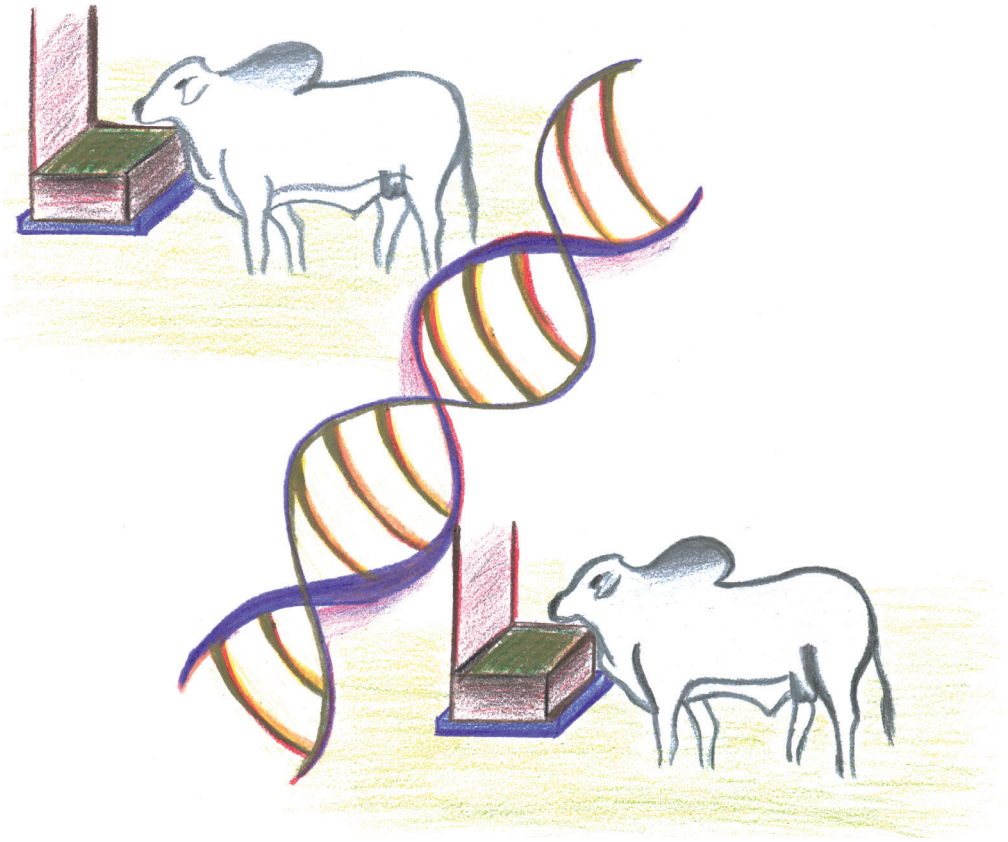
Documentos

ISSN 1517-5111
ISSN online 2176-5081
Dezembro, 2016

337

Utilização do Consumo Alimentar Residual em Prol do Melhoramento Genético de Bovinos de Corte



Embrapa

ISSN 1517-5111
ISSN online 2176-5081
Dezembro, 2016

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Documentos 337

Utilização do Consumo Alimentar Residual em Prol do Melhoramento Genético de Bovinos de Corte

Giovanna Faria de Moraes
Luiza Rodrigues Alves Abreu
Isabel Cristina Ferreira
Idalmo Garcia Pereira

Embrapa Cerrados
Planaltina, DF
2016

Exemplar desta publicação disponível gratuitamente no link:
http://bbeletronica.cpac.embrapa.br/versaomodelo/html/2016/doc/doc_337.shtml

Embrapa Cerrados
BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza
Caixa Postal 08223, CEP 73310-970 Planaltina, DF
Fone: (61) 3388-9898, Fax: (61) 3388-9879
www.embrapa.br/cerrados
www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

Comitê de Publicações da Unidade
Presidente: *Marcelo Ayres Carvalho*
Secretária executiva: *Marina de Fátima Vilela*
Secretárias: *Maria Edilva Nogueira*
Alessandra Silva Gelape Faleiro

Supervisão editorial: *Jussara Flores de Oliveira Arbues*
Revisão de texto: *Jussara Flores de Oliveira Arbues*
Normalização bibliográfica: *Fábio Lima Cordeiro*
Editoração eletrônica: *Leila Sandra Gomes Alencar*
Capa: *Leila Sandra Gomes Alencar*
Ilustração da capa: *Giovanna Faria de Moraes*

Impressão e acabamento: *Alexandre Moreira Veloso*

1ª edição
1ª impressão (2016): 50 exemplares
Edição online (2016)

Todos os direitos reservados
A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Cerrados

U89 Utilização do consumo alimentar residual em prol do melhoramento genético de bovinos de corte / Giovanna Faria de Moraes... [et al.]. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2016.

37 p. – (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111, ISSN online 2176-5081, 337).

1. Consumo Alimentar. 2. Parâmetros Genéticos. 3. Melhoramento Genético Animal. 4. Nutrição Animal. 5. Bovino de Corte. I. Moraes, Giovanna Faria de. II. Abreu, Luiza Rodrigues Alves. III. Ferreira, Isabel Cristina. IV. Pereira, Idalmo Garcia. V. Série. VI. Embrapa Cerrados.

636.232 – CDD 21

© Embrapa 2016

Autores

Giovanna Faria de Moraes
Médica-veterinária, doutoranda em Produção Animal

Luiza Rodrigues Alves Abreu
Zootecnista, doutoranda em Melhoramento Genético

Isabel Cristina Ferreira
Médica-veterinária, doutora em Zootecnia, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Idalmo Garcia Pereira
Zootecnista, doutor em Zootecnia, professor associado da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG

Agradecimento

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo suporte financeiro.

Apresentação

O fomento da lucratividade na bovinocultura inclui adoção crescente e permanente de tecnologias. Uma das estratégias é a incorporação de animais de superior eficiência alimentar em rebanhos melhoradores sem comprometer o desempenho. Para isso, pode ser utilizado o consumo alimentar residual (CAR) que permite a identificação de animais que apresentam bom desempenho na produção de carne com consumo inferior ao esperado. Este documento apresenta revisão de literatura elucidando informações sobre a utilização do CAR como medida de eficiência alimentar e impactos da sua utilização como critério de seleção. A seleção para CAR resulta em rebanhos com menor exigência de mantença e consumo, entretanto, há divergências quanto às implicações em características de carcaça e precocidade reprodutiva. Isso indica que ainda são necessários mais estudos, sobretudo em zebuínos, que avaliem o impacto da seleção para CAR.

Claudio Takao Karia
Chefe-Geral da Embrapa Cerrados

Sumário

Introdução..... 11
Consumo Alimentar Residual 12
Consumo alimentar residual como medida de eficiência alimentar... 12
Relações entre consumo alimentar residual e características de carcaça e reprodutivas 18
Avaliação genética da eficiência alimentar medida como CAR..... 23
Considerações Finais 29
Referências 30
Abstract..... 37

Utilização do Consumo Alimentar Residual em Prol do Melhoramento Genético de Bovinos de Corte

Giovanna Faria de Moraes; Luiza Rodrigues Alves Abreu; Isabel Cristina Ferreira; Idalmo Garcia Pereira

Introdução

O melhoramento genético animal visa aumentar a proporção de genótipos desejáveis em uma população, mediante a seleção e ao cruzamento de indivíduos que possuam constituição gênica mais favorável para determinado conjunto de características (PEREIRA, 2014). Grande parte dos programas de melhoramento genético existentes para bovinos de corte enfatiza a seleção para características como pesos em diversas idades, ganho de peso diário, perímetro escrotal e características de carcaça. No entanto, há a necessidade em enfatizar a redução de insumos, a fim de aumentar a eficiência alimentar e maximizar a lucratividade do sistema de produção como um todo (DEL CLARO et al., 2012).

A alimentação é o maior custo individual para a bovinocultura de corte, por conseguinte, selecionar animais mais eficientes na utilização dos alimentos auxilia a reduzir os custos de produção (LANCASTER et al., 2009). Segundo Basarab et al. (2003), a seleção de animais que ingerem menos alimentos, sem comprometer seu desempenho, poderá aumentar substancialmente a lucratividade, assim como reduzir os impactos ambientais dos sistemas de produção de carne. Frente a isso, o consumo alimentar residual (CAR) é uma ferramenta que visa avaliar a eficiência alimentar, de forma independente do peso vivo metabólico e do ganho de peso diário, para que não haja implicância no aumento da exigência de mantença do rebanho.

Projetos de seleção genética destinados a triar bovinos que possam converter os alimentos em carne de forma mais eficiente, sem que outras características produtivas sejam afetadas, são essenciais para evolução econômica do sistema de produção. Dessa forma, objetivou-se abordar o consumo alimentar residual como medida de eficiência alimentar e os impactos da sua utilização na bovinocultura de corte como critério de seleção.

Consumo Alimentar Residual

Consumo alimentar residual como medida de eficiência alimentar

Para maximizar a lucratividade da bovinocultura de corte é fundamental que haja concomitante evolução de características de interesse econômico e controle de gastos com insumos para nutrição (LANCASTER et al., 2009), já que a alimentação representa a maior despesa individual desse sistema (BASARAB et al., 2003). Assim, selecionar animais mais eficientes quanto à utilização de alimentos, é uma ferramenta valiosa para o sucesso econômico da produção.

As características indicadoras de eficiência na utilização de alimentos pelos animais domésticos são em grande parte baseadas em informações de consumo geral do lote (não individual) e pesagens (GRION et al., 2014). As medidas de eficiência comumente estudadas e aplicadas em sistemas de produção são a conversão alimentar (CA), que é a razão entre a ingestão de matéria seca diária (IMS) e ganho de peso diário (GPD) e a eficiência alimentar bruta (EAB), definida pela razão entre GPD e IMS. Lancaster et al. (2009), estudando animais da raça Brangus, verificaram CA de 10,26 ± 1,54 ao oferecerem ração com 87,49% de matéria seca. Mao et al. (2013) verificaram variação para conversão alimentar de 3,47 a 10,19 em animais da raça Angus e de 4,42 a 11,7 em animais da raça Charolês. Ao estudarem novilhos da raça Nelore, Dias et al. (2016) verificaram que animais castrados apresentaram CA de 5,90 enquanto animais não castrados, 5,31. Também estudando animais da raça Nelore, Santana et al. (2014) relatam conversão alimentar média de 6,65.

Archer et al. (1999) ressaltam que medidas como CA e EA podem estar confundidas com padrões de maturidade dos animais, pois são correlacionadas com peso à idade adulta e taxa de crescimento e, quando utilizadas como critério de seleção em programas de melhoramento genético, podem resultar em aumento significativo do tamanho dos animais (HERD et al., 2003), o que dentro do sistema de produção não seria viável, já que procura-se diminuição nos custos. A utilização da CA na seleção para eficiência alimentar, em longo prazo, de acordo com Lanna e Almeida (2004), levaria ao aumento do tamanho adulto de bovinos, fato indesejável, pois pode levar ao aumento da exigência de mantença desses animais, o que comprometeria a eficiência reprodutiva em condições nutricionais limitantes.

Há décadas, Byerly (1941) já ressaltava que indivíduos com pesos iguais consomem quantidades distintas para o mesmo nível de produção. Alguns anos após as considerações de Byerly (1941), Koch et al. (1963) desenvolveram um estudo (1.324 bovinos das raças Hereford, Angus e Shorthorn) com o objetivo de avaliar o consumo em bovinos. Por meio dessa pesquisa, os autores sugeriram que o consumo deve ser ajustado para o ganho de peso e para o peso vivo e efetivamente dividido em: (1) consumo previsto para o nível de produção e mantença; e (2) parcela residual, que possa classificar os animais conforme o desvio do nível de consumo esperado em relação à média do restante do rebanho avaliado. Koch et al. (1963) atribuíram que 38% da variação de ganho de peso está relacionada às diferenças genéticas na eficiência alimentar.

Nesse contexto, sugeriu-se uma ferramenta que visa avaliar a eficiência alimentar, de forma independente do peso vivo metabólico e do ganho de peso diário, o consumo alimentar residual (CAR). O CAR é calculado após um período de alimentação de até 90 dias em bovinos de maneira individual para cada animal (MOORE et al., 2009), definido como a diferença entre o consumo observado e o consumo estimado, sendo o consumo estimado calculado por equação de regressão da ingestão individual em função do peso vivo médio metabólico (PVM0,75) e do ganho de peso diário (GPD). Para a avaliação do CAR, os animais devem

ter as quantidades de alimento, as sobras de alimento e o ganho em peso, registrados diariamente. Uma das formas utilizadas para essa avaliação requer o uso de equipamentos especializados (ex. Grow-Safe®, que registra diariamente a quantidade de alimento consumido por cada animal) e permite alocar grupos de animais em um mesmo piquete (LIMA et al., 2013).

O CAR torna possível a identificação de animais que possuem mesmo requerimento de mantença e GPD, mas com consumo inferior ao esperado, sendo assim mais rentáveis ao produtor (BASSARAB et al., 2003). Frente aos estudos de Koch et al. (1963), o modelo relatado por Okine et al. (2004) para estimar o consumo predito é:

$$Yi = \beta 0 + \beta 1 GPD + \beta 2\ PVM^{0,75} + \varepsilon i$$

em que:

Yi = consumo de matéria seca predito para o animal i.

$\beta 0$ = intercepto da regressão.

$\beta 1$ = coeficiente de regressão parcial sobre GPD.

$\beta 2$ = coeficiente de regressão parcial sobre $PVM^{0,75}$.

εi = erro residual do consumo predito do animal i.

Esse modelo de regressão para estimar o consumo predito e assim avaliar o CAR, de acordo com estudos de Arthur et al. (2001), Basarab et al. (2003) e Nkrumah et al. (2007), explica 70% a 80% da variação no consumo predito. Com base no modelo de cálculo do CAR, ressalta-se que animais com baixo CAR são classificados como mais eficientes na utilização dos alimentos, pois essa variável de eficiência alimentar, ao apresentar valores negativos, informa que o animal consumiu menos do que o esperado comparado à média dos animais avaliados para mesmo nível de ganho e mantença (LIMA et al., 2013).

Avaliando o CAR em bovinos, Mao et al. (2013) encontraram variação de -2,47 kg/dia a 1,90 kg/dia para animais da raça Angus, e -1,60 kg/dia a 1,69 kg/dia para animais da raça Charolês. Já Santana et al. (2014), estudando animais da raça Nelore, relatam CAR médio do rebanho estudado de 0,00 kg/dia, com desvio padrão de 0,89 kg/dia. Em estudo realizado com novilhos da raça Nelore, Almeida et al. (2004) verificaram desvio-padrão para CAR de 1,05 kg/dia, valor este superior ao relatado por Arthur et al. (2001), que estudaram animais da raça Angus, e relataram haver satisfatória variabilidade fenotípica para CAR, com desvio-padrão de 0,74 kg/dia. Animais com baixo CAR mostraram-se com melhor eficiência alimentar e conversão alimentar (LUCILA SOBRINHO et al., 2013).

Por ser independente de características como peso vivo e ganho de peso e assim não implicar no aumento da exigência de mantença do rebanho, a utilização do CAR na avaliação da eficiência alimentar tem ganhado popularidade (LIMA et al., 2013). Entretanto, a mensuração dessa característica ainda é de difícil acesso ao produtor e limita sua adoção, haja vista o alto custo para sua determinação (HERD et al., 2003), em razão da necessidade da coleta de dados de ingestão alimentar de cada animal diariamente durante o período de avaliação. Cameron (1998) relata o principal empecilho em incluir o CAR como critério de seleção em bovinos está na dificuldade em mensurar o consumo individual dos animais em razão do aumento dos custos relativos à implantação de tecnologias e à maior demanda de mão de obra.

Para avaliar as diferenças entre os animais segundo o CAR, alguns autores realizam comparação entre grupos de eficiência classificados para alto, médio e baixo CAR, classificando-os com limites de ± 0,5 desvios-padrão em relação à média do CAR (CORVINO et al., 2009, MANAFIAZAR et al., 2015).

Castro Bulle et al. (2007) encontraram diferenças entre animais de alto CAR e baixo CAR de 15,3% no consumo de matéria seca e Nkrumah et al. (2004) relataram diferença de 16,6%. Ao classificarem bovinos da raça Nelore em alto e baixo CAR, Magnani er al. (2013) relataram

valores médios de CAR de -0,44 kg/dia ± 0,04 kg/dia no grupo baixo CAR e 0,49 kg/dia ± 0,04 kg/dia no grupo alto CAR. Manafiazar et al. (2015) demonstraram que novilhas de corte classificadas como de baixo CARFat (consumo alimentar residual ajustado para gordura) consumiram menos ração e, ao longo de dois anos de estudo, não apresentaram repercussões negativas sobre o peso corporal e a taxa de crescimento em comparação com o restante do rebanho.

É importante ressaltar que cada rebanho deve possuir seu objetivo de seleção específico frente ao mercado que se pretende atender e as variáveis que se deseja melhorar (PEREIRA, 2014). Isso posto, é fundamental que seja realizada uma análise da situação de cada rebanho para então fixar as características presentes no objetivo de seleção. O CAR deve ser elencado no objetivo de seleção quando há intenção de aprimorar a eficiência alimentar sem que haja aumento na exigência de mantença desses animais. Características de relevância econômica devem ser analisadas em conjunto para que todas possam alcançar concomitante evolução genética.

Herd et al. (2003) verificaram que novilhas selecionadas na desmama para baixo CAR também apresentavam baixo CAR à idade adulta, sendo a correlação do CAR na desmama com o CAR dos animais já adultos apresentou estimativa alta (0,98). Robinson e Oddy (2004), relataram que as medidas de eficiência que envolvem a IMS, GPD e o $PVM^{0,75}$, de maneira geral, apresentam estimativas de herdabilidades moderadas a altas (0,30 ± 0,06).

De acordo com Herd e Arthur (2009), os principais processos fisiológicos que contribuem para a variação do CAR são a ingestão de alimentos, a digestão de alimentos, o metabolismo animal, a atividade física e a termorregulação. Esses autores afirmam que 10% da variação do CAR são em razão do processo de digestão, 2% ao padrão de alimentação, 9% ao incremento calórico associado à digestão, 10% à atividade física, pelo menos 37% ao "turnover" proteico, metabolismo tecidual e estresse e cerca de 27% ao transporte de íons, juntamente com outros mecanismos até então desconhecidos. Em razão da

dificuldade da mensuração do CAR, principalmente em animais criados a pasto, indicadores fisiológicos (IGF- I e leptina) têm sido estudados para tentar identificar características que possam auxiliar na identificação de animais geneticamente superiores para CAR, pré-selecioná-los e colaborar para a redução de custos de produção (LIMA et al., 2013).

Ao estudarem a relação entre animais eficientes quanto ao CAR e os níveis de hormônio fator de crescimento semelhante à insulina (IGF-I), Moore et al. (2005) afirmaram que a concentração sanguínea de IGF-I apresentou correlação genética com CAR (0,41 ± 0,21), o que pode indicar que parte dos genes responsáveis pelo decréscimo da concentração de IGF-I no sangue associam-se a animais baixo CAR. No entanto, Lancaster et al. (2008) apresentam resultados contraditórios, demonstrando que não há a correlação referida. Kelly et al. (2010) ressaltam que os genes responsáveis pela concentração sanguínea de IGF-I diferem entre as fases de desmame e terminação, sugerindo que o IGF-I pode não ser um bom parâmetro para predizer a eficiência alimentar medida como CAR.

A concentração do hormônio leptina foi positivamente correlacionada com o CAR nos estudos de Chilliard et al. (1998) e Minton et al. (1998), em razão dos maiores níveis de gordura nos animais ineficientes (alto CAR). Os adipócitos são responsáveis pela maior parte da leptina produzida pelo organismo, sendo sua concentração variada de acordo com a quantidade de tecido adiposo na composição corporal, e baixos níveis de leptina induzem hiperfagia (NEGRÃO; LICÍNIO, 2000).

Resultados de Sanches et al. (2006) levam a uma análise diferente, pois verificaram que o CAR teve correlação negativa com a leptina plasmática, ou seja, animais com baixo CAR apresentaram níveis mais altos de leptina. Segundo esses autores, não houve diferenças na gordura de cobertura, gordura de marmoreio e gordura visceral entre os animais baixo e alto CAR, o que os levou a concluírem que o menor consumo alimentar desses animais poderia ser consequência da inibição do apetite pelos níveis elevados de leptina. Tais fatos devem ser analisados considerando o relatado por Romero e Zanesco (2006),

o hormônio leptina, em mamíferos, atua no sistema nervoso central, levando a redução da ingestão alimentar e aumento do gasto energético. Então, em animais com índices de gordura mais altos (como animais alto CAR), o nível de leptina estará elevado, em uma tentativa de aumentar a saciedade, para regular a ingestão de alimentos. Em animais que consomem menos alimentos (como animais baixo CAR), espera-se que o hormônio leptina esteja com forte atuação, causando inibição de apetite.

Lima et al. (2013) ressaltaram que as pesquisas com indicadores fisiológicos e CAR ainda devem ser amplamente estudadas, pois esse campo envolve descobertas recentes e divergências apresentadas na literatura, sendo necessário cautela ao decidir em pré-selecionar os animais com o uso dessas ferramentas. Como relatado por Mao et al. (2013), o estudo de medidas de eficiência alimentar, como o CAR e suas relações com demais características de interesse econômico em bovinos de corte de diferentes raças, fornecem referências para o desenvolvimento de programas de melhoramento genético que busquem animais mais rentáveis. Entretanto, são necessários meios menos onerosos e mais práticos de se avaliar e selecionar os animais para tal característica.

Relações entre consumo alimentar residual e características de carcaça e reprodutivas

Em razão da importância econômica que a seleção de animais eficientes quanto ao CAR representa nos custos de produção da bovinocultura de corte, torna-se necessário avaliar sua relação com demais variáveis de interesse econômico, como características de carcaça e características reprodutivas. A seleção para qualidade de carcaça é de grande importância, pois a gordura corporal protege a carcaça no resfriamento, confere acabamento ao gado de corte e ainda atua como reserva energética em matrizes para concomitante manutenção da condição corporal e prenhez e, no caso de novilhas, para crescimento (SANTANA et al., 2014).

Uma das ferramentas disponíveis para aferir características de carcaça dos animais in vivo é por meio do exame de ultrassonografia. De acordo com Yokoo et al. (2008), as principais características avaliadas nesse

exame são a área de olho de lombo (AOL) (área de secção transversal do músculo *Longissimus dorsi* entre as 12ª e 13ª costelas), espessura de gordura (EG) (espessura do depósito de gordura subcutânea entre as 12ª e 13ª costelas sobre o músculo *Longissimus dorsi*), espessura de gordura subcutânea na picanha (EGP8) (espessura do depósito de gordura subcutânea entre os ossos íleo e ísqueo, mensurada na intersecção dos músculos *Gluteus medius* e *Biceps femoris*), e marmoreio (MAR) (porcentagem de gordura intramuscular avaliada na direção longitudinal sobre o músculo *Longissimus dorsi* entre a 12ª e a 13ª costelas).

Há autores que relatam que o CAR está relacionado com a taxa de deposição de gordura, afirmando que animais com fenótipos de consumo alimentar residual favoráveis (baixo CAR) têm carcaças mais magras (NKRUMAH et al., 2007), o que pode levar a respostas correlacionadas não desejadas na qualidade da carcaça (ARTHUR et al., 2005). Entretanto, vale ressaltar que os referidos autores estudaram animais de origem europeia, e pesquisas que relacionem eficiência alimentar com características de qualidade de carcaça em animais zebuínos, sobretudo da raça Nelore, ainda são escassas.

Ao estudarem o efeito da seleção para CAR na produtividade materna por três temporadas de acasalamento, a partir de 2000, com dados de 185 vacas da raça Angus, Arthur et al. (2005) verificaram diferença ($P < 0,05$) na espessura de gordura medida na costela, entre vacas classificadas como alto CAR e vacas classificadas baixo CAR. As vacas alto CAR apresentaram valores de espessura de gordura na costela superiores às vacas baixo CAR nas medições realizadas no início dos anos 2000 (10,8 ± 0,4 v. 9.3 ± 0,4 mm), 2001 (11,3 ± 0,4 v. 9.8 ± 0,4 mm) e 2002 (7,0 ± 0,5 v . 5,7 ± 0,5 mm).

Em pesquisa realizada com animais da raça Nelore, Santana et al. (2012) encontraram correlação de Pearson positiva ($r = 0,34$) entre CAR e espessura de gordura na picanha avaliada por ultrassonografia de carcaça ($P < 0,05$). Esses autores relataram que a menor deposição de espessura de gordura na picanha (EGP8), em bovinos Nelore de

baixo CAR, pode sugerir que a seleção para melhorar o CAR teria como consequência animais com menores reservas corporais. Yokoo et al. (2009) afirmam que animais destinados ao abate que possuem menor taxa de deposição de gordura subcutânea na carcaça, teoricamente, atingem acabamento de gordura mínimo necessário mais tardiamente, necessitando permanecer mais tempo em regime de terminação, o que pode aumentar os custos de produção. Isso posto, Santana et al. (2012) sugeriram que a seleção para eficiência alimentar deve incluir características como depósito de gordura.

A inclusão do ajuste para EG no modelo do CAR realizada por Mao et al. (2013) resultou em redução da correlação fenotípica entre CAR e EG de 0,19 para 0,01 em animais da raça Charolês, e de 0,07 para 0,02 em animais Angus. Ressalta-se que os animais da raça Charolês estudados por esse autor apresentaram alta variação de espessura de gordura (5,67 mm a 31,00 mm), assim como os animais da raça Angus estudados (3,33 mm a 26,00 mm). Basarab et al. (2003), estudando gado de corte mestiços, relataram que o ajuste para EG e para MAR no cálculo do CAR resultou em redução da correlação fenotípica entre CAR e EG, e entre CAR e MAR de 0,12 para -0,06, e de 0,15 para 0,10, respectivamente. Ressalta-se que os animais estudados por Basarab et al. (2003) apresentaram marmoreio médio de 0,007 com desvio padrão de 0,005, e espessura de gordura média de 0,047 mm, com desvio padrão de 0,022 mm.

Ao realizarem avaliação genéticas de características de carcaça e de eficiência alimentar, Mao et al. (2013) observaram que a inclusão do ajuste para EG no modelo do CAR mostrou uma redução na magnitude da correlação genética com espessura de gordura na carcaça (0,42 para 0,23) e com o marmoreio (0,14 para 0,02) nos novilhos Charolês e uma ligeira redução da correlação genética com marmoreio em novilhos Angus (0,18 para 0,15). A inclusão de ajustes no cálculo do CAR objetiva tornar a característica fenotipicamente independente da medida para a qual foi ajustada, inserindo no cálculo do consumo estimado mais uma característica na regressão.

Quanto às características reprodutivas, há estudos que indicam que as características de desempenho podem ser antagônicas à eficiência reprodutiva, como relatado por Shaffer et al. (2011), os quais demonstraram que novilhas das raças Angus e Hereford avaliadas como grupo alto CAR (grupo ineficiente) atingiram idade à puberdade 13 dias mais cedo do que novilhas avaliadas como grupo baixo CAR (grupo eficientes). Basarab et al. (2011) demonstraram que, quando novilhas de corte foram elencadas conforme o nível de CAR ajustado para espessura de gordura, não houve diferenças na taxa de prenhez e na produtividade, nas diferentes categorias (alto e baixo CAR ajustado para gordura). No entanto, quando os autores analisaram a taxa de prenhez avaliando as novilhas em categorias de alto e baixo CAR sem ajustes, a seleção para as novilhas eficientes contribuiu para a redução de taxas de prenhez. Os autores relatam ainda uma mortalidade de bezerros superior nas crias de novilhas ineficientes quanto ao CAR e ressaltam a necessidade de mais pesquisas nessa área.

Também estudando implicações da seleção para CAR em características reprodutivas de fêmeas, Crowley et al. (2011) relataram correlações genéticas estimadas entre idade ao primeiro parto e CAR de -0,29 ± 0,14 e sugerem que a seleção para aumento da eficiência pode atrasar a idade ao primeiro parto em bovinos de corte. Estudos com animais das raças Santa Gertrudis selecionados para baixo CAR demonstraram influência negativa sobre idade ao primeiro parto, mas não no intervalo entre partos (RANDEL; WESH, 2013). Esses autores demonstraram que o aumento de uma unidade no CAR levou à redução de 7,54 dias de idade à puberdade ao estudarem novilhas de origem europeia (Santa Gertrudis). Entretanto, Loyd et al. (2010), ao estudarem 243 novilhas da raça Brahman, demonstraram que a classificação quanto à eficiência alimentar avaliada pelo CAR não apresentou relações com a idade à puberdade ($P = 0,388$).

Com base nas pesquisas apresentadas na literatura, sobretudo em animais *Bos taurus*, pode-se inferir que a seleção para animais eficientes quanto ao CAR pode resultar em novilhas mais magras e assim afetar o desempenho reprodutivo em relação à idade a puberdade, em razão

da forte influência da gordura corporal no retorno ao estro pós-parto. Grande parte dos produtores rurais opta por utilizar inseminação artificial por tempo fixo (IATF) no rebanho em busca de vantagens como melhor controle zootécnico; eliminação da observação de cio; realização de diferentes cruzamentos e escolha da data do parto. Em propriedades que selecionam para CAR e utilizam IATF, o produtor que almeja animais precoces deverá estar atento ao acabamento de carcaça das novilhas que serão inseminadas e priorizar aquelas eficientes quanto ao CAR, mas que possuam bons índices de depósito de gordura. São necessários mais estudos que analisem tal relação em animais da raça Nelore, para que os resultados possam ser mais próximos à realidade da maioria dos produtores brasileiros de bovinos de corte.

Em machos, estudos encontrados na literatura afirmam que o CAR não é fenotipicamente associado ao perímetro escrotal ou à motilidade dos espermatozoides (ARTHUR et al., 2001, SCHENKEL et al., 2004; HAFLA et al., 2012). Entretanto, resultados opostos foram encontrados por Awda et al. (2013), que relataram que os touros jovens com melhor eficiência alimentar medida como CAR apresentaram menores índices de motilidade espermática e de perímetro escrotal, quando comparado àqueles de menor eficiência alimentar, sendo este um efeito indesejável. Pesquisas de Wang et al. (2012), também com touros jovens, demonstraram que a proporção de animais que não cumpriram a exigência mínima de 60% de espermatozoides com boa motilidade foi maior no grupo baixo CAR (eficientes) do que no grupo alto CAR (ineficientes) com valores de 10,2% e 4,4%, respectivamente ($P = 0,07$). Esses autores concluíram que a seleção para eficiência alimentar baseada no CAR parece não ter impacto negativo sobre desempenho reprodutivo e fertilidade em touros, mas ressaltam que a diminuição da motilidade espermática associada a animais eficientes quanto ao CAR necessita de mais pesquisas. Os resultados de Hafla et al. (2012) sugerem que o CAR está desfavoravelmente associado à morfologia espermática em touros jovens, no entanto, quando o CAR foi ajustado para espessura de gordura, a magnitude da associação com a morfologia dos espermatozoides foi reduzida.

Deve-se ressaltar que as pesquisas apresentadas na literatura avaliaram touros jovens e que as análises devem considerar que vários fatores afetam as características do sêmen, tais como, raça, peso, ano e época da avaliação do sêmen e, principalmente, a idade do animal avaliado (BARBOSA et al., 1991). Esses mesmos autores concluíram em seus estudos que com o aumento da idade de 27 para 39 meses em bovinos das raças Canchim e Nelore, características físicas e morfológicas do sêmen tenderam a melhorar, o que correspondeu também ao incremento da circunferência escrotal dos touros. Sabendo que, em animais imaturos, o número de espermatozoides viáveis é menor do que em animais maduros, deve-se considerar a possibilidade desse fato interferir nos resultados de relações com o CAR. Estudos com touros maduros que avaliem a relação entre o CAR e características reprodutivas são necessários para embasar decisões de produtores quanto aos critérios de seleção para eficiência alimentar e precocidade reprodutiva.

Frente aos trabalhos citados, nota-se que o CAR tem o potencial de melhorar a lucratividade do sistema de produção de carne bovina, visto o incremento da eficiência alimentar, entretanto, em razão da importância econômica de índices reprodutivos, são necessárias mais pesquisas que explorem associações entre CAR e fertilidade em bovinos, sobretudo *Bos indicus*. A seleção de animais melhoradores deve ser realizada com sensatez, levando em consideração variáveis economicamente relevantes, como eficiência alimentar, características produtivas e reprodutivas, para que seja possível realizar uma seleção equilibrada e harmônica de fêmeas e touros melhoradores para a pecuária brasileira.

Avaliação genética da eficiência alimentar medida como CAR

O acompanhamento da eficiência do programa de melhoramento genético utilizado em um rebanho é fundamental para a evolução da produção. A análise dos parâmetros genéticos e a estimativa de mudanças genéticas são imprescindíveis para o estabelecimento de diretrizes que guiem ações futuras (EUCLIDES FILHO., 2009). Há vários trabalhos publicados com estimativas de parâmetros genéticos de características de eficiência alimentar em bovinos de corte, sobretudo

de raças taurinas, pois, resultados em *Bos indicus*, mais especificamente na raça Nelore, são escassos. Foi efetuado um levantamento de estudos realizados nos últimos 10 anos que abordam parâmetros genéticos (herdabilidade, correlação genética e variância genética aditiva) para CAR em bovinos (Tabelas 1, 2 e 3), com o intuito de apresentar estimativas da aplicação dessa característica no melhoramento genético.

Tabela 1. Estimativas de herdabilidade para consumo alimentar residual (CAR), consumo, e ganho de peso diário (GPD) em vários estudos com bovinos de diferentes raças.

Autor	Raça	n[1]	Herdabilidade		
			CAR[2]	Consumo[3]	GPD[4]
Hoque et al. (2006)	Wagyu	740	0,24	0,78	0,25
Nkrumah et al. (2007)	Angus e Charolês	813	0,21	0,54	0,59
Okanishi et al. (2008)	Wagyu	1.304	0,29	0,33	0,26
Barwick et al. (2009)	Brahman	1.007	0,24	0,49	0,41
Barwick et al. (2009)	Tropical Composto	1.209	0,38	0,51	0,50
Lancaster et al. (2009)	Brangus	468	0,47	0,48	0,21
Rolf et al. (2010)	Angus	862	0,14	0,14	0,09
Durunna et al. (2011)	Angus X Charolês	490	0,42	0,34	0,23
Mujibi et al. (2011)	Angus X Charolês	721	0,29	0,41	0,28
Rolfe et al. (2011)	Cruzado	1.183	0,46	0,32	0,22
Williams et al. (2011)	Holandês	903	0,27	0,17	0,22
Berry e Crowley (2012)	Touro Irlandês	2.605	0,45	0,49	0,30
Del Claro et al. (2012)	Meta Análise	52.637	0,29	0,41	0,35
Mao et al. (2013)	Angus	551	0,47	0,39	0,38
Mao et al. (2013)	Charolês	417	0,68	0,54	0,54
Grion et al. (2014)	Nelore	678	0,33	0,60	0,42
Santana et al. (2014)	Nelore	1.038	0,37	0,40	0,35

[1] n = número de animais avaliados.
[2] CAR = consumo alimentar residual (kg/dia).
[3] Consumo = ingestão alimentar (kg/dia).
[4] GPD = ganho de peso diário (kg/dia).

Tabela 2. Estimativas de correlações genéticas entre consumo alimentar residual (CAR), consumo, e ganho de peso diário (GPD) em vários estudos com bovinos de diferentes raças.

Autor	Raça	n[1]	Correlações genéticas	
			CAR[2] X Consumo[3]	CAR X GPD[4]
Hoque et al. (2006)	Wagyu	740	0,78	0,25
Nkrumah et al. (2007)	Angus e Charolês	813	0,73	0,46
Okanishi et al. (2008)	Wagyu	1.304	0,56	- 0,14
Barwick et al. (2009)	Brahman	1.007	0,59	0,02
Lancaster et al. (2009)	Brangus	468	0,85	0,04
Crowley et al. (2010)	Touro Irlandês	2.102	0,59	0,01
Durunna et al. (2011)	Angus X Charolês	490	0,59	- 0,15
Rolfe et al. (2011)	Cruzado	1.183	0,52	- 0,16
Berry e Crowley (2012)	Cruzado	2.605	0,59	0,01
Del Claro (2012)	Meta análise	52.637	0,63	0,01
Mao et al. (2013)	Angus	551	0,58	0,00
Mao et al. (2013)	Charolês	417	0,52	- 0,01
Grion et al. (2014)	Nelore	678	0,33	0,06
Santana et al. (2014)	Nelore	1.038	0,95	0,05

[1] n = número de animais avaliados.
[2] CAR = consumo alimentar residual (kg/dia).
[3] Consumo = ingestão alimentar (kg/dia).
[4] GPD = ganho de peso diário (kg/dia).

Tabela 3. Estimativas de variância genética aditiva para consumo alimentar residual (CAR) em vários estudos com bovinos de diferentes raças.

Autor	Raça	n[1]	Variância genética aditiva para CAR[2]
Nkrumah et al. (2007)	Angus e Charolês	813	0,15
Okanishi et al. (2008)	Wagyu	1.304	0,41
Zamani et al. (2008)	Holandês	906	0,44
Barwick et al. (2009)	Brahman	1.007	0,19
Barwick et al. (2009)	Composto tropical	1.209	0,41
Hoque et al. (2009)	Wagyu	22.099	0,10
Crowley et al. (2010)	Touros Irlandeses	2.102	0,11
Berry e Crowley (2012)	Cruzado	2.605	0,45
Grion et al. (2014)	Nelore	678	0,04
Oliveira et al. (2014)	Nelore	593	0,14
Santana et al. (2014)	Nelore	1.038	0,20

[1] n = número de animais avaliados.
[2] CAR = consumo alimentar residual (kg/dia).

As estimativas de herdabilidade relatadas na literatura, para as características CAR, Consumo e GPD apresentam moderada a alta magnitudes (Tabela 1). A característica consumo alimentar residual apresentou variações de 0,13 a 0,68. De acordo com Del Claro et al. (2012), tal fato pode ser atribuído à tendência de as estimativas de herdabilidade provenientes de amostras menores ou com estrutura de família fraca (com erro-padrão maior) apresentarem valores mais altos aos das estimativas de herdabilidade de amostras maiores (com erro-padrão menor). Os autores ressaltam que, ao realizarem estudo de meta análise com 22 artigos publicados desde 1963, 67% da variação das estimativas de herdabilidade para a característica CAR foi explicada pelos fatores sexo, parentesco e raça.

Koch et al. (1963), autores do primeiro trabalho publicado sobre parâmetros genéticos para CAR, estudaram dados provenientes de animais de linhagens de Angus, Hereford e Shorthorn. Os autores estimaram a herdabilidade para CAR (0,28) com base no parentesco de

machos com progênies, não sendo considerado o parentesco de filhos da mesma fêmea, metodologia disponível na época da publicação do trabalho.

Nota-se, na literatura, uma alta variação nas estimativas encontradas para correlações genéticas entre CAR e consumo, e entre CAR e GPD (Tabela 2). Isso ocorre em razão de que cada rebanho analisado apresentará variâncias genéticas aditivas singulares a suas peculiaridades, como seleções, e coeficientes de parentesco (PEREIRA, 2014). Na Tabela 3, verifica-se variâncias genética aditiva para CAR, encontradas na literatura. Tendo em vista que o ganho genético é dependente da herdabilidade da característica avaliada, da intensidade de seleção praticada no rebanho e da variância da característica, quando a seleção animal é realizada há tempos com determinado enfoque, há uma tendência de diminuição da variância genética do rebanho e consequentemente a herdabilidade será baixa (PEREIRA, 2014). Nesse tipo de situação, para manter o ganho genético, é importante incluir variância genética no rebanho, por exemplo, inserindo nos cruzamentos material genético de animais melhoradores provenientes de outras linhagens.

A avaliação genética de bovinos para CAR consiste em estimar parâmetros genéticos para as características de eficiência alimentar, identificar e selecionar os animais geneticamente superiores para CAR, multiplicá-los por meio de cruzamentos direcionados e assim aumentar a frequência de genes relacionados a maior eficiência alimentar no rebanho. A intenção é que, com a utilização da avaliação genética de bovinos para CAR, haja diminuição dos custos de produção e manutenção do desempenho animal.

Em razão da dificuldade em se mensurar o consumo alimentar de bovinos de corte, ainda há um baixo número de dados para a estimação de DEPs (diferença esperada na progênie) para CAR em programas de melhoramento genético. Portanto, essa característica ainda não integra os principais programas de avaliação genética de bovinos do país. Para reverter essa situação, alguns centros de pesquisa e também criadores

particulares têm realizado provas de desempenho individual de eficiência alimentar, ranqueando os animais participantes de acordo com seu desempenho para o CAR. O número de animais avaliados para CAR vêm aumentando no Brasil e espera-se que, em um futuro próximo, essa característica possa ser utilizada nos programas de melhoramento genético, com DEPs de significativa acurácia.

Atualmente, para utilizar o melhoramento genético no CAR em prol da eficiência alimentar de bovinos de corte, o criador pode optar por avaliar o consumo individual em sua própria fazenda e assim selecionar e utilizar como reprodutores animais do seu próprio rebanho ou então adquirir material genético advindo de fazendas ou centros de pesquisa que já realizam provas de eficiência alimentar. O principal obstáculo para a avaliação do consumo individual em propriedades comerciais é o alto custo da tecnologia necessária, associado à dificuldade técnica para medir essa característica. Essa situação, somada ao fato de que o CAR possui moderada a alta herdabilidade (Tabela 1), culmina na intenção de que o CAR seja uma característica avaliada por seleção assistida por marcadores (Santana, 2013). Dessa maneira, o DNA ou outros marcadores preditivos poderiam ser usados nos programas de seleção, entretanto essa tecnologia ainda está em crescimento no país e carece de mais pesquisas e divulgação aos produtores rurais para que se torne uma acessível ferramenta do melhoramento genético em relação à eficiência na utilização de alimentos em bovinos de corte no Brasil.

Pesquisas realizadas por Sherman et al. (2009), com animais provenientes de rebanhos da raça Angus, Charolês e Alberta híbrido, testaram variações alélicas em milhares de genes, com a intenção de associar essas variações com o CAR. Esses autores encontraram seis polimorfismos de base única (SNPs) associados ao CAR. Em posterior estudo realizado com o intuito de procurar novos SNPs relacionados com o CAR em 2.663 bovinos Bos taurus taurus e composto, Sherman et al. (2010) encontraram 150 SNPs associados com o CAR e formaram um painel de SNPs na eficiência alimentar avaliada pelo CAR, explicando cerca de 50% da variação do CAR para a população estudada.

Estudando animais da raça Nelore, Gomes (2009) sugeriu não haver associação entre eficiência alimentar e polimorfismos SNP em genes relacionados com processos de síntese e degradação proteica, anteriormente descrita em bovinos taurinos. Ao analisar dados de 1.058 animais da raça Nelore com fenótipo para características de eficiência alimentar, Santana (2013) apontou regiões genômicas por meio de associação de amplo genoma, relacionadas com a ingestão de matéria seca, CAR e GPD e não foram encontradas associações nos SNPs localizados em genes relacionados ao transporte iônico (TRPM3 e ITPR), entretanto, no SNP no gene PDE3B (relacionado ao controle de apetite), houve associação ($P < 0,05$) com o CAR.

Pesquisas de genômica aplicada a características de eficiência alimentar em bovinos de corte devem ser incentivadas no Brasil na tentativa de identificar um número razoável de marcadores moleculares associados às variáveis como CAR. Espera-se que as principais barreiras que dificultam a adoção plena de marcadores para avaliação genética e seleção frente ao CAR, interação genética dos genes que afetam o CAR e o número reduzido de animais com estimativas de alta qualidade para CAR (MOORE et al., 2009) sejam brevemente superadas e assim haja significativa evolução genética do rebanho bovino brasileiro na utilização de alimentos.

Considerações Finais

A seleção de bovinos para o consumo alimentar residual resulta em rebanhos com menor exigência de mantença e menor consumo, entretanto, há divergências quanto a outras características economicamente relevantes, como qualidade de carcaça e precocidade reprodutiva. Ao verificar correlações indesejadas entre o CAR e outras variáveis importantes no objetivo de seleção, há a possibilidade da inclusão de ajustes no cálculo do consumo esperado, tornando a característica fenotipicamente independente da medida para a qual foi ajustada. A utilização do CAR de maneira ponderada com demais características de interesse econômico, permite a seleção de animais

eficientes na utilização de alimentos, mantendo bons índices de produtividade. São necessários mais estudos genéticos, sobretudo em animais zebuínos, que demonstrem resultados da utilização do CAR como critério de seleção, mantendo o progresso genético das demais caraterísticas pertencentes ao objetivo de seleção.

Referências

ALMEIDA, R.; LANNA, D. P. D.; LEME, P. R. Consumo alimentar residual: um novo parâmetro para avaliar a eficiência alimentar de bovinos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais**... Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004.

ARCHER, J. A.; RICHARDSON, E. C.; HERD, R. M.; ARTHUR, P. F. Potential for selection to improve efficiency of feed use in beef cattle: a review. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v. 50, n. 2, p. 147-162, 1999.

ARTHUR, P. F.; ARCHER, J. A.; JOHNSTON, D. J.; HERD, R. M.; RICHARDSON, E. C.; PARNELL, P. F. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency, and other postweaning traits in Angus cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 79, n. 11, p. 2805-2811, 2001.

ARTHUR, P. F.; HERD, R. M.; WILKINS, J. F.; ARCHER, J. A maternal productivity of angus cows divergently selected for post-weaning residual feed intake. **Animal Production Science**, Clayton South, v. 45, n. 8, p. 985-993, 2005.

AWDA, B. J.; MILLER, S. P.; MONTANHOLI, Y. R.; VOORT, G. V.; CALDWELL, T.; BUHR, M. M.; SWANSON, K. C. The relationship between feed efficiency traits and fertility in young beef bulls. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 93, n. 2, p. 185-192, 2013.

BARBOSA, R. T.; BARBOSA, P. F.; ALENCAR, M. D.; OLIVEIRA, F.; FONSECA, V. Biometria testicular e aspectos do sêmen de touros das raças Canchim e Nelore. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 15, n. 3, p.159-170, 1991.

BARWICK, S. A.; WOLCOTT, M. L.; JOHNSTON, D. J.; BURROW, H. M.; SULLIVAN, M. T. Genetics of steer daily and residual feed intake in two tropical beef genotypes, and relationships among intake, body composition, growth and other post-weaning measures. **Animal Production Science**, Clayton South, v. 49, n. 6, p. 351-366, 2009.

BASARAB, J. A.; PRICE, M. A.; AALHUS, J. L.; OKINE, E. K.; SNELLING, W. M.; LYLE, K. L. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 83, n. 2, p. 189-204, 2003.

BASARAB, J. A.; COLAZO, M. G.; AMBROSE, D. J.; NOVAK, S.; MCCARTNEY, D.; BARON, V. S. Residual feed intake adjusted for backfat thickness and feeding frequency is independent of fertility in beef heifers. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 91, n. 4, p. 573-584, 2011.

BERRY, D. P.; CROWLEY, J. J. Residual intake and body weight gain: a new measure of efficiency in growing cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 90, n. 1, p. 109-115, 2012.

BYERLY, T. C. **Feed and other costs of producing market eggs**. College Park: University of Maryland Agric. Exp., 1941. (Technical Bulletin A1)

CAMERON, N. D. Across species comparison in selection for efficiency. In: WORLD CONGRESS ON GENETIC APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 6., 1998, Armidale. **Proceedings**... Armidale, Australia, 1998. v. 25, p. 73-8.

CASTRO BULLE, F. C. P.; PAULINO, P. V.; SANCHES, A. C.; SAINZ, R. D. Growth, carcass quality, and protein and energy metabolism in beef cattle with different growth potentials and residual feed intakes. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, n. 4, p. 928-936, 2007.

CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; DELAVAUD, C.; BOCQUIER, F. Plasma leptin in underfed or overfed adult Holstein and Charolais cows, and its relationship with adipose tissue cellularity. **International Journal of Obesity**, London, v. 22, Suppl 3, p. s171, 1998.

CORVINO, T. L. S.; BRANCO, R. H.; BONILHA, S. F. M.; RAZOOK, A. G.; NETO, A. P.; DE CASTILHOS, A. M. Consumo alimentar residual e reatividade de bovinos Nelore.In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46., 2009, Maringá. **Anais**... Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2009.

CROWLEY, J. J.; MCGEE, M.; KENNY, D. A.; CREWS, D. H.; EVANS, R. D.; BERRY, D. P. Phenotypic and genetic parameters for different measures of feed efficiency in different breeds of Irish performance-tested beef bulls. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, n. 3, p. 885-894, 2010.

CROWLEY, J. J.; EVANS, R. D.; MC HUGH, N.; KENNY, D. A.; MCGEE, M.; CREWS, D. H.; BERRY, D. P. Genetic relationships between feed efficiency in growing males and beef cow performance. J**ournal of Animal Science**, Champaign, v. 89, n. 11, p. 3372-3381, 2011.

DEL CLARO, A. C.; MERCADANTE, M. E. Z.; SILVA, J. A. II V. Meta-análise de parâmetros genéticos relacionados ao consumo alimentar residual e a suas características componentes em bovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 2, p. 302-310, 2012.

DIAS, A. M.; OLIVEIRA, L. B. D.; ÍTAVO, L. C. V.; MATEUS, R. G.; GOMES, E. N. O.; COCA, F. O. D. C. G.; MATEUS, R. G. Terminação de novilhos Nelore, castrados e não

castrados, em confinamento com dieta alto grão. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 17, n. 1, p. 45-54, 2016.

REIS, S. F. dos; FAUSTO, D. A.;MEDEIROS, S. R. de; PAULINO, P. V. R.; VALADARES FILHO, S. de C.; TORRES JÚNIOR, R. A. de A. Feed efficiency and meat quality of crossbred beef heifers classified according to residual feed intake. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 16, n. 3, p. 632-642, 2015

DURUNNA, O. N.; PLASTOW, G.; MUJIBI, F. D. N.; GRANT, J.; MAH, J.; BASARAB, J. A.; WANG, Z. Genetic parameters and genotype × environment interaction for feed efficiency traits in steers fed grower and finisher diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, n. 11, p. 3394-3400, 2011.

EUCLIDES FILHO, K. Evolução do melhoramento genético de bovinos de corte no Brasil. **Revisa Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 5, p. 620-626, set/out, 2009.

GOMES, R. da 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 em Zootecnia) – Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2009.

GRION, A. L.; MERCADANTE, M. E. Z.; CYRILLO, J. N. S. G.; BONILHA, S. F. M.; MAGNANI, E.; BRANCO, R. H. Selection for feed efficiency traits and correlated genetic responses in feed intake and weight gain of Nellore cattle. J**ournal of Animal Science**, Champaign, v. 92, n. 3, p. 955-965, 2014.

HAFLA, A. N.; LANCASTER, P. A.; CARSTENS, G. E.; FORREST, D. W.; FOX, J. T.; FORBES, T. D. A.; HOLLOWAY, J. W. Relationships between feed efficiency, scrotal circumference, and semen quality traits in yearling bulls. **Journal of animal science**, Champaign, v. 90, n. 11, p. 3937-3944, 2012.

HERD, R. M.; ARCHER, J. A.; ARTHUR, P. F. Reducing the cost of beef production through genetic improvement in residual feed intake: opportunity and challenges to application. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, Suppl 1, p. E9-E17, 2003.

HERD, R. M.; ARTHUR, P. F. Physiological basis for residual feed intake. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, n. 14 suppl, p. E64-E71, 2009.

HOQUE, M. A.; ARTHUR, P. F.; HIRAMOTO, K.; OIKAWA, T. Genetic relationship between different measures of feed efficiency and its component traits in Japanese Black (Wagyu) bulls. **Livestock Science**, Foulum, v. 99, n. 2, p. 111-118, 2006.

KELLY, A. K.; MCGEE, M.; CREWS, D. H.; FAHEY, A. G.; WYLIE, A. R.; KENNY, D. A. Effect of divergence in residual feed intake on feeding behavior, blood metabolic variables, and body composition traits in growing beef heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, n. 1, p. 109-123, 2010.

KOCH, R. M.; SWIGER, L. A.; CHAMBERS, D.; GREGORY, K. E. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 22, n. 2, p. 486-494, 1963.

LANCASTER, P. A.; CARSTENS, G. E.; RIBEIRO, F. R. B.; DAVIS, M. E.; LYONS, J. G.; WELSH, T. H. Effects of divergent selection for serum IGF-I concentration on performance, feed efficiency and ultrasound measures of carcass composition traits in Angus bulls and heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, n. 11, p. 2862-2871, 2008.

LANCASTER, P. A.; CARSTENS, G. E.; CREWS, D. H.; WELSH, T. H.; FORBES, T. D. A.; FORREST, D. W.; ROUQUETTE, F. M. Phenotypic and genetic relationships of residual feed intake with performance and ultrasound carcass traits in Brangus heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, n. 12, p. 3887-3896, 2009.

LANNA, D. P.; ALMEIDA, R. *Residual feed intake*: um novo critério para seleção? In: SIMPÓSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 5., 2004, Pirassununga. **Anais**... Pirassununga: SBMA, 2004.

LIMA, N. L. L.; PEREIRA, I. G.; RIBEIRO, J. S. Consumo alimentar residual como critério de seleção para eficiência alimentar. **Acta Veterinaria Brasilica**, Mossoró, v. 7, n. 4, p. 255-260, 2013.

LOYD, A. N.; NEUENDORFF, D. A.; LEWIS, A. W.; FORBES, T. D. A.; RANDEL, R.D. Neither temperament or residual feed intake affect sexual maturity in Brahman heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign. v. 88, E-Suppl. 2, p. 505, 2010.

LUCILA SOBRINHO, T.; BONILHA, S. F. M.; GONÇALVES, H. C.; CASTILHOS, A. M. D.; MAGNANI, E.; RAZOOK, A. G.; BRANCO, R. H. Feedlot performance, feed efficiency and carcass traits in Nellore cattle selected for postweaning weight. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 42, n. 2, p. 125-129, 2013.

MAGNANI, E.; NASCIMENTO, C. F. do; BRANCO, R. H.; BONILHA, S. F. M.; RIBEIRO, E. G.; MERCADANTE, M. E. Z. Relações entre consumo alimentar residual, comportamento ingestivo e digestibilidade de novilhas Nelore. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 70, n. 2, p. 187-194, 2013.

MANAFIAZAR, G.; BASARAB, J. A.; BARON, V. S.; MCKEOWN, L.; DOCE, R. R.; SWIFT, M.; OMINSKI, K. Effect of post-weaning residual feed intake classification on grazed grass intake and performance in pregnant beef heifers. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 95, n .3, p. 369-381, 2015.

MAO, F.; CHEN, L.; VINSKY, M.; OKINE, E.; WANG, Z.; BASARAB, J.; LI, C. Phenotypic and genetic relationships of feed efficiency with growth performance, ultrasound, and carcass merit traits in Angus and Charolais steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 91, n. 5, p. 2067-2076, 2013.

MINTON, J. E.; BINDEL, D. J.; DROUILLARD, J. S.; TITGEMEYER, E. C.; GRIEGER, D. M.; HILL, C. M. Serum leptin is associated with carcass traits in finishing cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, Suppl 1, p. 231, 1998.

MOORE, K. L.; JOHNSTON, D. J.; GRASER, H. U.; HERD, R. Genetic and phenotypic relationships between insulin-like growth factor-I (IGF-I) and net feed intake, fat, and growth traits in Angus beef cattle. **Crop and Pasture Science**, Clayton South, v. 56, n. 3, p. 211-218, 2005.

MOORE, S. S.; MUJIBI, F. D.; SHERMAN, E. L. Molecular basis for residual feed intake in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, n. 14 Suppl., p. E41-E47, 2009.

MUJIBI, F. D. N.; NKRUMAH, J. D.; DURUNNA, O. N.; STOTHARD, P.; MAH, J.; WANG, Z.; MOORE, S. S. Accuracy of genomic breeding values for residual feed intake in crossbred beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, n. 11, p. 3353-3361, 2011.

NEGRÃO, A. B.; LICINIO, J. Leptina: o diálogo entre adipócitos e neurônios. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia Metabologia**, São Paulo, v. 44, n. 3, p. 205-214, 2000.

NKRUMAH, J. D.; BASARAB, J. A.; PRICE, M. A.; OKINE, E. K.; AMMOURA, A.; GUERCIO, S.; MOORE, S. S. Different measures of energetic efficiency and their phenotypic relationships with growth, feed intake, and ultrasound and carcass merit in hybrid cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, n. 8, p. 2451-2459, 2004.

NKRUMAH, J. D.; BASARAB, J. A.; WANG, Z.; LI, C.; PRICE, M. A.; OKINE, E. K.; MOORE, S. S. Genetic and phenotypic relationships of feed intake and measures of efficiency with growth and carcass merit of beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, n. 10, p. 2711-2720, 2007.

OKANISHI, T.; SHOJO, M.; KATSUTA, T.; OYAMA, K.; MUKAI, F. Genetic analysis of residual feed intakes and other performance test traits of Japanese Black cattle from revised protocol. **Animal Science Journal**, Malden, v. 79, n. 3, p. 291-296, 2008.

OKINE, E. K.; BASARAB, J. A.; GOONEWARDENE, L. A.; MIR, P. Residual feed intake and feed efficiency: differences and implications. In:FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 15., 2004, Gainesville. **Proceedings**... Gainesville: University of Florida, p.27-38. 2004.

OLIVEIRA, P. S.; CESAR, A. S.; DO NASCIMENTO, M. L.; CHAVES, A. S.; TIZIOTO, P. C.; TULLIO, R. R.; REECY, J. M. Identification of genomic regions associated with feed efficiency in Nelore cattle. **BMC genetics**, London, v. 15, n. 1, p. 100, 2014.

PEREIRA, J. C. C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. 4. ed. Belo Horizonte: FEPMVZ Editora, 2014. 758 p.

RANDEL, R. D.; WELSH JR, T. H. Interactions of feed efficiency with beef heifer reproductive development. Journal of Animal Science, Champaign, v. 91,p.1321-1322, 2013.

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

ROLF, M. M.; TAYLOR, J. F.; SCHNABEL, R. D.; MCKAY, S. D.; MCCLURE, M. C.; NORTHCUTT, S. L.; WEABER, R. L. Impact of reduced marker set estimation of genomic relationship matrices on genomic selection for feed efficiency in Angus cattle. **BMC genetic**s, London, v. 11, n. 1, p. 24, 2010.

ROLFE, K. M.; SNELLING, W. M.; NIELSEN, M. K.; FREETLY, H. C.; FERRELL, C. L.; JENKINS, T. G. Genetic and phenotypic parameter estimates for feed intake and other traits in growing beef cattle, and opportunities for selection. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, n. 11, p. 3452-3459, 2011.

ROMERO, C. E. M.; ZANESCO, A. O papel dos hormônios leptina e grelina na gênese da obesidade. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 85-91, 2006.

SANCHES, A.; REYES, A.; PAULINO, V. Leptina plasmática e característica de carcaça em novilhos de corte de alto e baixo consumo alimentar residual. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Produção animal em biomas tropicais**: anais... João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia: UFPB, 2006. 1 CD-ROM.

SANTANA, M. H. A. **Estudo genético e genômico da ingestão e eficiência alimentar em bovinos da raça Nelore (*Bos indicus*)**. 74 f. 2013. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade de São Paulo, Pirassununga. 2013

SANTANA, M. H. A.; ROSSI JR, P.; ALMEIDA, R.; CUCCO, D. C. Feed efficiency and its correlations with carcass traits measured by ultrasound in Nellore bulls. **Livestock Science**, Foulum, v. 145, n. 1, p. 252-257, 2012.

SANTANA, M. H. A.; ROSSI JR, P.; ALMEIDA, R.; CUCCO, D. C. Genetic parameter estimates for feed efficiency and dry matter intake and their association with growth and carcass traits in Nellore cattle. **Livestock Science**, Foulum, v. 167, p. 80-85, 2014.

SCHENKEL, F. S.; MILLER, S. P.; WILTON, J. W. Genetic parameters and breed differences for feed efficiency, growth, and body composition traits of young beef bulls. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 84, n. 2, p. 177-185, 2004.

SHAFFER, K. S.; TURK, P.; WAGNER, W. R.; FELTON, E. E. D. Residual feed intake, body composition, and fertility in yearling beef heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, n. 4, p. 1028-1034, 2011.

SHERMAN, E. L.; NKRUMAH, J. D.; LI, C.; BARTUSIAK, R.; MURDOCH, B.; MOORE, S. S. Fine mapping quantitative trait loci (QTL) for feed intake and feed efficiency in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.87, n.1, p.37-45, 2009.

SHERMAN, E. L.; NKRUMAH, J. D.; MOORE, S. S. Whole genome single nucleotide polymorphism associations with feed intake and feed efficiency in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, n. 1, p. 16- 22, 2010.

YOKOO, M. J.; ALBUQUERQUE, L. G. D.; LÔBO, R. B.; BEZERRA, L. A. F.; ARAUJO, F. R. C.; SILVA, J. A. V.; SAINZ, R. D. Genetic and environmental factors affecting ultrasound measures of longissimus muscle area and backfat thickness in Nelore cattle. **Livestock Science**, Foulum, v. 117, n. 2, p.147-154, 2008.

YOKOO, M. J. I.; WERNECK, J. N.; PEREIRA, M. C.; ALBUQUERQUE, L. G. D.; KOURY FILHO, W.; SAINZ, R. D.; ARAUJO, F. R. D. C. Correlações genéticas entre escores visuais e características de carcaça medidas por ultrassom em bovinos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 2, p. 197-202, 2009.

WANG, Z.; COLAZO, M. G.; BASARAB, J. A.; GOONEWARDENE, L. A.; AMBROSE, D. J.; MARQUES, E.; MOORE, S. S. Impact of selection for residual feed intake on breeding soundness and reproductive performance of bulls on pasture-based multisire mating. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 90, n. 9, p. 2963-2969, 2012.

WILLIAMS, Y. J.; PRYCE, J. E.; GRAINGER, C.; WALES, W. J.; LINDEN, N.; PORKER, M.; HAYES, B. J. Variation in residual feed intake in Holstein-Friesian dairy heifers in southern Australia. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 94, n. 9, p. 4715-4725, 2011.

ZAMANI, P.; MIRAEI-ASHTIANI, S. R.; MOHAMMADI, H. Genetic parameters of residual energy intake and its correlations with other traits in Holstein dairy cattle. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Science**, Ankara, v. 32, n. 4, p. 255-261, 2008.

Use of Residual Feed Intake to Promote Animal Breeding in Beef Cattle Concerning the Feed Efficiency

Abstract

The promotion of profitability in the cattle includes growing and permanent adoption of technologies. One of the strategies is the incorporation of higher feed efficiency improvers animals in herds without compromising performance. For this may be used residual feed intake (RFI) that allows identification of animals that perform well in the production of meat with lower than expected consumption. This paper presents a literature review elucidating information about using CAR as a measure of feed efficiency and impact of their use as selection criteria. Selection for CAR results in herds with less need for maintenance and consumption, however, there is disagreement about the implications on carcass traits and reproductive precocity. This indicates that, although, more studies are needed, especially in Zebu, evaluating the impact of selection for CAR.

Index terms: Feed efficiency, genetic parameters, beef cattle.

Embrapa

Cerrados

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

BRASIL
GOVERNO FEDERAL

CGPE: 13269