dos tamanhos

de partículas (>38 mm, entre 38-19 mm, 19-7 mm e <7 mm), Silva Neto et al. (2010b).

No entanto, a dieta utilizada por Silva Neto et al. (2010a, 2010b) era composta por 82 % de concentrado, diminuindo a chance de seleção de alimento no cocho, ao contrário do presente estudo, cuja dieta era composta por 30% de concentrado, possibilitando a escolha de alimento pelo animal.

Os valores das correlações entre os parâmetros fecais, proteína bruta, matéria seca, pH, amido e o consumo de amido com o CAR, eficiência alimentar, conversão alimentar, ganho de peso e ingestão de matéria seca são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Correlações dos parâmetros fecais, consumo de amido e a DTA com o CAR, EA, CA, GMD e IMS.

	CAR	EA	CA	GMD	IMS
Proteína fecal, %	0,22**	0,17	-0,18*	0,12	-0,05
MS fecal, %	-0,06	-0,20*	0,23**	-0,11	0,16
pH fecal	0,10	-0,03	0	-0,01	-0,08
Amido fecal, %	-0,03	0,18*	-0,16	0,18*	0,13
Consumo amido, kg	0,31**	0,08	-0,04	0,36**	0,52***
Digestão total do amido, %	0,11	-0,20*	0,18*	-0,17	-0,09

CAR = consumo alimentar residual EA = eficiência alimentar, CA = conversão alimentar, GMD = ganho médio diário, IMS = ingestão de matéria seca.

*** = $P < (0,001)$, ** = $P < (0,05)$ e * = $P < (0,1)$.

Não houve correlação do amido fecal (%) com o CAR e a CA. A MS e o pH também não apresentaram correlação com o CAR, ao contrário da proteína fecal que apresentou correlação de 0,22, diferindo dos resultados encontrados por Channon, Rowe e Herd (2004), que relataram correlação de -0,47 entre MS fecal e o CAR. Caetano (2008) não encontrou correlação entre a proteína fecal e o CAR. O mesmo autor afirmou não haver correlação entre o CAR e o amido fecal em experimento cuja dieta continha 34,7% de amido na dieta.

O consumo de amido, calculado como a diferença entre a quantidade de amido fornecido menos a quantidade de amido presente na sobra de 24 horas de cada animal, foi, positivamente, correlacionado com a IMS, uma vez que o amido faz parte

da composição da dieta. A correlação entre amido e a IMS justifica a correlação de 0,31 entre o consumo de amido e o CAR.

A DTA não foi correlacionada com o CAR, porém, foi correlacionada, positivamente, com a CA e, negativamente, com a EA. A digestão do amido parece não influenciar os valores de CAR, quando a dieta é composta por baixa quantidade de amido.

Os valores de correlação entre a proteína fecal, matéria seca fecal, pH fecal, amido fecal e consumo de amido são descritos na Tabela 10.

Tabela 10 - Correlações entre os parâmetros fecais, consumo de amido e DTA.

	PB fecal	MS fecal	pH fecal	Amido fecal	Consumo amido	DTA
PB fecal		-0,34***	0,27**	-0,27**	-0,07	0,41***
MS fecal	-0,34***		-0,25**	0,18	-0,07	-0,20*
pH fecal	0,27**	-0,25**		-0,04	-0,25	0,07
Amido fecal	-0,27**	0,18	-0,04		0,06	-0,98***
Consumo amido	-0,07	-0,07	-0,25	0,06		0,02
DTA	0,41***	-0,20*	0,07	-0,98***	0,02	

PB fecal = proteína bruta fecal, MS fecal = matéria seca fecal, DTA = digestão total de amido
*** = $P < (0,001)$, ** = $P < (0,05)$ e * = $P < (0,1)$.

Para este trabalho, a DTA foi, positivamente, correlacionada com a PB fecal ($r=0,41$) e, negativamente, correlacionada com a MS fecal ($r=-0,20$) e o amido fecal ($r=-0,98$), indicando que parte do amido consumido não sofreu digestão e foi fermentado no intestino grosso, ou seja, não foi utilizado pelo animal, confirmando que os parâmetros fecais, principalmente, a proteína e o amido fecal são correlacionados com a digestão total do amido.

A correlação negativa entre a quantidade de proteína nas fezes e o amido fecal ($r=-0,27$) pode ser resultado da fermentação do amido que escapou da fermentação ruminal e não foi totalmente digerido no intestino delgado, servindo de substrato para o crescimento das bactérias presentes no intestino grosso.

O nitrogênio fecal é uma forma de avaliar a síntese bacteriana e o nível de fermentação no intestino Channon, Rowe e Herd (2004) e segundo Orskov et al.

(1970) um aumento na quantidade de amido presente no intestino grosso de carneiros foi responsável pelo acréscimo na quantidade de proteína fecal.

A ineficiência da digestão do amido, bem como as perdas de proteína microbiana resultante da fermentação deste no intestino grosso parecem ser um dos fatores que contribuíram para a menor eficiência dos animais, visto que os valores de proteína fecal foram diferentes, estatisticamente, entre as classes de CAR. Animais com CAR negativo, mais eficientes, tiveram menores níveis de proteína fecal, justificada pela menor quantidade de amido no intestino grosso, servindo de substrato para o crescimento bacteriano.

O pH e a matéria seca fecal também são indicadores da digestão do amido Channon, Rowe e Herd (2004). A matéria seca fecal pode variar de acordo com o nível de fermentação no intestino, uma vez que os ácidos resultantes da fermentação microbiana aumentam o potencial osmótico resultando em queda do pH e diarreia (HUBER et al., 1976; LEE et al., 1977). Orskov, Fraser e McDonald (1971) observaram queda do pH fecal e da matéria seca das fezes de carneiros que receberam grande suplemento de amido.

O pH fecal e a matéria seca fecal não foram correlacionados com o amido fecal, possivelmente, porque os valores dos parâmetros fecais só se alteram quando a quantidade de ácido produzido ultrapassa a taxa de absorção.

Isso explica, em parte, a correlação negativa entre o pH e a matéria seca das fezes. O maior aporte de matéria seca nas fezes representa que maiores quantidade de substratos passíveis de fermentação passam pelo intestino, mas não significa que a fermentação destes produza quantidades de ácidos capazes de alterar o potencial osmótico.

Por outro lado, a maior taxa de passagem do alimento, causada pelo aumento da IMS, pode ter aumentada a quantidade de fezes e diminuído o tempo de contato entre o conteúdo entérico e as bactérias, diminuindo a taxa de fermentação e, conseqüentemente, a produção de ácido.

A baixa e positiva correlação entre o pH e a proteína fecal ($r=0,27$) também pode ser resultado do aumento da taxa de passagem. Com o aumento no consumo, aumenta a taxa de passagem, diminui o tempo de digestão do alimento e diminui a

taxa de fermentação e crescimento microbiano que reflete na menor quantidade de proteína fecal e aumento na matéria seca fecal.

5 CONCLUSÕES

Para este estudo, utilizando 96 touros da raça Nelore, provenientes de rebanho fechado, pré selecionados como elite ou superior na prova de ganho de peso a pasto e posteriormente confinados e alimentados *ad libitum* com uma dieta de baixa energia e alto volumoso, verificou-se que existe variabilidade fenotípica para eficiência alimentar medida através do CAR. Os touros mais eficientes quanto ao CAR tiveram uma ingestão 15,6% menor que os menos eficientes, sem apresentar correlação com os pesos iniciais, finais e com o ganho de peso durante o período de avaliação. Touros mais eficientes (menor CAR) não diferiram dos demais quanto às medidas iniciais, finais e os ganhos das características de carcaça no confinamento.

Animais que, previamente, apresentaram maiores ganhos de peso a pasto não foram os mais eficientes quando avaliados em confinamento e também não foi possível detectar efeito do temperamento na eficiência alimentar medida como CAR.

Para o tipo de dieta utilizada neste experimento, com teor de amido relativamente baixo, os parâmetros fecais não foram indicativos da eficiência alimentar. Porém, animais mais eficientes tenderam a perder menos proteína nas fezes. A digestão do amido, com essa dieta, não foi relacionada com o CAR, sendo assim, sugere-se que não seja usada como ferramenta para auxiliar na seleção de animais mais eficientes.

6 REFERÊNCIAS

A HISTORIA do nelore Lemgruber da Fazenda Mundo Novo (Grupo Manah).
Revista dos Criadores, São Paulo, n.759, abr., 1993.

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

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

ARCHER, J.A. et al. Genetic variation in feed efficiency and its component traits. Proc. 6th World Congr. Gen. Appl. Livest. Prod., Armidale, Australia, v.25, p.81-84, 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.147-162, 1999.

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

ARMSTRONG, D. G.; BEEVER, D. E. Postabomasal digestion of carbohydrate in the adult ruminant. **Proceeding of the Nutrition Society**. v.28, p121-131, 1969.

ARTHUR, P. F. et al. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency, and other postweaning traits in Angus cattle. **Journal of Animal Science**. Savoy, v.79, p.2805-2811, 2001.

ARTHUR, P. F.; RENAND, G.; KRAUSS D. Genetic and phenotypic relationships among different measures of growth and feed efficiency in young Charolais bulls, **Livestock Production Science**. Amsterdam, v.68, p.131-139, 2001.

ARTHUR, P.F. et al. Genetic and phenotypic variation in feed intake, feed efficiency and growth in beef cattle. **Proc.** 12th Conf. Assoc. Advancement Anim. Breed. Genet., Queenstown, New Zealand, v.12, p.234-237, 1997.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15th ed. Washington D. C., 1990. 1141 p.

BAKER, S. D. et al. Residual feed intake of purebred Angus steers: Effects on meat quality and palatability. **Journal of Animal Science**. Savoy, v.84, p.938-945, 2006.

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

BERG, R.T.; BUTTERFIELD, R.M. **Nuevos conceptos sobre desarrollo de anado vacuno**. Zaragoza: Acribia, 1979.

BISHOP, S. C.. Phenotypic and genetic variation in body weight, food intake and energy utilization in Hereford cattle. I. Performance test results. **Livestock Production Science**. Rome, v.30, p.1–8, 1992.

BISHOP, M.D. et al. Divergent selection for postweaning feed conversion in Angus beef cattle: I. Mean comparisons. **Journal of Animal Science**. Savoy, v.69, p.4348-4359, 1991.

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, p.425-433, 2008.

CAETANO, M. **Estudo das perdas de amido em confinamentos brasileiros e do uso do amido fecal como ferramenta de manejo de bovinos confinados**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

CARSTENS, G.E. et al. Net feed intake in beef steers: I. Correlations with performance traits and ultrasound measures of body composition. Proc. of **Western Section of American Society of Animal Science**. v.53, p.552-555, 2002.

CARSTENS, G.E. Net feed intake: Potential selection tool to improve feed efficiency in beef cattle. Department of Animal Science. Texas A&M University, 2001.

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

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.

CRUZ, G. D. et al. Performance, residual feed intake, digestibility, carcass traits, and profitability of Angus-Hereford steers housed in individual or group pens. **Journal of Animal Science**. Savoy, v.88, p.324-329, 2010.

DEPENBUSCH, B. E. et al. Influence of processed grains on fecal pH, starch concentration, and shedding of *Escherichia coli* O157 in feedlot cattle. **Journal of Animal Science**. Savoy, v.86, p.632-639, 2008.

EUCLIDES FILHO, K. et al. Eficiência bionutricional de animais da raça Nelore e seus mestiços com Caracu, Angus e Simental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.1, p.331-334, 2002.

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

FERREIRO, H.M.; PRESTON, T.R. Fattening cattle with sugar cane: the effect of different proportions of stalk and tops. **Tropical Animal Production**, Santo Domingo, v.3, p.31-38, 1976.

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

FORDYCE, G.; GODDARD, M. E. E.; SEIFERT, G. W. The measurement of temperament in cattle and the effect of experience and genotype. In: AUSTRALIAN SOCIETY OF ANIMAL PRODUCTION, **Proceedings...** v. 14, p. 329 - 332, 1982.

FORBES, J.M. 1993. Voluntary feed intake. In: FORBES, J.M., FRANCE, J. (Eds.) Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. Cambridge: University Press. p.479-494.

FOX, D.G.; GUUIROY, P.J.; TEDESCHI, L.O. 2001. Determining feed intake and feed efficiency of individual cattle fed in groups. Proc. 33rd Beef Improvement Federation meeting, San Antonio, TX.

FOX, D.G.; GUUIROY, P.J.; TEDESCHI, L.O. Determining feed intake and feed efficiency of individual cattle fed in groups. Proc. 33rd Beef Improvement Federation meeting, San Antonio, TX. 2001.

GALYEAN, M. L.; WAGNER, D. G.; OWENS, F. N. Level of feed intake and site and extent of digestion of high concentrate diets by steers. **Journal of Animal Science**. Savoy, v.49, p.199-203, 1979.

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

GOMES, R.C. et al. Blood cell profiles and plasma concentrations of glucose and cortisol of Nellore steers and bulls selected for low and high residual feed intake before and following a mild stressor. In: 2008 ADSA-ASAS JOINT MEETING, 2008, Indianapolis. **Anais...** Indianapolis: FASS, 2008.

HEGARTY, R.S. et al. Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.85, p.1479-1486, 2007.

HERD, R. M.; ARTHUR, P. F. Physiological basis for residual feed intake. **Journal of Animal Science**. Savoy, v.87, p.64-71, 2009.

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

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

HERD, R.M.; 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.

HUBER, T.L. Physiological effects of acidosis on feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.43, p.902-909, 1976.

HUNTINGTON, G. B. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk **Journal of Animal Science**. Savoy, v.75, p.852-867, 1997.

KELLY, A. K. et al. Effect of divergence in residual feed intake on feeding behavior, blood metabolic variables, and body composition traits in growing beef heifers. **Journal of Animal Science**. Savoy, v.88, p.109-123, 2010.

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

KOOTS, K. R.; GIBSON, J. P.; WILTON J. W. Analyses of published genetic parameter estimates for beef production traits. 2. Phenotypic and genetic correlations. **Animal Breeding Abstract**. Edinburgh, v.62, p.825–853, 1993.

LANCASTER, P. A. et al. Characterization of feed efficiency traits and relationships with feeding behavior and ultrasound carcass traits in growing bulls. **Journal of Animal Science**. Savoy, v.87, p.1528-1539, 2009.

LANCASTER, P. A. et al. Effects of divergent selection for serum insulin-like growth factor-I concentration on performance, feed efficiency, and ultrasound measures of

carcass composition traits in Angus bulls and heifers. **Journal of Animal Science**. Savoy, v.86, p.2862-2871, 2008.

LANNA, D.P.D.; ALMEIDA, R. Exigências nutricionais e melhoramento genético para eficiência alimentar: Experiências e lições para um projeto nacional. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, p.248-259, 2004.

LEE, G.J. Changes in composition and pH of digesta along the gastrointestinal tract of sheep in relation to scouring induced by wheat engorgement. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 28, p.1075-1082, 1977.

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 Produccion Animal (ALPA)**, 2007.

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

MADER, C. J. et al. Relationships among measures of growth performance and efficiency with carcass traits, visceral organ mass, and pancreatic digestive enzymes in feedlot cattle. **Journal of Animal Science**. Savoy, v.87, p.1548-1557, 2009.

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. in Forage Quality, Evaluation, and Utilization, G. C. Fahey, Jr, M. Collins, D. R. Mertens, and L. E. Moser, ed., **American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America**, Madison, WI, p.450– 493, 1994.

MERTENS, D.R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal of Animal Science**. Savoy, v.64, p.1548-1558, 1987.

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.

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

MOORE, S.; CREWS, D.H.; NKRUMAH, D. Multiple and candidate gene approaches to genetic evaluation of feed efficiency in beef cattle. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 8., 2006, Belo Horizonte. **Palestras...** Belo Horizonte: 2006.

MRODE, R. A.; SMITH, C.; THOMPSON, R. (1990). Selection for rate and efficiency of lean gain in Hereford cattle. 2. Evaluation of correlated responses. **Animal Production**, 51, pp 35-46 doi:10.1017/S0003356100005134.

MÜLLER, U.; LUETHOLD, G.; REINECKE, P. Prospects of indirect selection against residual feed intake in dairy cattle. **Archiv für Tierzucht**, Dummerstorf, v.38, p. 277-287, 1995.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements for beef cattle**, 7th revised edition. National Academic Press, National Academy of Science, Washington, D.C. 1996.

NKRUMAH, J. D. et al. Different measures of energetic efficiency and their phenotypic relationships with growth, feed intake, and ultrasound and carcass merit in hybrid cattle. **Journal of Animal Science**. Savoy, v.82, p.2451-2459, 2004.

NKRUMAH, J.D. et al. Full genome scan of quantitative trait loci (QTL) for net feed efficiency in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.83 (Suppl. 1), 13, 2005.

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.

NKRUMAH, J. D. et al. Genetic and phenotypic relationships of feed intake and measures of efficiency with growth and carcass merit of beef cattle. **Journal of Animal Science**. Savoy, v.85, p.2711-2720, 2007a.

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.

OLIVEIRA, J. B.; PRADO, H. **Levantamento pedológico semi-detalhado de estado de São Paulo**: quadrícula de São Carlos II. Memorial descritivo. Campinas: Instituto Agrônômico, 1984.

OLIVEIRA, H. P. Q. **Análise genética dos efeitos de linhagem materna em um rebanho Nelore**. 2005. 90f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2005.

OWENS, F. N.; ZINN, R. A.; KIM, Y. K. Limits to Starch Digestion in the Ruminant Small Intestine. **Journal of Animal Science**. Savoy, v.63, p.1634-1648, 1986.

OWENS, F.; ZINN, R.A. Corn grain for cattle: influence of processing on site and extent of digestion. In: SOUTHWEST NUTRITION CONFERENCE, 2005. **Proceedings...** p. 86-112.

ORSKOV, E. R. et al. O. Influence of starch digestion in the large intestine of sheep on caecal fermentation, caecal microflora and faecal nitrogen excretion. **British Journal of Nutrition**. v.24, p.671-682, 1970.

ORSKOV, E. R.; FRASER, C.; MCDONALD, I. Digestion of concentrates in sheep. 3. Effect of rumen fermentation of barley and maize diets on protein digestion. **British Journal of Nutrition**. v.26, p.477, 1971.

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.

PITCHFORD, W. S. Genetic improvement of feed efficiency of beef cattle: What lesson can be learnt from other species? **Australian Journal of Experimental Agriculture**. Adelaide, v.44, p.371-382, 2004.

RENAND, G.; FOUILLOUX, M.N.; MENISSIER, F. Genetic improvement in beef production traits by performance testing beef bulls in France. **Proc. 6th World Congr. Gen. Appl. Livest. Prod.**, Armidale, Australia, v.23, p.77-80, 1998.

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.

RUSSELL, J. R.; YOUNG, A. W.; JORGENSEN, N. A. Effect of Dietary Corn Starch Intake on Ruminal, Small Intestinal and Large Intestinal Starch Digestion in Cattle **Journal of Animal Science**. Savoy, v.52, p.1170-1176, 1981.

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

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT**.: guide of personal computers. Version 9.0. Cary, 2002. 1 v.

SILVA NETO, P. Z. et al. Relações entre seleção de dieta e consumo alimentar residual em bovinos Nelore confinados. II. Composição química das sobras alimentares. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 47, Bahia. **Anais...**Bahia: SBZ, p. 2010a.

SILVA NETO, P. Z. et al. Relações entre seleção de dieta e consumo alimentar residual em bovinos Nelore confinados. I. Tamanho de partículas. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 47, Bahia. **Anais...**Bahia: SBZ, p. 2010b.

SHERMAN, E.L. et al. Identification of polymorphisms influencing feed intake and

efficiency in beef cattle. **Animal Genetics**, Oxon, v.39, p.225-231, 2008a.

SHERMAN, E.L. et al. Polymorphisms and haplotypes in the bovine neuropeptide Y, growth hormone receptor, ghrelin, insulin-like growth factor 2, and uncoupling proteins 2 and 3 genes and their associations with measures of growth, performance, feed efficiency, and carcass merit in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.86, p.1-16, 2008b.

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 2008c.

TEDESCHI, L. O. et al. Identifying differences in feed efficiency among group-fed cattle. **Journal of Animal Science**. Savoy, v.84, p.767-776, 2006.

TRETTEL, M. et al. Padrão de comportamento de novilhos Nelore com alto e baixo consumo alimentar residual. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 2008.CD-ROM.

WALDO, D.R. Extent and Partition of Cereal Grain Starch Digestion in Ruminants. **Journal of Animal Science**. Savoy, v.37, p.1062-1074, 1973.

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

WHEELER, W.E.; NOLLER, C. H. Gastrointestinal Tract pH and Starch in Feces of Ruminants. **Journal of Animal Science**. Savoy, v.44, p.131-135, 1977.

YOKOO, M.J. **Estimativas de efeitos genéticos e ambientais para características de carcaça medidas pelo ultra-som em bovinos da raça Nelore**. 2005. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal-SP, 2005.

ZINN, R. et al. Starch digestion by feedlot cattle: Predictions from analysis of feed and feces for N and starch. In: 2005 ADSA-ASAS JOINT MEETING, 2005, Cincinnati. **Proceedings...** Cincinnati: FASS, 2005.