



THAYNARA KELLYN TEIXEIRA

**TRIAL DURATION FOR FEED EFFICIENCY,
RESIDUAL FEED INTAKE AND PERFORMANCE AND
CARCASS TRAITS IN THE BRAHMAN BREED**

**LAVRAS - MG
2022**

THAYNARA KELLYN TEIXEIRA

**TRIAL DURATION FOR FEED EFFICIENCY, RESIDUAL FEED INTAKE
AND PERFORMANCE AND CARCASS TRAITS IN THE BRAHMAN BREED**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para a obtenção do título de Mestre.

Dra. Sarah Laguna Conceição Meirelles
Orientadora

**LAVRAS – MG
2022**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Teixeira, Thaynara Kellyn.

Trial duration for feed efficiency, residual feed intake and
performance and carcass traits in the Brahman breed / Thaynara
Kellyn Teixeira. - 2022.

73 p.

Orientador(a): Sarah Laguna Conceição Meirelles.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. Melhoramento genético animal. 2. Consumo alimentar
residual. 3. bovinocultura de corte. I. Meirelles, Sarah Laguna
Conceição. II. Título.

THAYNARA KELLYN TEIXEIRA

**TRIAL DURATION FOR FEED EFFICIENCY, RESIDUAL FEED INTAKE AND
PERFORMANCE AND CARCASS TRAITS IN THE BRAHMAN BREED**

**DURAÇÃO DO TESTE DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR, CONSUMO ALIMENTAR
RESIDUAL E CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO E CARÇA NA RAÇA
BRAHMAN**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA EM 30 DE JUNHO DE 2022.

Dr ^a . Sarah Laguna Conceição Meirelles	UFLA
Dr. Jaime Urdapilleta Tarouco	UFRGS
Dr. Erick Darlisson Batista	UFLA

Orientadora
Dra. Sarah Laguna Conceição Meirelles

**LAVRAS – MG
2022**

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

José de Alencar

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por nunca me deixar acreditar que na possibilidade de fracassar, desistir ou mesmo desanimar quando as críticas bateram de frente. Hoje, eu entendo que todo processo doloroso tem seu motivo e sentido de ocorrer e por isso agradeço imensamente a Deus por passar por cada um deles durante todo processo.

Agradeço aos meus pais e todos os familiares que me incentivaram todos os dias a não deixar de seguir meus sonhos, mesmo sendo eles difíceis de alcançar.

Agradeço a professora Sarah Meirelles, que sempre me encorajou a arriscar e me colocando em constante provas e desafios. Obrigada professora, por cada puxão de orelha e vários conselhos maravilhosos que só me fizeram amadurecer ao longo de todo o processo.

Agradeço a Marielle, que foi e é um anjo e me ajudou durante todo o mestrado, me apoiando em todos os momentos de desespero e pedido de ajuda.

Obrigada ao grupo de estudos GMAB, que me proporcionou experiências únicas de conhecimentos, aprendizado e laços que serão eternos.

Agradeço a Universidade Federal de Lavras – UFLA, Casa Branca Agropastoril, pela parceria à professora Sarah e ao grupo de estudos GMAB, por compartilhar as informações necessárias para o desenvolvimento da pesquisa e além disso, pela experiência de participar das provas de desempenho realizadas na fazenda junto dos alunos da professora Sarah Meirelles.

Obrigada a todos e, Senhor obrigada por toda honra e toda glória.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO GERAL

O Brasil é destaque mundial na produção de carne bovina, porém possui baixa produtividade e os custos de produção são considerados altos. A alimentação é o principal custo operacional, sendo responsável por mais da metade das despesas. Aumentar a eficiência de utilização do alimento para produção desses animais deve ser considerada uma busca contínua. Atualmente, o consumo alimentar residual (CAR) vem se destacando na seleção de bovinos de corte, pois é considerada uma ferramenta que identifica os animais mais eficientes, ou seja, animais que consomem menos, mas não comprometem o seu desempenho. Para avaliar o CAR, existe a necessidade da realização de testes de eficiência alimentar, que mensuram variáveis que compõem o cálculo do mesmo, e pesquisadores realizam o teste com duração de 70 dias, além do período de adaptação. Estudos para reduzir o tempo de teste vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de maximizar a eficiência dos equipamentos necessários para mensuração. O objetivo proposto neste trabalho foi determinar entre os períodos avaliados, qual seria o melhor para que se possa reduzir a duração do teste para avaliar características que compõem a eficiência alimentar utilizando equipamento eletrônico de mensuração do consumo alimentar individual (Intergado®) e avaliar as características de desempenho e carcaça dos animais classificados em três classes de CAR: baixo, médio e alto. O banco de dados foi composto de informações de animais Brahman da Fazenda Santa Éster, de propriedade da Casa Branca Agropastoril Ltda., localizada no município de Silvianópolis – MG. Foram utilizados dados de 93 touros jovens da raça Brahman, com média de idade inicial de 420 dias, nos quais participaram de cinco testes de eficiência alimentar (teste 1, 2, 3, 4 e 5). Cada teste teve duração de 70 dias, posteriormente a um período de adaptação de 15 dias. Para registro das informações de consumo foi utilizado cochos eletrônicos individuais (Intergado®). O cálculo do CAR foi obtido pela regressão múltipla realizada no software R. Os testes foram subdivididos em cinco períodos de duração (28, 35, 42, 56 e 70 dias), realizado os ajustes para as variáveis para o cálculo do CAR de acordo com cada período estudado. Para estimar a correlação de Spearman foi utilizado o software R. As variáveis de desempenho e composição de carcaça foram ajustadas pelo método dos quadrados mínimos e comparadas entre as classes de CAR pelo teste Tukey-kramer, a 5% de probabilidade. As análises de variância foram realizadas pelo procedimento GLM do SAS. Em virtude dos resultados, para a característica CAR é possível reduzir o período de duração de teste de 70 para 42 dias, favorecendo assim para a otimização dos equipamentos, redução de custos de manejo e proporcionando a possibilidade de avaliar um maior número de animais no rebanho. Os animais que foram classificados como CAR baixo apresentaram uma deposição de gordura na carcaça semelhante a um animal comum e não houve comprometimento nas variáveis de desempenho. Portanto animais mais eficientes são a possibilidade de obter um sistema de produção sustentável e economicamente viável, sem prejudicar a qualidade do produto final.

Palavras-chaves: Ganho Médio Diário. Peso Vivo Metabólico. Zebuínos.

GENERAL SUMMARY

Brazil is one of the largest beef producers worldwide; however, it has low productivity and production costs are considered high. Feed is the main operational cost and represents more than half of expenditures. Increasing feed use efficiency for production of these animals should be a constant endeavor. Currently, residual feed intake (RFI) has become a prominent measure in selection of beef cattle, because it is considered to be a tool that identifies more efficient animals, that is animals that consume less feed but without loss in their performance. To evaluate the RFI, it is necessary to conduct feed efficiency tests that measure variables that are components in calculation of the RFI, and researchers conduct the test with a duration of 70 days beyond the adaptation period. Studies toward reducing the time of the test are being developed with the aim of maximizing the efficiency of the equipment necessary for measurement. The objective proposed in this study was to determine which would be the best period among those evaluated to be able to reduce the duration of the test for evaluating traits that make up the feed efficiency measure using electronic equipment (Intergado®) for measuring individual feed intake and evaluating the performance and carcass traits of the animals in three RFI classes: low, medium, and high. The database was composed of information on Brahman animals of the Santa Éster Farm owned by Casa Branca Agropastoril Ltda., in the municipality of Silvianópolis, MG. We used data on 93 young bulls of the Brahman breed with an average initial age of 420 days, which participated in five feed efficiency tests (test 1, 2, 3, 4, and 5). Each test had a duration of 70 days after a 15-day adaptation period. Individual electronic feeding troughs (Intergado®) were used to record information on feed intake. The RFI was calculated by multiple regression on the R software. The tests were subdivided into five periods of duration (28, 35, 42, 56, and 70 days), making adjustment for the variables for calculation of the RFI according to each period studied. The R software was used to estimate the Spearman correlation. The carcass performance and composition variables were fitted by the least squares method and compared among the RFI classes by the Tukey-Kramer test at 5% probability. The analyses of variance were carried out by the GLM procedure of SAS. Based on the results, for the RFI trait, it is possible to reduce the period of duration of the test from 70 days to 42 days, thereby favoring optimization of the equipment and reduction in management costs and making it possible to evaluate a larger number of animals in the herd. The animals that were classified as low RFI exhibited carcass fat deposition similar to a common animal, and performance variables were not compromised. Therefore, more efficient animals are a possibility for obtaining a sustainable and economically viable production system without lowering the quality of the final product.

Keywords: average daily gain, metabolic live weight, zebu

RESUMO INTERPRETATIVO E RESUMO GRÁFICO

A compreensão sobre os objetivos dos testes de eficiência alimentar, o conceito de consumo alimentar residual, auxilia em importantes mecanismos de avaliação e evolução genética quando se fala em seleção de bovinos de corte, visando um sistema de produção homogêneo e satisfatório. Aqui, parâmetros comumente estimados foram obtidos a partir de um banco de dados derivados de testes de eficiência alimentar utilizando equipamentos de última geração, que auxiliam na avaliação da eficiência alimentar, além das análises de correlações entre animais eficientes e sua produtividade. Novas informações sobre o desempenho e características de carcaça da raça foram observadas. Estes resultados podem dar subsídios para a redução dos períodos de teste de um futuro programa de melhoramento genético na raça, além de auxiliar a desmistificar o relato de que animais mais eficientes apresentam um desempenho ruim e uma carcaça escassa de gordura, garantindo assim a evolução de padrões, potencializando a cadeia produtiva da bovinocultura de corte.



Resumo gráfico. Os animais participaram de cinco testes de eficiência alimentar com duração de 70 dias, no qual foram coletados dados de consumo através dos cochos eletrônicos Intergado®. As pesagens foram realizadas automaticamente, as avaliações de carcaça foram obtidas por ultrassom. Foram gerados dados contendo todas as informações necessárias para o cálculo do CAR. As correlações de Spearman foram calculadas no programa R e posteriormente interpretamos os resultados. Para a análise entre as classes de CAR, os animais foram classificados em 3 classes: baixo, médio e alto CAR e foram feitas as análises de variância e interpretação entre as classes de CAR com características de desempenho e carcaça.

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE – REFERENCIAL TEÓRICO	10
1 INTRODUÇÃO	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 A raça Brahman	13
2.2 Melhoramento genético em bovinos	14
2.3 Teste de Eficiência Alimentar	15
2.4 Consumo alimentar residual (CAR)	17
2.5 Consumo de matéria seca (CMS) e CAR	20
2.6 Espessura de gordura subcutânea (EGS) e CAR	20
2.7 Bases fisiológicas do CAR	21
2.8 Limitações e vantagens do CAR	23
2.9 Correlação de Spearman	24
REFERÊNCIAS	25
SEGUNDA PARTE – ARTIGOS	25
ARTICLE 1 – Avaliação da duração do teste de eficiência alimentar na raça Brahman	30
ARTIGO 2 – Relação entre medidas de eficiência alimentar e desempenho e características de carcaça na raça Brahman	57

PRIMEIRA PARTE – REFERENCIAL TEÓRICO

1 INTRODUÇÃO

Atualmente existe um aumento considerável com a preocupação relacionada à demanda por alimentos. A sociedade está cada dia mais interessada em saber a origem e a qualidade do alimento consumido, principalmente aos alimentos de origem animal. Segundo a Organização das Nações Unidas – ONU (2019), estima-se que a população mundial poderá atingir cerca de 9,8 bilhões de habitantes em 2050 e a demanda por alimentos para suprir toda essa população, especialmente a produção mundial de carne bovina deverá duplicar, e conseqüentemente o Brasil deverá aumentar sua produção em até 43,2%. Aguiar (2006) cita que nas próximas décadas, a demanda por proteína de origem animal aumentará significativamente enquanto a oferta de terras produtivas cada vez mais diminuirá.

O Brasil possui o maior rebanho bovino comercial com aproximadamente 214,69 milhões de cabeças, segundo dados da Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes Industrializadas – ABIEC (2020) e é o segundo maior rebanho em números de animais do mundo, ficando atrás somente da Índia. Em relação ao consumo de alimentos de origem animal, destacando a carne bovina, o Brasil é o terceiro maior consumidor de carne bovina do mundo segundo a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico - OCDE (2019), e sobre o mercado externo, o país, é o segundo maior exportador mundial de carne bovina, atingindo recorde de exportação em 2019 e 2020, exportando principalmente para a China, Hong Kong, Chile, Rússia, Egito, Arábia Saudita e Filipinas (ABIEC, 2020).

Diante de diversos desafios e oscilações de mercado, cada vez mais é notório a necessidade de produzir mais em um curto período de tempo. Para atender a esta demanda, dentro do setor pecuário existe um alto preço e diversas limitações dentro do sistema de criação, podendo listar o alto custo com alimentação dos animais, podendo variar entre 70 a 90% dos custos operacionais totais (VALADARES FILHO et al., 2002). Buscar oportunidades de minimizar alguns custos dentro do sistema é o um desafio e o melhoramento genético vem sendo uma excelente alternativa que pode gerar resultados a médio e longo prazo.

Estudos desenvolvidos dentro de programas de melhoramento genético têm incluído como critério de seleção a característica de eficiência alimentar, no qual é entendida como a capacidade que o animal tem de converter o alimento ingerido em produto de origem animal,

sendo ele em carne ou carcaça. Essas medidas de eficiência se destacam entre as principais características de importância econômica na criação de bovinos de corte. Buscar identificar dentro do sistema de criação esses animais eficientes para o consumo e melhor aproveitamento dos alimentos é uma estratégia interessante, visto que, trabalhar com a seleção de bovinos eficientes torna-se possível aumentar a lucratividade do sistema de produção, utilizando menores quantidade de insumos devido à menor exigência de manutenção (KOCH et al., 1963; LIMA et al., 2014; SAVIETTO et al., 2014) e reduzindo os impactos ambientais dos sistemas de produção de carne bovina (BASARAB et al., 2003).

Um dos parâmetros de indicadores de eficiência alimentar é o consumo alimentar residual (CAR), na qual sua avaliação traz benefícios e rentabilidade para todos os sistemas de produção de carne. De acordo com Koch et al. (1963), o método de avaliação do CAR foi definido como o resíduo resultado da diferença do consumo alimentar observado e o consumo alimentar predito, e calculado pela equação de regressão linear do consumo de matéria seca (CMS, kg/dia) em função do peso vivo metabólico (PVM, kg) e ganho de peso diário (GPD, kg/dia). Desta maneira, animais mais eficientes possuem o consumo observado menor que o predito e são classificados com CAR negativo, o contrário ocorre com animais de CAR positivo, que apresentam consumo observado maior que o predito e são classificados como menos eficientes (BASARAB et al., 2003).

Para estudos do CAR, o custo com equipamentos de mensuração de consumo alimentar individual, além de balanças eletrônicas são relativamente caro para implementação em determinados sistemas de criação de bovinos de corte, porém estudos mostram que a aquisição desses equipamentos pode ser suprida devido a otimização do uso, ou seja, realizando o maior número de avaliações de animais por determinado período. Alguns pesquisadores buscam estratégias para potencializar as formas de avaliação dessa característica como o Manual “Procedimentos para mensuração do consumo individual de alimento em bovino de corte” (2020), descrito por grandes empresas de pesquisa dentro do setor pecuário. Esse manual apresenta que para avaliação com pesagem diária automatizada é necessária uma duração mínima de teste de 42 dias válidos além do período de adaptação, sendo exigido 35 dias válidos de consumo para ser possível mensurar as características para o cálculo do CAR, porém pesquisas atuais demonstram grandes interesses em reduzir o período de avaliação dentro de rebanhos brasileiros que vem sendo realizado o período de duração de 70 dias.

Quando se fala em relações entre medidas de CAR com características de carcaça, existe uma tendência de estudos sobre a menor deposição de gordura apresentada pelos animais

com CAR negativo, uma vez que poderá apresentar uma depreciação da qualidade da carcaça, mas para corrigir esses problemas, tem sido proposto que o consumo predito seja calculado também em função da espessura de gordura subcutânea (MCDONAGH et al., 2001), e conforme Mahler (2016), as baixas correlações entre CAR e espessura de gordura subcutânea (EGS) são importantes, porque a seleção de animais com baixo CAR poderia resultar em uma redução significativa da EGS, afetando consideravelmente as medidas de carcaça ao abate e as fêmeas que permanecem no sistema.

Sobretudo, a variável CAR agrega grande importância, pois ao se avaliar os resultados é possível separar os animais de acordo com sua classificação, criando lotes de cria mais homogêneos que possivelmente serão terminados precocemente, porque animais terminados mais cedo podem resultar na redução de 25 a 30% na emissão de metano na atmosfera, e de 15 a 20 % na produção de dejetos (BASARAB et al., 2003), sendo vista essas informações como ponto positivo pelos consumidores no mercado mundial.

Diante do exposto acima, é importante estudar essas características relacionadas com a eficiência alimentar, especialmente o CAR, avaliando o período de teste de eficiência alimentar necessário para a avaliação das variáveis que compõem o cálculo e as relações que existem entre o CAR e características de desempenho e carcaça em bovinos da raça Brahman para que se seja possível trabalhar essa característica em programa de melhoramento genético dentro da população em estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A raça Brahman

A raça Brahman se originou no século XIX, nos Estados Unidos da América, a partir do cruzamento entre animais das raças Nelore, Gir, Guzerá e Krishna Valley (FARIA et al., 2010). Originalmente o objetivo fundamental da raça foi aliar resistência às condições inóspitas do Golfo do México com características produtivas de raças inglesas (como Angus, Hereford e Shorthorn), a raça experimentou grande sucesso nas regiões tropicais, sendo criada em mais de 70 países (FELÍCIO, 2010).

A introdução da raça no território brasileiro se consolidou no ano de 1994, através da primeira importação de animais americanos e posteriormente, de países como Argentina, Colômbia e Paraguai, totalizando 976 animais vivos que ingressaram até o mês de abril de 1994 (ABCZ, 2010). Entre os anos de 1995 a 2009, segundo informações da Associação de Criadores de Zebu (ABCZ) o volume de registros genealógicos de nascimento teve um aumento em média, 129% ao ano e o total de animais com registro definitivo nesse período avaliado foram de cerca de 64 mil indivíduos. Só no ano de 2005 foi registrado o nascimento de 10,5 mil animais na ABCZ, um aumento de 138% em relação a 2004.

A Associação de Criadores de Brahman no Brasil (ACBB), começou a atuar no país em 1993 antes mesmo da raça entrar oficialmente no Brasil. Durante sua trajetória realizou 2 congressos internacionais promovidos no país, no qual, o 1º Congresso Latino americano da Raça Brahman (2009) e o XV Congresso Mundial da Raça Brahman (2010), a associação divulgou o Brahman do Brasil para muitos países e de todos os continentes. A preocupação com qualidade e melhoramento genético da raça tornam principais iniciativas da ACBB, tendo exemplo do Pro-Brahman, Programa Nacional de Avaliação de Desempenho de Touros da Raça Brahman.

A raça Brahman atualmente apresenta as seguintes características: resistência a doenças e parasitas, adaptação a altas e baixas temperaturas, fertilidade e facilidade de parto; conversão eficiente de alimentos e menor exigência alimentar, precocidade sexual e de acabamento, docilidade e habilidade materna, qualificando essa raça de *Bos indicus* para os melhores trabalhos de seleção da pecuária de corte contemporânea (MARQUES, 2003).

O Brahman vem sendo usado no Brasil para a realização de cruzamento industrial com as diversas raças e sobre isso destacando sua grande importância, pois entre os principais países

que competem com o Brasil nas exportações de carne, usam como base o gado Brahman. O exemplo utilizado seria a Austrália, classificado como um dos maiores exportadores de carne mundial, onde 70% do seu rebanho de corte tem grau de sangue da raça. Os Estados Unidos, Colômbia e México também têm importantes rebanhos de corte com base no Brahman (ACGZ, 2012).

Para produção de carne, os cruzamentos com taurinos e outros zebuínos o Brahman evidencia muito a rusticidade, auxilia no ganho de peso e na qualidade de carne. Vários touros que têm os seus marcadores moleculares identificados são referências para a seleção de cruzados que são abatidos precocemente e apresentam bons resultados de rendimento e qualidade de carcaça.

A implementação da raça Brahman no cruzamento é interessante também para engorda como na reprodução. Muitas experiências relatam que machos meio-sangues Brahman/Nelore possuem média de 252 quilos e as fêmeas com 235 quilos. Na F1 com animais da raça Brahman/Angus, os machos são desmamados com 268 quilos e as fêmeas com 251 quilos. Os machos em sistema de confinamento são abatidos aos 24 meses apresentando média de 545 quilos. Já o gado engordado exclusivamente a pasto é abatido aos 30 meses com 530 quilos, ambos apresentam excelente cobertura de carcaça (ACGZ, 2012).

2.2 Melhoramento genético em bovinos

As primeiras características avaliadas em programas de melhoramento genético na bovinocultura foram as avaliações visuais, que levavam em consideração a associação dos biótipos morfológicos entre os animais. As avaliações eram feitas apenas considerando o olho humano como a principal ferramenta responsável por identificar animais de características superiores para seu posterior acasalamento. Atualmente, esse método de avaliação ainda é usual dentro do setor de corte, porém de forma mais criteriosa, devido à elaboração de metodologias de avaliação visual nos programas de melhoramento genético animal (OSSO, 2016).

No Brasil, o melhoramento genético de zebuínos iniciou-se na primeira metade do século XX. Em 1950, os trabalhos de melhoramento começaram a estabelecer padrões de características produtivas, como ganho de peso e conformação e, na década de 80 foram elaborados os primeiros programas de melhoramento genético de animais de corte (MENEZES, 2008).

O melhoramento de bovinos, através da seleção, permitiu uma evolução significativa das características produtivas desejáveis dentro do setor produtivo. Isso foi possível graças aos programas de âmbito nacional realizados por associações de criadores de raças especializadas, que buscavam a determinação de parâmetros genéticos, que poderiam ser usados pelos associados a programas de melhoramento de bovinos de corte e direcionando a seleção de características produtivas (LEITE, 2020).

2.3 Teste de Eficiência Alimentar

O fornecimento de alimentos corresponde ao maior custo no sistema de produção dentro da pecuária e, portanto, a seleção de animais eficientes no aproveitamento dos nutrientes da dieta, significaria uma maior rentabilidade da atividade e segundo Anderson et al. (2005), os custos com alimentação representam 2/3 do custo total do sistema de produção de bovinos de corte, ou seja, mais da metade da renda se destina a produção e compra de alimento.

Para gerar uma maior rentabilidade desse sistema de produção é necessário minimizar os custos, principalmente os relacionados à alimentação, e além disso utilizar alimentos mais baratos, porém não menos eficiente para a constituição das dietas, sendo importante a manutenção de rebanhos e identificação de animais mais eficientes (LIMA et al., 2013).

A seleção de animais para eficiência alimentar foi sendo desprezada pela indústria da carne bovina, provavelmente pela grande dificuldade de mensurar o consumo alimentar desses animais, em especial, sistemas extensivos de produção. Outra abordagem seria a afirmação que sempre se assumiu de que a eficiência alimentar estaria intimamente correlacionada à taxa de ganho (CAMERON, 1998; KENNEDY; VAN DER WERF; MEUWISSEN, 1993). Além disso, avaliar medidas individuais do consumo de matéria seca (CMS) é mais caro quando comparado ao ganho de peso, sendo esta, uma das limitações existentes para aplicação de medidas de eficiência alimentar em programas de seleção (CASTILHOS, 2011).

Grandes estudiosos afirmam que é possível selecionar animais mais eficientes, com altas taxas de ganho de peso, por meio da seleção direta. Esses animais ingerem menos alimentos para o mesmo peso corporal e o mesmo ganho de peso, indicando que existe uma variação genética no uso de nutrientes (HERD et al., 2003; ARTHUR & HERD, 2008).

Os equipamentos eletrônicos de mensuração individual do consumo de alimentos mais utilizados são o GrowSafe® (GrowSafe Systems LTD., Airdrie, Alberta, Canadá) e o Intergado® (Intergado Ltd., Contagem, Minas Gerais, Brasil), nos quais são importantes em

pesquisas de eficiência alimentar para mensurar variáveis como CAR. Ambos os equipamentos mencionados anteriormente registram automaticamente o consumo de alimento e o comportamento ingestivo dos animais, individualmente, durante 24 horas por dia. A avaliação do consumo alimentar individual também pode ser realizada através de um confinamento utilizando baias individuais, sendo uma outra maneira de mensuração. Porém, é necessário pesar a quantidade de alimento fornecido e a de sobras no cocho, para se obter os registros de consumo, tornando o sistema dependente de maior número de mão de obra.

Manuais vêm sendo desenvolvidos visando uma melhor eficiência de utilização desses equipamentos dentro de sistemas de criação, reduzindo custos com dietas, mão de obra e um maior ciclo de testes com números grandes de animais. O Manual “Procedimentos para mensuração de consumo individual de alimentos em bovinos de corte” (2020), desenvolvido pela Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP) e a Associação Brasileira dos Criadores de Zebu (ABCZ) determinam que, para avaliação de teste de eficiência alimentar sem pesagem automatizada são necessários 70 dias de duração de teste e um período de adaptação, tendo 35 dias de consumo válidos.

A opção de avaliação, segundo o Manual (2020), seria o teste de eficiência alimentar com pesagem diária automatizada, tendo duração mínima de teste de 42 dias válidos além do período de adaptação, sendo exigido 35 dias válidos de consumo (erro padrão relativo (EPR) dos dados coletados de ingestão de matéria seca (IMS) for \leq a 5%, para cada animal avaliado, individualmente, e para todos os animais do lote) e 42 dias de pesagens válidas (se o erro padrão relativo (EPR) do ganho em peso (GMD) for \leq a 31%, para cada animal avaliado, individualmente, e para todos os animais do lote).

Os testes de eficiência alimentar exigem uma padronização de idade dos animais, instalações, dieta ofertada, que visam diminuir correções estatísticas e erros que possam aparecer ao comparar resultados de diferentes testes. Seguindo as instruções do Manual (2020), para formar os grupos contemporâneos de animais para avaliação é obrigatório que sejam da mesma raça ou grupo genético, mesma estação de nascimento, podendo ter um intervalo de no máximo 90 dias, serem do mesmo sexo, possuírem condições prévias de alimentação e lote de manejo semelhantes. A idade mínima dos animais deve ser de 8 meses, com no mínimo de 60 dias após o desmame. A idade máxima no término do teste não pode ultrapassar 24 meses e a variação máxima aceita de idade entres animais do mesmo grupo de contemporâneos é de 90 dias.

No momento atual, estudos vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de reduzir a duração dos testes de eficiência alimentar visando aumentar a rentabilidade da atividade pecuária através da identificação de animais mais eficientes. Wang et al. (2006) realizaram um estudo utilizando 456 novilhos, foram obtidos resultados no qual, 35 dias eram necessários para avaliar o consumo de alimento, 63 dias eram suficientes para estimar valores de CAR e ganho médio diário (GMD), realizando pesagens semanalmente.

Segundo experimento realizado por Culbertson et al. (2015) foram avaliados diferentes categorias de bovino, nos quais era 453 touros; 119 novilhos e 21 novilhas, todos submetidos a quatro testes de eficiência com duração de 70 dias, decorridos por um período de adaptação de 21 dias. Os autores afirmam que o período de avaliação do CAR e do CMS pode ser reduzido de 70 para 56 dias e de 70 para 42 dias, respectivamente, embasados em análises de regressão dos valores de CAR e CMS obtidos em 70 dias comparando com valores obtidos considerando testes reduzidos.

2.4 Consumo alimentar residual (CAR)

Devido ao crescimento populacional estimado para 9,8 bilhões de pessoas em 2050 (ONU, 2019), o aumento da demanda por alimentos de origem animal cresce consideravelmente e como consequência é necessário um aumento na produção de carne de 229 milhões de toneladas (1999- 2001) para 465 milhões de toneladas em 2050, porém a diminuição de terras disponíveis para a produção animal é um fator que torna necessário maior eficiência no sistema (MENDES et al., 2016).

A eficiência alimentar está fortemente relacionada ao aumento da produção de carne por quantidade de alimento oferecido (NKRUMAH et al., 2006; HEGARTY al., 2007; ARTHUR e HERD, 2008; CAPPER e HAYES, 2012; GERBER et al., 2013; ROBINSON et al., 2016). Nesse contexto, devido à menor demanda de alimento por indivíduo, a taxa de estocagem de animais por hectare pode ser aumentada e, como consequência, trazer benefícios econômicos, produtivos e sustentáveis (WAGHORN e HEGARTH, 2011; SALLEH et al., 2017).

Existem diversas características de eficiência alimentar que podem ser mencionadas, como: conversão alimentar (CA); eficiência alimentar bruta (EAB); taxa de crescimento relativo; taxa de Kleiber; consumo alimentar residual (CAR) – residual feed intake (RFI) ou net feed intake (NFI); ganho de peso residual (GPR) – residual gain (RG) e consumo e ganho residual (CGR) (GRION, 2012). Entre essas variáveis, o CAR se destaca como característica

de seleção por ser independente fenotípicamente e geneticamente do nível de produção, sendo uma excelente ferramenta dentro do sistema de produção de bovinos (CARSTENS; TEDESCHI, 2006).

O conceito de CAR foi utilizado pela primeira vez por Koch et al. (1963) que ao avaliarem vários índices para cálculo de eficiência alimentar observaram que as variáveis peso, o ganho de peso afetava consideravelmente as exigências alimentares de animais em fase de crescimento. Estudos desenvolvidos por Archer et al. (1999), descobriram que existiam animais que apresentavam comportamentos diferentes em relação ao consumo de alimentos para se obter uma mesma produção.

Koch et al. (1963) recomendam dividir o consumo de alimentos em dois componentes: o consumo fornecido para um determinado nível de produção e uma fração residual do consumo, sendo assim, considerado uma medida alternativa de eficiência alimentar, caracterizado como a diferença entre o consumo observado e o consumo predito. Portanto, animais com CAR negativo são classificados como mais eficientes, pois consomem menos alimentos, em relação às suas exigências, para um mesmo ganho de peso. Da mesma forma, animais com CAR positivo são denominados como menos eficientes, pois necessitam um maior consumo de alimento, acima do consumo predito, para atingir um dado ganho de peso (KOCH et al. 1963; ARCHER et al. 1997; BASARAB et al., 2003).

A regressão múltipla para o cálculo do CAR, se apresenta da seguinte maneira:

$$CMS = \beta_0 + \beta_1 \text{ GMD} + \beta_2 \text{ PVM} + \varepsilon_1$$

Onde: CMS – consumo de matéria seca diária por animal; β_0 – intercepto da regressão; β_1 – coeficiente parcial de regressão de CMS sobre ganho médio diário (GMD); β_2 - coeficiente parcial de regressão de CMS sobre peso vivo metabólico (PVM_{0,75}); ε_1 – Resíduo que expressa o valor de CAR (OKINE et al., 2004; LIMA et al, 2013).

Na avaliação do CAR, é comum classificar os animais em três categorias: CAR baixo (animais eficientes; média do CAR menores que 0,5 desvio padrão (DP)), CAR médio (média do CAR \pm DP) e CAR alto (animais ineficientes; média do CAR maiores que 0,5 DP) (MENDES et al., 2016).

Segundo Almeida (2005), os programas de melhoramento genético têm se direcionado à seleção de animais para aumento de peso corporal, ganho médio diário e componentes de

carcaça. Tais variáveis são consideradas primordiais na cadeia produtiva. Porém, se além das características citadas, os programas de melhoramento genético começarem a incluir variáveis para a seleção indiretamente, o resultado traria além da melhora da produtividade, uma redução nos custos de produção. E nesse contexto, o CAR vem surgindo como uma ferramenta interessante.

Para determinar a variável CAR, foram criados manuais que auxiliam a realização de teste de eficiência alimentar, como Manual “Procedimentos para a mensuração do consumo individual de alimentos em bovinos de Corte” (2020). A coleta dos dados do consumo alimentar é realizada por cochos automatizados, como *GrowSafe System*® (GrowSafe Systems Ltd., Airdrie, Alberta, Canadá) e *Intergado*® (Intergado Ltd., Contagem, Minas Gerais, Brasil), ou em baias individuais sem pesagem automatizada. Entretanto, a duração dos testes de eficiência alimentar para avaliar o CAR possui diferentes abordagens na literatura, principalmente entre os períodos de teste variando entre 42 a 84 dias (ARCHER et al., 1997; WANG et al., 2006; CASTILHOS et al., 2011; CULBERTSON et al., 2015).

A inclusão dos estudos de eficiência alimentar residual divide opiniões, principalmente pela dificuldade de implementação dos sistemas de registro do consumo individual, devido aos altos custos envolvidos com os equipamentos, a necessidade de mão de obra especializada (CAMEROM, 1998). Em bovinos zebuínos, são reduzidos o número de trabalhos abordando resultados como componentes de variância e parâmetros genéticos relacionados ao CAR (ARTHUR et al., 2001; GRION et al., 2014; SANTANA et al., 2014).

Ao se utilizar o CAR como critério de seleção, deve-se considerar a correlação genética da variável com outras características de importância econômica, especialmente com as de composição corporal, por apresentarem relação direta com a quantidade/qualidade de carcaça.

Nkrumah et al. (2004) e Basarab et al. (2003) relataram correlações positivas entre CAR e deposição de gordura na carcaça, e correlações negativas entre CAR e deposição de músculo, ou seja, animais não eficientes apresentam maior deposição de gordura na carcaça e animais eficientes maiores deposições de músculo na carcaça. Porém essa tendência vem sendo alvo de estudos, uma vez que poderá levar a uma redução da qualidade da carcaça e prejudicar o produtor por penalidades no abate.

Embora existam tantos desafios, ao considerar o valor econômico do CAR em função dos custos de produção no cenário atual, o impacto da eficiência alimentar apresenta influência econômica quatro vezes superior ao relatado na taxa do ganho médio diário (GIBB e MCALLISTER, 1999).

2.5 Consumo de matéria seca (CMS) e CAR

Dados de consumo de alimentos estão sendo incluídas em programas de seleção com o objetivo de melhorar a eficiência alimentar, seja por meio da nutrição, do manejo ou da produção de animais eficientes para tal característica (HERD et al., 2003; LANNA & ALMEIDA, 2004; GOMES, 2009).

O CMS é uma variável importante para o cálculo do CAR e o esperado é que animais mais eficientes apresentem um menor consumo. Essa afirmação é confirmada por McGee et al. (2014) que ao avaliar a interação entre comportamento alimentar e CAR, em progênies de Red Angus, afirmaram que a diferença de CMS obtida entre os níveis de CAR era esperada.

A seleção genética para animais baixo CAR pode resultar em progênies que consomem menos e não alteram o seu desempenho (HERD et al., 2003). Os benefícios da seleção para o CAR foram demonstrados por Arthur et al. (1996), os quais afirmam que os animais mais eficientes consumiram, em média, 13,5% menos alimento do que o estimado, e que os animais menos eficientes consumiram 14% mais do que o estimado.

2.6 Espessura de gordura subcutânea (EGS) e CAR

A utilização da ultrassonografia para mensuração das características de carcaça vem se mostrando uma excelente opção para avaliar as variáveis de carcaça em animais in vivo. A associação do uso de ultrassonografia e seleção para CAR permite o acompanhamento dos animais evidenciando possíveis mudanças na composição corporal proporcionadas pela própria seleção para consumo alimentar residual. Trabalhos foram sendo realizados a fim de verificar a correlação fenotípica e genética entre as medidas de CAR e medidas obtidas por meio de ultrassonografia, em especial a espessura de gordura subcutânea (ARTHUR et al., 2001; SCHENKEL et al., 2004; NKRUMAH et al., 2007; LANCASTER et al., 2009).

Alguns autores afirmam que para determinar valores de CAR com uma melhor confiabilidade é indicado incluir avaliações de espessura de gordura subcutânea no cálculo do CAR, pois a composição corporal pode influenciar nos resultados. Richardson e colaboradores (2004) observaram um valor de 5% na variação do CAR em animais taurinos, influenciadas por alteração na composição corporal quando adicionada no cálculo da regressão. Em zebuínos, estudos também identificaram diferença no teor de gordura na carcaça. Ainda assim, de acordo

com Gomes 2015, animais com menor CAR apresentam menor teor de gordura na carcaça, mas não alteram a maciez da carne. Porém, a utilização dessas características de carcaça para o cálculo do CAR não afeta a eficiência alimentar, mas é importante a sua inclusão porque pode reduzir grandes impactos negativos da seleção para CAR sobre a qualidade da carcaça.

Segundo Lima et. al. (2013), animais classificados como eficientes, geralmente apresentam composição corporal diferente de animais ineficientes. Quando se avalia a eficiência produtiva de animais classificados por diferentes classes de CAR, os mais eficientes apresentam tecido muscular em maior proporção em relação a deposição de tecido adiposo na carcaça. Basarab et al. (2003) e Nkrumah et al. (2004) afirmam a existência de correlações positivas entre CAR e deposição de gordura na carcaça variando de 0,14 a 0,30, e correlações negativas entre CAR e deposição de músculo variando de - 0,21 a -0,14, sendo que, animais eficientes possuem maior deposição de massa muscular e os classificados como ineficientes depositam mais massa adiposa.

Também buscando reduzir os problemas relacionados à avaliação do CAR McDonagh et al. (2001), vem sugerindo que o consumo predito seja calculado também em função da espessura de gordura subcutânea. Basarab et al. (2003) e Shenckel et al. (2004) demonstraram uma alteração no R^2 quando o consumo alimentar residual foi ajustado para espessura de gordura subcutânea, 1,8% e 1,4%, respectivamente. Conforme Mahler (2016), baixas correlações entre CAR e EGS são importantes porque ao selecionar animais com CAR baixo poderia resultar em uma redução na EGS, afetando o acabamento de carcaça e a condição corporal e, posteriormente, a função reprodutiva.

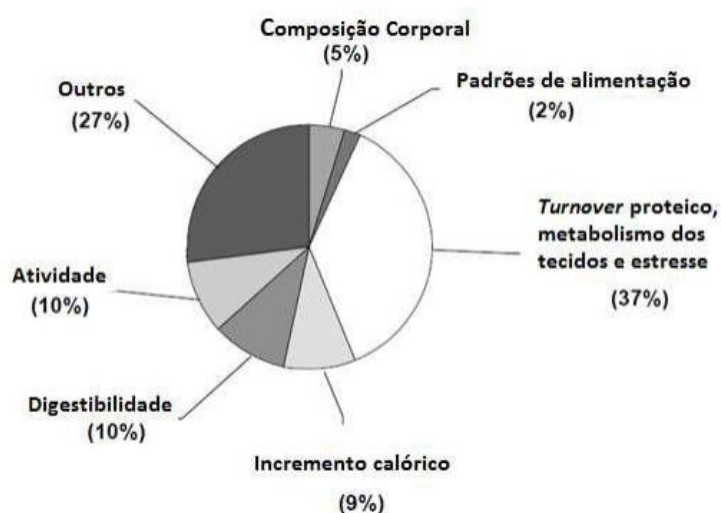
Portanto, a inclusão de características de carcaça obtidas por ultrassom nas equações de regressão para as classificações do CAR, auxiliaria a prevenir efeitos negativos sobre diferentes características de desempenho em animais e possíveis influências reprodutivas quando avaliado em fêmeas (BASARAB et al. 2003; LANCASTER et al 2009a, b; MAO, 2013). Entretanto, ainda são necessários estudos sobre os efeitos a longo prazo.

2.7 Bases fisiológicas do CAR

A independência do CAR com outras características como, a produtividade, levou diversos autores a recomendarem que o CAR poderia estar associado a variação nos processos metabólicos básicos, sendo eles mais de 60% da variação na mensuração do CAR (HERD et al., 2004; RICHARDSON & HERD, 2004; HERD & ARTHUR, 2009).

Os principais mecanismos fisiológicos que influenciam na variação dos resultados de CAR estão relacionados com respostas do animal ao estresse, turnover proteico e metabolismo dos tecidos (37%), atividade (10%), digestibilidade dos alimentos (10%), incremento calórico (9%), composição corporal (5%) e padrões de alimentação (2%), demonstrados na Figura 1. De acordo com o aumento no CAR, ocorre o aumento da ingestão de energia metabolizável destinada para a produção de calor e conseqüentemente a redução da proporção de retenção de energia (BASARAB et al., 2003; RICHARDSON & HERD, 2004; ARTHUR & HERD, 2008).

Figura 1: Mecanismos biológicos que influenciam na variação do consumo alimentar residual (CAR) oriundos de experimentos com animais selecionados divergentemente.



Fonte: RICHARDSON & HERD (2004).

De forma geral, cada mecanismo fisiológico influencia de diferentes maneiras: a ingestão e a duração de refeição são fatores chaves para determinação do custo energético advindo do comportamento alimentar em bovinos (ADAM et al., 1984); Herd & Arthur (2009) descobriram que conforme o nível de ingestão de alimento aumentava, a capacidade de digestão do alimento reduzia. Richardson et. al (1996) realizaram estudos classificando os animais para CAR, e observaram uma variação na habilidade de digerir a matéria seca (MS), essa variação era de 1% entre animais CAR alto e baixo, então pode-se afirmar que menores valores de CAR (maior eficiência) possuem maior digestibilidade dos alimentos.

Basarab et. al., (2003) avaliando 176 novilhos afirmaram que novilhos mais eficientes (CAR negativo) apresentaram menor consumo de energia metabolizável (10,2%), menor produção de calor (9,3%) e menor retenção de energia (12%) em relação a novilhos menos

eficientes (CAR positivo). Os animais mais eficientes apresentaram vísceras menores do que os menos eficientes e os componentes de carcaças com menos gordura intermuscular, interna e de cobertura.

2.8 Limitações e vantagens do CAR

Limitações: a seleção de animais de baixo CAR segundo Lanna e Almeida, 2004 apresentam carcaças com pouca espessura de gordura subcutânea e menor marmoreio, inclusive o gasto que se tem para que ser possível calcular o CAR de cada animal é alto, principalmente, quando comparado a outras medidas como: o perímetro escrotal e o ganho de peso, devido ao alto valor associado aos equipamentos e a mão de obra especializada (LANNA & ALMEIDA, 2004). Além disso, existem algumas limitações práticas como: deslocamento dos animais, preocupações com a saúde animal e o alto custo geral associado à realização de teste de eficiência alimentar em centrais de avaliação em regiões centralizadas (HERD et al., 2004; RICHARDSON & HERD, 2004).

Vantagens: a seleção para CAR permite significativamente a redução do consumo de alimento. Nos sistemas a pasto, ocorre a otimização do uso de pastagens, devido à utilização de quantidade menores de biomassa pelos animais, permite ao produtor o uso de estratégias para preservação do excedente de biomassa na forma feno ou silagem. Crews et al. (2003) abordam que ao se considerar o custo de uma dieta de terminação de U\$1,1/kg, em uma diferença de consumo de 1,59 kg, a economia é de U\$0,18 por dia e de U\$26,25 por animal em 150 dias.

O metano é considerado o principal gás de efeito estufa resultante do rebanho de bovinos, sendo produzido como subproduto da fermentação entérica em ruminantes, relacionado aproximadamente 12% das emissões de gases de efeito estufa no mundo. A produção de metano está relacionada à quantidade de alimento consumido e as características dos alimentos e dos animais. Estudos mostraram que a seleção de animais com baixo CAR poderia reduzir as emissões de metano em 15-30%, e a produção de dejetos por volta 15-20% em relação a animais de alto CAR (NKRUMAH et al., 2006; HEGARTY et al., 2007).

Sendo assim, a importância de reduzir o uso de recursos naturais e a emissão de gases de efeito estufa por unidade de carne produzida e é considerado vantajoso, quando se realiza a seleção de animais mais eficientes, pois impacta na menor utilização de áreas de pasto para produzir a mesma quantidade de carne (BASARAB et al., 2003).

2.9 Correlação de Spearman

O coeficiente de correlação por postos de Spearman é uma alternativa usual para estimar correlações lineares em situações em que há alteração da suposição de normalidade. A correlação de Spearman é uma estatística baseada em ranqueamento e foi introduzida por Spearman em 1904, no qual define apenas que as variáveis x e y sejam medidas pelo menos em escala ordinal (ZAR, 1999; DANIEL, 1978; SIEGEL, 1975).

Quando dados apresentam alguns pontos bem distantes dos demais, ou existe uma relação crescente ou decrescente formando uma curva, o coeficiente de correlação por postos é mais apropriado. Essa correlação também pode ser usada quando os dados não pertencem a uma escala de medida padrão, porém apresentam uma ordenação. A correlação de Spearman é conhecido como o método não-paramétrico que usa somente os postos, e não faz quaisquer suposições. Essencialmente tudo o que faz é calcular o coeficiente de correlação de Pearson nos postos.

De maneira geral a correlação de ordem de ranques de Spearman é uma medida não paramétrica de associação baseada nos ranques dos valores dos dados, que determina se uma alteração qualquer ocorreu quando da classificação dos animais, no qual se difere da correlação de Pearson que é uma medida paramétrica de associação entre duas variáveis, medindo o grau de associação e direção da relação linear.

REFERÊNCIAS

- ADAM, I. *et al.* **Energy cost of eating in cattle given diets of different form.** *Animal Production*, v. 38, n. 1, p. 53–56, 2 fev. 1984.
- AGUIAR, A. de P. A. **Sistema de produção.** Uberaba: ABCZ / FAZU, p. 97, 2006.
- ALMEIDA, R. **Consumo e eficiência alimentar de bovinos em crescimento.** 2005. 182 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005.
- ANDERSON, R.V. *et al.* **An evaluation of production and economic efficiency of two beef systems from calving to slaughter.** *Journal of Animal Science*, v.83, p.694–704, 2005.
- ARCHER, J. A. *et al.* **Optimum post-weaning test for measurement of growth rate, feed intake, and feed efficiency in British breed cattle.** *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 75, n.8, p. 2024–2032, 1997.
- ARCHER, J.A. *et al.* **Economic Analysis Of net Feed Intake In Industry Breeding Schemes.** In: Association For The Advancement Of Animal Breeding And Genetics, 13. Bunbury. Proceedings... Bunbury: Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics, 1999.p.337-340, 1999.
- 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*, 79: 2805–2811, 2001.
- ARTHUR, P. F.; HERD, R. M. **Residual feed intake in beef cattle.** *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.37, p.269-279, 2008.
- ARTHUR, P. F. *et al.* **Net feed conversion efficiency and its relationship with other traits in beef cattle.** In: Australian Society of Animal, 21. 1996. Proceedings...Australian Society of Animal, p.107-110, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. Disponível em: <http://www.abiec.com.br/41_exportacao_ano.asp/>. Acesso em: 26 jul. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE ZEBU. Disponível em: <<https://www.abcz.org.br/>>. Acesso em: 14 ago. 2021.
- ASSOCIAÇÃO DE CRIADORES BRAHMAN BRASIL. Disponível em: <<https://www.brahman.com.br/>>. Acesso em: 07 ago. 2021.
- ASSOCIAÇÃO DOS CRIADORES GAÚCHOS DE ZEBU. Disponível em: <http://www.acgz.com.br/secao_racas.php?pagina=2>. Acesso em: 12 ago. 2021.

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

BEEF POINT. Disponível em: <<https://www.beefpoint.com.br/brahman-conheca-a-raca-zebuina-que-preza-pela-habilidade-materna-e-qualidade-de-carcaca-projeto-racas/>>. Acesso em: 10 ago. 2021.

BYERLY, D. J. *et al.* **Pregnancy rates of beef heifers bred either on puberal or third estrus.** Journal of Animal Science, Champaign, v.65, n.3, p.645–650, 1987.

CAMERON, N.D. **Across species comparisons in selection for efficiency.** In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 6., 1998, Armidale. Proceedings... Armidale: 6WCGALP, v.25, p.73-80, 1998.

CAPPER, J. L.; HAYES D. J. **The environmental and economic impact of removing growth-enhancing technologies from United States beef production.** Journal of Animal Science, Champaign, v.90, n.10, p. 3527-3537, 2012.

CASTILHOS, A.M. *et al.* **Test pos-weaning duration for performance, feed intake and efficiency in nelore cattle.** Revista Brasileira de Zootecnia, v.40, p.301- 307, 2011.

CULBERTSON, M.M. *et al.* **Optimum measurement period for evaluating feed intake traits in beef cattle.** Journal of Animal Science, v.93 p. 2482-2487, 2015.

CREWS JUNIOR, D. H. **Genetics of efficient feed utilization and national cattle evaluation: a review.** Genetics and Molecular Research, Ribeirão Preto, v. 4, n. 2, p. 152-165, 2005.

DANIEL W.W. **Applied nonparametric statistics.** Boston: Houghton-Mifflin; 1978.

FAO - **World Agriculture towards 2030/2050:** The 2012 revision. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013.

FARIA, C. U. *et al.* **Avaliação genética de características de escores visuais de bovinos da raça Nelore da desmama até a maturidade.** Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, MG, v. 38, p. 1191–1200, 2010.

FILHO, D.F.; FERREIRA, A.D.J. **AIR FRYER: Um método alternativo e prático para estimar a matéria seca de alimentos volumosos utilizados em confinamentos.** Disponível em:<<http://blog.nutron.com.br/bovino-de-corte/air-fryer-metodo-alternativo-para-estimar-a-materia-seca-em-confinamento-bovinos-de-corte/print/>>. Acesso em: 19 ago. 2021.

GERBER, P.J. *et al.* **Technical options for the mitigation of direct methane and nitrous oxide emissions from livestock: a review.** Animal 7:220-234, 2013.

GIBB, D. J.; MCALLISTER, T. A. **The impact of feed intake and feeding behavior of cattle on feedlot and feed bunk management.** In: WESTERN NUTRITION CONFERENCE, Calgary, 1999. Proceedings of.... Calgary, 1999. p.101-116.

GOMES, R. C. **Metabolismo proteico, composição corporal, características de carcaça e qualidade de carne de novilhos Nelore (*Bos indicus*) em função de seu consumo alimentar residual.** 2009. 95 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

GRION, A.L. **Parâmetros genéticos de medidas indicadoras de eficiência alimentar de bovinos de corte.** 2012. 92f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal Sustentável) – Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, 2012.

HEGARTY, R.S. *et al.* **Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production.** *Journal of Animal Science*, Champaign, v.85, n.6, p.1479-1486, 2007.

HERD, R. M. *et al.* **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, n.13, p. 9-17, 2003.

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

KENNEDY, B.W. *et al.* **Genetic and statistical properties of residual feed intake.** *Journal of Animal Science*, Savoy, v.71, p.3239-3250, 1993.

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

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*, Champaign, v. 87, n. 4, p.1528-1539, 2009.

LANCASTER, P. A. *et al.* **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.D. *et al.* **Conversão: alimentar e eficiência econômica de vacas de corte de raças puras ou cruzadas.** In: SIMPÓSIO DE PECUÁRIA DE CORTE, 3. Lavras. Anais... Lavras: UFLA.p.87-110, 2003.

LIMA, L. L. N. *et al.* **Consumo Alimentar Residual Como Critério De Seleção Para Eficiência Alimentar.** *Acta Veterinaria Brasilica*, Mossoró, v.7, n.4, p.255-260, 2013.

MAHLER, L. E. **Recommended duration for evaluating feed intake and validating the residual feed intake model in Brangus Heifers.** 2016. Thesis (Degree of Master of Science) - Faculty of Auburn University, Auburn, 2016.

MAO, F. *et al.* **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.

MCDONAGH, *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, Melbourne, v.41, n.7, p. 1013–1021, 2001.

MCGEE, M. *et al.* **Relationships of feeding behaviors with average daily gain, dry matter intake, and residual feed intake in Red Angus–sired cattle.** Journal of Animal Science, Champaign, v. 92, n. 11, p. 5214–5221, 2014.

MENDES, E. D. M; CAMPOS, M. M. **Eficiência alimentar em bovino de corte.** Belo Horizonte: Embrapa, v. 37, n.292, p.28-38, 2016.

MENDES, E. D. M.; GOMES, R. da C. **Procedimentos para mensuração de consumo individual de alimento em bovinos de corte.** Uberaba: ABCZ, 28p, 2013.

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 85:2711-2720, 2007.

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, Champaign, v.84, p. 145-153, 2006.

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

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Disponível em: <<https://brasil.un.org/>>. Acesso em: 19 ago. 2021.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. Disponível em: <<https://www.oecd.org/latin-america/countries/brazil/brasil.htm>>. Acesso em: 05 ago. 2021.

OKINE, E. K. *et al.* **Residual feed intake and feed efficiency: differences and implications.** In: FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 15., 2004, Gainesville. Proceedings... Gainesville: University of Florida, 2004. p.27-38.

R CORE TEAM (2020). **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <<https://www.R-project.org/>>.

ROBINSON, D. L. *et al.* **One-hour portable chamber methane measurements are repeatable and provide useful information on feed intake and efficiency.** Journal of Animal Science, 94:4376-4387, 2016.

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

ROBINSON, P. H.; MEYER, D. **Total mixed ration (TMR) sampling protocol.** Richmond, CA: University of California, 2010. (ANR Publication, 8413). Disponível em: <<http://anrcatalog.ucdavis.edu>>. Acesso em: 30 jun. 2017.

SALLEH, M. S. *et al.* **RNA-Seq transcriptomics and pathway analyses reveal potential regulatory genes and molecular mechanisms in high- and low-residual feed intake in Nordic dairy cattle.** *BMC Genomics* 18:258-275, 2017.

SANTANA, M. H. A. *et al.* **Genetic parameter estimates for feed efficiency and dry matter intake and their association with growth and carcass traits in Nelore cattle.** *Livestock Science*, 167, 80–85. doi:10.1016/j.livsci.2014.06.002, 2014.

SAVIETTO, D. *et al.* **Towards an improved estimation of the biological components of residual feed intake in growing cattle.** *Journal of Animal Science* 92:467–476, 2014.

SIEGEL, S. **Estatística não-paramétrica para as ciências do comportamento.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil; 1975.

SCHENKEL, F.S. *et al.* **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.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS. *SAS/STAT User's guide.* Cary: Statistical Analysis System Institute, 1999. CD-ROM.

VALADARES FILHO, S.C. *et al.* **Modelos nutricionais alternativos para otimização de renda na produção de bovinos de corte.** In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 3., 2002, Viçosa, MG. Anais... Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002.

WAGHORN, G. C.; HEGARTY, R.S. **Lowering ruminant methane emissions through improved feed conversion efficiency.** *Animal Feed Science and Technology* 166-167:291-301, 2011.

WANG, Z. *et al.* **Test duration for growth, feed intake, and feed efficiency in beef cattle using the Grow Safe System.** *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 84, n. 9, p. 2289-2298, 2006.

ZAR J. H. **Biostatistical Analysis.** 4th ed. Prentice Hall, Upper Saddle River. 663p, 1999.

1 **SEGUNDA PARTE – ARTIGOS**

2
3 **ARTICLE 1 – Avaliação da duração do teste de eficiência alimentar na raça Brahman**

4
5
6
7
8
9
10
11 Formatado de acordo com a norma do periódico *Livestock Science*.

12
13
14
15
16 **T. K. Teixeira^a, S.L.C., Meirelles^{b*}**

17
18 ^{a,b} Universidade Federal de Lavras, Department Animal Science, University Campus, postal
19 code 3037, Downtown, CEP 37200000, Lavras/MG, Brazil; E-mail:
20 thaynarazoo2019@gmail.com, sarah@ufla.br*

21
22 *Corresponding author: Universidade Federal de Lavras, Department Animal Science,
23 University Campus, postal code 3037, Downtown, CEP 37200000, Lavras/MG, Brazil; E-mail:
24 sarah@ufla.br

25 ABSTRACT

26 O Brasil é um dos destaques mundiais na produção de carne bovina, porém possui baixa
27 produtividade e os custos de produção são considerados altos, sendo a alimentação o principal
28 custo operacional, responsável por mais da metade das despesas. Atualmente a característica de
29 consumo alimentar residual (CAR) vem se destacando na seleção de bovinos de corte, pois é
30 considerada uma ferramenta que identifica os animais mais eficientes, ou seja, animais que
31 consomem menos, mas não comprometem o seu desempenho. O objetivo deste trabalho foi
32 determinar o menor período de teste necessário para avaliar o consumo alimentar residual
33 obtido por informações geradas por cochos eletrônicos da Intergado®. O banco de dados
34 utilizado foi composto de informações de bovinos da Fazenda Santa Éster, de propriedade da
35 Casa Branca Agropastoril Ltda., localizada no município de Silvianópolis - MG. Foram
36 utilizados dados de 93 touros jovens da raça Brahman, com média inicial de idade de 420 dias,
37 nos quais participaram de cinco testes de eficiência alimentar. Cada teste teve um período de
38 adaptação de 15 dias e posteriormente, uma duração de 70 dias. Para os registros das
39 informações de consumo foram utilizados cochos eletrônicos individuais (Intergado®). O
40 cálculo do CAR foi obtido pela regressão múltipla realizada no software R. Os testes foram
41 subdivididos em cinco períodos de duração (28, 35, 42, 56 e 70 dias), sendo realizado os ajustes
42 para as variáveis para o cálculo do CAR de acordo com cada período estudado. Para as
43 estimativas da correlação de Spearman foi utilizado o software R. As análises das variáveis que
44 compõem o cálculo do CAR foram realizadas pelo procedimento GLM do SAS, posteriormente
45 realizado *Teste Tukey* e o cálculo da correlação de Pearson através do PROC COR. Em virtude
46 dos resultados, para a característica CAR é possível reduzir o período de duração de teste de 70
47 para 42 dias, devido ao número grande de informações de pesos e consumo geradas diariamente
48 pelos equipamentos eletrônicos, além da melhor otimização dos equipamentos, redução de
49 custos de manejo e proporcionando a possibilidade de avaliar um maior número de animais no
50 rebanho.

51

52 **Keywords:** Ganho Médio Diário. Peso Vivo Metabólico. Zebuínos.

53 **Funding:** Casa Branca Agropastoril Ltda.

54

55 **1. Introdução**

56

57 Estudos desenvolvidos dentro de programas de melhoramento genético têm incluído como
58 critério de seleção a característica de eficiência alimentar, que é entendida como a capacidade
59 do animal de converter o alimento ingerido em produto de origem animal, sendo ele em carne
60 ou carcaça. Identificar dentro do sistema de criação animais eficientes para o consumo e melhor
61 aproveitamento dos alimentos é uma estratégia interessante para a cadeia produtiva, pois esses
62 indivíduos consumiram menos para alcançar o mesmo nível de produção que os demais
63 animais.

64 Uma das características de eficiência alimentar é o consumo alimentar residual (CAR), na
65 qual sua avaliação traz benefícios e rentabilidade para todos os sistemas de produção. Essa
66 variável auxilia na identificação de animais mais eficientes, tornando possível aumentar a
67 lucratividade do sistema de produção, utilizando menores quantidade de insumos (Lima et al.,
68 2014; Savietto et al., 2014) e reduzindo os impactos ambientais dos sistemas (Basarab et al.,
69 2003), sendo esses fatores para o mercado econômico uma consideração importante, visto que
70 o bovino eficiente se torna cada vez mais desejável para os criadores.

71 De acordo com Koch et al. (1963), o método de avaliação do CAR foi definido como o
72 resíduo da diferença do consumo alimentar observado e o consumo alimentar predito, e
73 calculado pela equação de regressão linear do consumo de matéria seca (CMS, kg/dia) em
74 função do peso vivo metabólico (PVM, kg) e ganho médio diário (GMD, kg/dia). Desta
75 maneira, animais mais eficientes possuem o consumo observado menor que o predito e são
76 classificados com CAR negativo e os animais de CAR positivo apresentam consumo observado
77 maior que o predito e são classificados como menos eficientes (BASARAB et al., 2003).

78 Para estudos do CAR, o custo com equipamentos de mensuração de consumo individual,
79 além de balanças eletrônicas que são relativamente caro para implementação em determinados
80 sistemas de criação de bovinos de corte, porém pesquisas mostram que a aquisição desses

81 equipamentos pode ser suprida pela otimização do uso, ou seja, realizando o maior número de
82 avaliações de animais por determinado período. Alguns pesquisadores buscam estratégias para
83 potencializar as formas de avaliação dessa característica como o Manual “Procedimentos para
84 mensuração do consumo individual de alimento em bovino de corte” (2020), descrito por
85 grandes empresas de pesquisa dentro do setor pecuário. Esse manual apresenta que para
86 avaliação com pesagem diária automatizada é necessária uma duração mínima de teste de 42
87 dias válidos além do período de adaptação, sendo exigido 35 dias válidos de consumo para ser
88 possível mensurar as características para o cálculo do CAR, porém autores como Lima (2016)
89 e Wang et al. (2006), afirmam que encontrar a duração do teste ideal proporcionaria uma
90 redução de custos com alimentação e mão de obra, fatores importantes que podem auxiliar em
91 reduzir o período de avaliação dentro de rebanhos que vem sendo realizado o período de
92 duração de 70 dias.

93 Sobretudo, a variável CAR agrega grande importância, pois ao se obter resultados
94 confiáveis é possível separar os animais de acordo com sua classificação, criando lotes
95 homogêneos que possivelmente serão terminados precocemente resultando na redução de 25 a
96 30% na emissão de metano na atmosfera, e de 15 a 20 % na produção de dejetos (Basarab et
97 al., 2003), sendo essas informações consideradas como pontos positivos pelos consumidores no
98 mercado mundial.

99 Diante do exposto acima, é importante estudar as características relacionadas com o cálculo
100 do CAR e encontrar o período de teste de eficiência alimentar necessário para a avaliação do
101 mesmo.

102

103 **2. Material e métodos**

104

105 *Localização e animais*

106

107 Os dados utilizados no presente estudo foram obtidos de testes de eficiência alimentar
108 conduzidos na Fazenda Santa Éster, de propriedade da Casa Branca Agropastoril Ltda.,
109 localizada no município de Silvianópolis MG, de latitude 22° 01 46 S, longitude 45° 50 06 W,
110 altitude 897 metros e caracterizado por um clima subtropical úmido com temperatura média
111 anual de 19,9 °C. Foram utilizados dados de 93 touros da raça Brahman, nascidos entre 2018 e
112 2021, com média inicial de idade de 420 dias, que participaram de cinco testes de eficiência
113 alimentar. Em cada teste, os animais foram alojados em um (1) piquete de 0,5 ha equipado com
114 oito (8) cochos de alimentação e um (1) bebedouro de reabastecimento automático cada, no
115 qual, receberam água e alimentação, além do acesso a sombreamento natural.

116 A dieta foi constituída de 80% de silagem de milho na base da matéria seca (MS) e 20%
117 de concentrado formulado à base de milho grão moído, farelo de soja, ureia, mistura de macro
118 e microminerais (Tabela 1).

119 A dieta foi formulada de acordo com o NASEM (2016), para animais Brahman com peso
120 corporal médio de 381 kg e um ganho médio diário de 1,25 kg. A composição química média
121 da dieta total está apresentada na Tabela 2.

122 A ração total misturada foi fornecida *ad libitum* duas vezes ao dia do início ao fim do teste,
123 respeitando a capacidade dos cochos descritas pela empresa (máximo 100 kg alimento/cocho).

124 Cada teste teve duração de 70 dias, com um período de adaptação de 15 dias para que os
125 animais se adaptassem às instalações (cochos e bebedouros eletrônicos) e a dieta fornecida.
126 Para registro das informações de consumo foi utilizado cochos eletrônicos da Intergado®
127 (Intergado Ltda., Contagem, Minas Gerais, Brasil) que mensuram a quantidade de alimento
128 ofertado e a sobra no cocho. A pesagem dos animais era feita de forma automática pelas
129 balanças individuais que existem na entrada dos bebedouros.

130

131 *Período dos testes de eficiência alimentar*

132

133 Os testes foram fracionados em cinco períodos de duração: 28, 35, 42, 56 e 70 dias, sendo
134 realizados os ajustes para as variáveis para o cálculo do CAR de acordo com cada período. Os
135 períodos foram determinados de acordo com pesquisas feitas por Culbertson et al., (2015),
136 Manafiazar et al., (2017), Archer et al., (1997) e o Manual “Procedimentos para mensuração de
137 consumo individual de alimentos para bovinos de corte” (MENDES et al. 2020) sendo, 70 dias
138 o período de duração padrão para os teste no Brasil, 56 dias devido a estudos existentes
139 abordando a redução dos testes; 42 dias, considerado o mínimo de dias de teste segundo o
140 Manual (MENDES et al. 2020), 35 dias, por ser o mínimo necessário para o consumo válido e
141 28 dias devido ao intervalo de 14 dias entre 42, 56 e 70 dias.

142

143 *Variáveis mensuradas*

144

145 As variáveis relacionadas à eficiência relacionadas à eficiência alimentar estudadas foram:
146 consumo de matéria seca (CMS; kg/dia); ganho médio diário (GMD; kg/dia); peso vivo
147 metabólico (PV_{0,75}; kg); consumo alimentar residual (CAR; kg/dia).

148 O consumo de matéria natural total foi obtido a partir dos dados registrados pelo sistema
149 Integrado®, nos quais foram somados todos os valores diários de consumo válidos de acordo
150 com cada período de teste estudado.

151 Os dados de pesagem individuais foram mensurados diariamente durante todo o período
152 do teste, considerando somente quando o animal se encontrava inteiramente dentro da balança.
153 Esses registros de pesos ficavam registrados na plataforma da Integrado®. Isso possibilitou
154 realizar o estudo considerando diferentes períodos de teste (28, 35, 42, 56 e 70 dias). Para o
155 cálculo do CAR foram utilizadas informações de peso inicial, intermediário e final referente a

156 cada período utilizado. Os resultados de peso vivo metabólico (PV_{0,75}) foram obtidos a partir
 157 da equação:

158

$$159 \quad PV_{0,75} = \frac{(PV_I + PV_F)^{0,75}}{2}$$

160

161 Onde PV_I = peso vivo inicial (Kg) e PV_F = peso vivo final (Kg)

162

163 O ganho médio diário (GMD) foi obtido a partir da diferença entre o peso do dia subtraído
 164 do peso do dia anterior durante cada intervalo estudado e posteriormente foi feito a média dos
 165 valores resultantes da subtração de forma independente por duração de teste, conforme a
 166 seguinte equação:

167

$$168 \quad GMD = \frac{\Sigma(PV_n - PV_{n-1})}{n - 1}$$

169

170 Onde PV_n = peso vivo no dia n, $PV_{(n-1)}$ = peso vivo no dia anterior ao dia n e n = duração
 171 do período do teste.

172

173 A matéria seca da dieta (MS) foi obtida através da metodologia proposta por Filho, D.F.
 174 (2019), sendo realizada uma amostragem semanalmente. A análise da MS foi feita na própria
 175 fazenda obtendo assim a média da MS durante o teste. O consumo de matéria seca (CMS) se
 176 deu pela multiplicação do consumo de matéria natural total e o teor de matéria seca da dieta,
 177 tendo o resultado dividido por 100. O CMS por dia foi calculado levando em consideração cada
 178 duração de teste:

179

$$180 \quad CMS = \frac{CMN \times MS}{100}$$

181

182 Onde CMN = Consumo de matéria natural total e MS = Matéria seca da dieta

183

184 O CMS por dia foi calculado levando em consideração todo período de teste.

185 As medidas de carcaça (espessura de gordura na picanha (EGP8), espessura de gordura

186 subcutânea (EGS), área de olho de lombo (AOL) e gordura intramuscular (GIM)) foram obtidas

187 através de imagens geradas pelo equipamento de ultrassom, considerando para análise a

188 avaliação realizada na pesagem final dos animais.

189

190 *Cálculo do CAR*

191

192 O CAR é resultado da diferença entre o consumo de matéria seca observado (CMO) e o

193 consumo de matéria seca esperado (CME) para atender os requerimentos energéticos de

194 manutenção e crescimento (Koch, 1963).

195

196 $CAR = CMO - CME$

197

198 Onde CAR - consumo alimentar residual, CMO - consumo de matéria seca observado e

199 CME – consumo de matéria seca esperado.

200

201 O CAR individual foi calculado através modelo de regressão múltipla base (Koch,

202 1963):

203

204 $CMS = \beta_0 + \beta_1 GMD + \beta_2 PV0,75 + \varepsilon$

205

206 Onde CMS - Consumo de matéria seca diária por animal, β_0 – intercepto, β_1 - coeficiente
207 linear de regressão para ganho de peso diário (GMD), β_2 - coeficiente linear de regressão para
208 peso vivo metabólico (PV0,75) e ε - Resíduo que expressa a medida da eficiência do CAR.

209

210 *Cálculo das correlações de Spearman*

211

212 Após o cálculo do CAR no software R, foi realizado o rank dos animais de acordo com
213 essa característica no programa Excel (pacote office). Posteriormente a esse ranqueamento,
214 foram calculadas as correlações de Spearman entre o rank para os períodos 70 – 28, 70 – 35, 70
215 – 42 e 70 – 56 dias, sendo realizado para cada um dos cinco testes.

216 Após gerar os valores das correlações de Spearman e Pearson, foram realizados os estudos
217 de análise de variância através do procedimento GLM do SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC,
218 versão 9.4, 2014) utilizando o método dos quadrados mínimos, cujo modelo estatístico incluiu
219 o efeito de duração e teste, além da covariável idade do animal e posteriormente realizamos o
220 teste de comparação de médias ($p < 0,05$) para as variáveis consumo de matéria seca (CMS
221 kg/dia), ganho médio diário (GMD kg/dia) e peso vivo metabólico (PV0,75).

222

223 **3. Resultados**

224

225 A média das idades dos animais participantes dos 5 testes foi de 420 dias, variando de
226 253 a 598 dias. Na Tabela 3 são apresentadas a estrutura dos dados levando em consideração
227 os cinco testes de eficiência e as estatísticas descritivas das características estudadas.

228 Na Tabela 4 é apresentado os valores médios das variáveis para o cálculo do CAR dos
229 cinco testes estudados.

230 Quando se avalia o CMS/dia, descrito na Figura 1, a maioria dos testes apresentaram um
231 comportamento de aumento do consumo médio ao longo dos 5 períodos avaliados.

232 O comportamento do GMD apresentou ao longo de cada período um comportamento de
233 queda nas durações de 56 e 70 dias entre os testes 1, 2, 4 e 5, apenas o teste 3 teve um aumento,
234 como pode ser observado na Figura 2.

235 O peso vivo metabólico (PV_{0,75}) ao contrário do GMD apresentou um aumento gradativo
236 conforme aumentava a duração do teste, apenas o teste 1 apresentou um aumento brusco da
237 mudança de duração de 56 dias para 70 dias, como pode ser observado na figura 3.

238 Na Tabela 5 é apresentado o resumo das análises de variância das características estudadas
239 para o cálculo do CAR.

240 Foi possível observar que para o CAR os efeitos avaliados não foram significativos, mas
241 quando observado o CMS e o PV_{0,75}, o efeito teste, duração e a idade foram significativos
242 ($p < 0,01$). O GMD foi diferente de acordo com o teste e a duração ($p < 0,01$) e houve diferença
243 no GMD de acordo com a idade ($p < 0,05$). A interação entre teste e duração só apresentou efeito
244 sobre o consumo de matéria seca acumulada.

245 Na Tabela 6 é apresentado as médias ajustadas das variáveis de acordo com o período
246 avaliado, considerando todos os testes estudados.

247 O peso vivo inicial e o CAR não apresentaram diferenças entre os períodos avaliados como
248 esperado, pois o PESO I é o mesmo para todos os testes e a média do CAR é zero em qualquer
249 situação analisada.

250 Para a variável CMS, houve diferença ($p < 0,01$) entre todas as durações de teste, porém
251 quando é observado a média ajustada entre os cinco testes estudados o CMS não houve
252 diferença ($p < 0,05$) entre o teste 3 (599,23 kg) e o teste 4 (582,95 kg) e também não houve
253 diferença ($p < 0,05$) entre o teste 1 (426,73 kg) e o teste 5 (425,46 kg).

254 O GMD não apresentou diferença ($p < 0,05$) entre os períodos avaliados de 28; 35; 42; 56
255 dias, mas quando analisado entre as durações de 70 dias e as demais, foi observado uma
256 diferença significativa. Ao analisar as médias entre os testes, o teste 1 (1,44 kg/dia) e 4 (1,45
257 kg/dia) não apresentaram diferença ($p < 0,05$), os demais testes apresentaram diferenças
258 significativas.

259 Na Tabela 7 é apresentado os resultados das correlações de Spearman, no qual é avaliado
260 o comportamento da classificação para o CAR relacionando os períodos estudados com a
261 duração de 70 dias.

262 É possível observar que todas as durações de testes estudados apresentaram correlações
263 acima de 0,70 que é considerado alta para muitos estudiosos. Para o período de 70 – 35 e 70 –
264 28 o teste 4 foi o que apresentou menor correlação entre os períodos estudados, logo quando
265 observado as correlações de 70 – 42 dias todos os testes apresentaram correlações acima de
266 0,85 e apresentando a maior média das correlações na população estudada, resultando no valor
267 de 0,92. Sobretudo na Tabela 8 é apresentado os resultados das correlações de Pearson para
268 CAR, GMD e PV0,75 entre 70 e 42 dias.

269

270 **4. Discussão**

271

272 Os testes de eficiência alimentar são importantes para identificar animais superiores
273 geneticamente para características relacionadas com o consumo alimentar, porém para realizar
274 essa avaliação ainda é considerado caro para o sistema de produção, devido aos custos com
275 manejo e com os equipamentos para mensuração das informações necessárias. Visto grandes
276 desafios associados, é importante afirmar que encontrar a duração de teste ideal pode trazer
277 maiores rentabilidades para a cadeia produtiva, sempre mantendo os requisitos mínimos

278 necessários para que as informações geradas nos testes sejam consideradas nas avaliações
279 genéticas dos programas de melhoramento.

280 Avaliando os resultados das análises de variância na Tabela 5 observamos que nenhuma
281 das fontes de variação estudadas apresentou efeito sobre o CAR. Para a variável CMS houve
282 efeito de teste, duração e idade do animal ($p < 0,01$). O CMS foi diferente em função do teste,
283 devido a variação do ano em que cada teste ocorreu, sendo entre 2019 e 2021, no qual a oferta
284 da fração da dieta de silagem de milho poder ter sofrido variação dos componentes
285 bromatológicos devido às oscilações climáticas de cada ano, impactando na qualidade da
286 mesma ou como descrito por Satter e Reis (2005) o valor nutritivo da silagem de milho pode
287 variar conforme a densidade do cultivo, umidade no momento da colheita e tamanho de
288 partícula.

289 A duração do teste é notória que mais tempo de avaliação, mais informações de consumo
290 foram geradas e as durações de 56 e 70 dias tendem a apresentarem maior quantidade
291 consumida. O CMS também apresentou diferença em relação à idade dos animais, o que pode
292 ser explicado devido aos animais mais velhos apresentarem um tamanho metabólico superior,
293 ou seja, a cavidade ruminal suporta maior quantidade de alimento consumido, por isso sob
294 condições de alimentação o enchimento ruminal é fator principal da capacidade de consumo de
295 matéria seca (MEDEIROS et al., 2015).

296 O GMD foi diferente entre os testes, entre as durações dos testes e de acordo com a idade
297 no início do teste, o que pode ser explicado pelo fato dos animais que participaram de diferentes
298 testes de eficiência que ocorreram em estações do ano variadas, no qual o consumo também
299 pode ter impactado o ganho médio diário. Além disso, o GMD foi menor nos testes com
300 durações maiores e foi menor em animais mais velhos, o que justificaria esse comportamento é
301 devido aos bovinos apresentarem um crescimento no formato sigmoide, composto por uma fase
302 acelerada e uma fase de diminuição no crescimento, ou seja, quando começa a fase de maior

303 deposição de gordura. Essas duas fases ocorrem durante a puberdade, que normalmente em
304 bovinos ocorre entre 12 e 18 meses, idade que corresponde a idade dos bovinos desse estudo
305 (LUCIARI FILHO, 2000).

306 Os resultados encontrados na da Tabela 6, avaliando a média ajustadas das variáveis de
307 acordo com cada duração de teste é possível observar que o peso final aumenta de acordo com
308 o aumento da duração do teste. Avaliando os valores das médias de peso entre 28 e 35 dias o
309 resultado de ganho foi de 9,70 kg, valor aproximado quando comparado ao ganho de 35 e 40
310 dias que foi de 8,71 kg, como já se esperava, pois os intervalos foram iguais há 7 dias entre
311 eles. Quando comparamos os dias de teste que possuem diferenças de 14 dias de avaliação os
312 resultados também foram encontrados valores aproximados, sendo 28 e 42 dias um aumento de
313 18,41 kg, 42 e 56 dias 18,34 kg e de 56 e 70 dias o ganho foi o maior, sendo 21,65 kg.

314 O consumo de matéria seca apresentou um aumento à medida que se aumentou os dias
315 de teste, comportamento já esperado, devido aos animais serem avaliados por mais tempo. A
316 variação de consumo entre os períodos com diferenças de 7 dias foi em média 83,83 kg a mais
317 de matéria seca e as durações com intervalos de avaliação de 14 dias foram em média 167,65
318 kg.

319 Em relação ao ganho médio diário observamos que, de acordo com o aumento da
320 duração do teste, o ganho é reduzido, ou seja, os animais avaliados na menor duração de teste
321 (28 dias) apresentaram um maior ganho médio diário, o que pode ser justificado devido aos
322 animais terem sido desmamados em média dois meses antes do início dos testes, pois após o
323 nascimento o período que os animais possuem melhor desempenho compreende a fase de
324 aceleração ou puberdade, sendo que o ganho de peso apresenta um crescimento linear e
325 constante, declinando quando o animal passa à fase adulta (EMPRESA BRASILEIRA DE
326 PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2000).

327 O peso vivo metabólico apresentou um aumento gradativo de acordo com o aumento da
328 duração dos testes, isso ocorre porque essa variável leva em consideração a taxa metabólica
329 basal, definida como o consumo de energia por unidade de peso corporal por unidade de tempo,
330 ou seja, o animal aumenta o peso vivo e conseqüentemente aumenta a demanda de consumo de
331 energia. Quando se compara os resultados por teste e por duração é possível avaliar diferentes
332 comportamentos entre os testes. Para o peso final, os animais participantes do teste 5
333 apresentaram maior ganho de peso, sendo em média 106,72 kg, isso pode ser explicado pelo
334 fato do grupo ser composto por animais mais jovens, que conseqüentemente apresentam melhor
335 conversão alimentar e com isso o ganho se dá devido ao crescimento da massa muscular
336 (CARDOSO, 1996) quando comparados aos demais grupos de animais por teste.

337 O CMS por teste e duração apresentaram um comportamento diferente, como pode ser
338 observado na figura 1 que mostra o CMS/dia. No teste 1 o CMS/dia na duração de 70 dias teve
339 um aumento expressivo quando avaliado com os outros testes, isso pode ter ocorrido devido a
340 estação do ano que iniciou a avaliação no inverno e terminou próximo ao início da primavera
341 que ocorreu a avaliação desse grupo em específico. E conseqüentemente, o PV0,75 também
342 apresentou o mesmo comportamento de aumento, demonstrando que os animais demandaram
343 mais consumo de energia para os processos metabólicos de quebra dos alimentos consumidos.
344 Os demais testes apresentaram um consumo mais uniforme durante todos os períodos de
345 duração estudados.

346 Em relação ao GMD por teste, o comportamento de redução do ganho de acordo com
347 aumento da duração do teste foi semelhante nos testes 1, 2, 4 e 5, o que pode ser explicado
348 devido aos animais conforme vão ficando mais velhos a eficiência alimentar diminui, pois
349 começa a fase de maior deposição de tecido adiposo, o que foi observado em estudos com
350 animais confinados realizados por Townsend et. al, (1998) que a eficiência de transformação

351 de alimento em ganho de peso decresce, à medida que o animal avança a idade e apenas o teste
352 3 apresentou um ganho contínuo.

353 As correlações de Spearman são mais empregadas para avaliar a correlação entre duas
354 variáveis quantitativas, no qual os dados são comparados por postos ordenados (ranks) (MIOT,
355 2018). A utilização dessa ferramenta fornece resultados verídicos para se estudar períodos de
356 teste de eficiência alimentar, pois indica o comportamento das posições de classificação dos
357 animais em diferentes períodos de teste estudados (STEEL et al., 1997).

358 Na tabela 7 podemos observar que as correlações entre os períodos estudados
359 comparados com o período usual de 70 dias, apresentaram correlações acima de 0,70,
360 consideradas correlações fortes.

361 Avaliando os resultados das correlações de Spearman é possível afirmar que existe uma
362 possibilidade de redução do período de teste de 70 dias para 42 dias, pois a correlação média
363 foi de 0,92, considerada correlação alta e avaliando os resultados das correlações entre cada
364 teste realizado se observa também valores altos, sendo apenas o teste 1 correlação de 0,89, os
365 demais apresentaram resultados acima de 0,90.

366 Na Tabela 8 observamos os resultados das correlações de Pearson entre o período de 70 e
367 42 dias e encontramos um comportamento semelhante aos resultados encontrados no manual
368 Guidelines 2016 – *Beef Improvement Federation*, no qual torna mais confiável a possibilidade
369 de reduzir a duração dos testes.

370 A duração dos testes de eficiência alimentar pode ser reduzida para 42 dias de duração,
371 pois estão dentro das exigências do manual de “Procedimentos para mensuração de consumo
372 individual de alimento em bovinos de corte” (MENDES et al., 2020) e por apresentarem
373 correlações de Pearson significativas, além disso o grande número de dados gerados de
374 consumos e pesagens diárias através dos cochos eletrônicos e balanças automatizadas, auxiliam
375 para os dados mais acurados. Sobretudo o alto volume de informações aumenta a precisão de

376 medição do GMD, que minimiza a necessidade de maiores períodos de teste para obter
377 informações confiáveis da característica, motivos que acarretam a redução dos períodos de teste
378 para determinar os valores de CAR.

379 Esses resultados de correlações altas foram reportados por Crozara (2018), que em estudos
380 realizados com bovinos zebuínos, afirmou que é possível reduzir a duração de teste de 70 dias
381 para 34 dias para avaliação da característica CAR e avaliando as correlações de Spearman foram
382 observadas correlações para 42 dias 0,98. Outro trabalho publicado pelo autor Manafiazar et al.
383 (2017) trabalhando com animais de corte, encontrou a possibilidade de reduzir o período de
384 teste para 42 dias com consumo mínimo de 30 dias válidos e relatou uma correlação Spearman
385 alta de 0,92, semelhante ao encontrado neste estudo.

386 Os estudos realizados por Culbertson et al. (2015) no qual foram avaliadas diferentes
387 categorias de bovino, nos quais era 453 touros; 119 novilhos e 21 novilhas, todos submetidos a
388 quatro testes de eficiência com duração de 70 dias, decorridos por um período de adaptação de
389 21 dias. Os autores afirmam que o período de avaliação do CAR e do CMS pode ser reduzido
390 de 70 para 56 dias e de 70 para 42 dias, respectivamente, embasados em análises de regressão
391 dos valores de CAR e CMS obtidos em 70 dias comparando com valores obtidos considerando
392 testes reduzidos.

393

394 **5. Conclusão**

395

396 A redução do teste de 70 dias para 42 dias pode ser realizada, pois todas as informações
397 são geradas diariamente consequentemente existe um grande volume de dados que tornam os
398 resultados mais acurados, em especial o ganho médio diário que é exigido mais dias de
399 avaliação, porém a quantidade de dados analisados assegura um resultado confiável.

400 Sobretudo reduzindo a duração de teste torna o sistema mais rentável, devido a
401 possibilidade de realizar mais testes em um determinado período, avaliação de maior número
402 de animais aumentando a otimização dos equipamentos utilizados e a redução dos custos com
403 alimentação.

404

405 **Agradecimentos**

406

407 The authors acknowledge Federal University of Lavras, CNPq and Fazenda Casa Branca
408 Agropastoril.

409 **Referências**

410

411 Archer, J. A. et al., 1997. Optimum post-weaning test for measurement of growth rate, feed
412 intake, and feed efficiency in British breed cattle. *Journal of Animal Science*, Champaign,
413 v. 75, n.8, p. 2024–2032.

414

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

417

418 Arthur, P. F. et al., 1996. Net feed conversion efficiency and its relationship with other traits in
419 beef cattle. In: *Australian Society of Animal*, 21. 1996. *Proceedings...Australian Society of*
420 *Animal*, p.107-110.

421

422 Associação Brasileira Das Indústrias Exportadoras De Carne. Disponível em:
423 <http://www.abiec.com.br/41_exportacao_ano.asp/>. Acesso em: 20 mai. 2022.

424

425 Basarab, J.A. et al., 2003. Residual feed intake and body composition in young growing cattle.
426 *Canadian Journal of Animal Science* 83: 189-204.

427

428 Beef Improvement Federation (BIF). 2016. Guidelines for uniform beef improvement
429 programs. 9th ed. Revised September. Beef Improvement Federation, Columbia, MO.

430

431 Bergigier, P. 1989. Efeito do calor sobre a produção intensiva de carne nos trópicos: bovinos,
432 ovinos e caprinos, suínos. In: *Ciclo Internacional de Palestras Sobre Bioclimatologia*
433 *Animal*, I, Botucatu. *Anais...* Jaboticabal: FUNEP, p.07-44.

434

435 Cardoso, E. G., 1996. Engorda De Bovinos Em Confinamento. Campo Grande: Embrapa-
436 CNPGC, 36 P. (Embrapa-Cnpgc. Documentos, 64).

437

438 Culbertson, M. M. et al., 2015. Optimum measurement period for evaluating feed intake traits
439 in beef cattle. *Journal of Animal Science*, v.93 p. 2482-2487.

440

441 Faria, C. U. et al., 2010. Avaliação genética de características de escores visuais de bovinos da
442 raça Nelore da desmama até a maturidade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG,
443 v. 38, p. 1191–1200.

444

445 Filho, D.F.; Ferreira, A.D.J., 2021. Air Fryer: Um método alternativo e prático para estimar a
446 matéria seca de alimentos volumosos utilizados em confinamentos. Disponível
447 em:<[http://blog.nutron.com.br/bovino-de-corte/air-fryer-metodo-alternativo-para-
448 estimar-a-materia-seca-em-confinamento-bovinos-de-corte/print/](http://blog.nutron.com.br/bovino-de-corte/air-fryer-metodo-alternativo-para-estimar-a-materia-seca-em-confinamento-bovinos-de-corte/print/)>. Acesso em: 19 ago.

449

450 Freitas, A.R. et al., 2000. Curvas de crescimento na produção animal. Bases de dados de
451 pesquisas agropecuárias. EMBRAPA, MG. In: Reunião Anual Da Sociedade Brasileira De
452 Zootecnia, 37., Vicoso, MG. Resumos: SBZ, p. 209.

453

454 Gomes, R. C., 2009. Metabolismo proteico, composição corporal, características de carcaça e
455 qualidade de carne de novilhos Nelore (*Bos indicus*) em função de seu consumo alimentar
456 residual. 2009. 95 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de
457 Alimentos, Universidade de São Paulo, São Paulo.

458

- 459 Herd, R. M. et al., 2002. Potential to reduce greenhouse gas emissions from beef production by
460 selection for reduced residual feed intake. Proceedings... World Congress of Genetic
461 Applied to Livestock Production. v.31, p.281-284.
462
- 463 Koch, R.M. et al., 1963. Efficiency of feed use in beef cattle. Journal of Animal Science, v.22,
464 p.486-494.
465
- 466 Lima, L. L. N. et al., 2013. Consumo Alimentar Residual Como Critério De Seleção Para
467 Eficiência Alimentar. Acta Veterinaria Brasilica, Mossoró, v.7, n.4, p.255-260.
468
- 469 Luchiari Filho, A. Pecuária da carne bovina. São Paulo, 2000. 134 p.
470
- 471 Mahler, L. E., 2016. Recommended duration for evaluating feed intake and validating the
472 residual feed intake model in Brangus Heifers. 2016. Thesis (Degree of Master of Science)
473 - Faculty of Auburn University, Auburn.
474
- 475 Manafiazar, G. et al., 2017. Optimizing feed intake recording and feed efficiency estimation to
476 increase the rate of genetic gain for feed efficiency in beef cattle. NRC Reaserch Press.
477
- 478 Mcgee, M. et al., 2014. Relationships of feeding behaviors with average daily gain, dry matter
479 intake, and residual feed intake in Red Angus-sired cattle. Journal of Animal Science,
480 Champaign, v. 92, n. 11, p. 5214-5221.
481
- 482 Mendes, E. D. M et al., 2020. Procedimentos para mensuração do consumo individual de
483 alimento em bovinos de corte – 2ª Edição. Belo Horizonte: Embrapa; ANCP.

484

485 Mendes, E. D. M; Campos, M. M., 2016. Eficiência alimentar em bovino de corte. Belo
486 Horizonte: Embrapa, v. 37, n.292, p.28-38.

487

488 Miot, H. A., 2018. Análise de correlação em estudos clínicos e experimentais. *Jornal vascular*
489 *brasileiro*.

490

491 Nkrumah, J. D. et al., 2006. Relationships of feedlot, feed efficiency, performance, and feeding
492 behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle.
493 *Journal of Animal Science*, Champaign, v.84, p. 145-153.

494

495 R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation
496 for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <<https://www.R-project.org/>>.

497

498 Salleh, M. S. et al., 2017. RNA-Seq transcriptomics and pathway analyses reveal potential
499 regulatory genes and molecular mechanisms in high- and low-residual feed intake in
500 Nordic dairy cattle. *BMC Genomics* 18:258-275.

501

502 Satter, L.D. et al., 2005. Milk production under confinement conditions. Disponível em:
503 <<http://www.sbz.org.br/anais1997/simp/palest10.pdf>> Acesso em: 02 de julho de 2022.

504

505 Savietto, D. et al., 2014. Towards an improved estimation of the biological components of
506 residual feed intake in growing cattle. *Journal of Animal Science* 92:467–476.

507

- 508 Siegel, S., 1975. Estatística não-paramétrica para as ciências do comportamento. São Paulo:
509 McGraw-Hill do Brasil.
510
- 511 Steel, R. G. D. et al., 1997. Principles and procedures of statistics:a biometrical approach.
512 NewYork:McGraw-Hill,.666p.
513
- 514 Statistical Analysis System – Sas. Sas/Stat User´s guide., 1999. Cary: Statistical Analysis
515 System Institute CD-ROM.
516
- 517 Townsend, M. R. et al., 1988. Desempenho de animais com diferentes idades em regime de
518 confinamento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE
519 ZOOTECNIA, 25. Viçosa: SBZ, p.283.
520
- 521 Wang, Z. et al., 2006. Test duration for growth, feed intake, and feed efficiency in beef cattle
522 using the Grow Safe System. Journal of Animal Science, Champaign, v. 84, n. 9, p. 2289-
523 2298.

524 **Apêndices**

525

526 **Tabela 1:** Componentes da dieta concentrada ofertada durante o período de teste avaliado.

INGREDIENTE	INCLUSÃO (%)
MILHO GRÃO MOÍDO	68.00
FARELO DE SOJA 45	26.10
MISTURAL MINERAL BELLPESO SUPER	4.70
UREIA	1.20
Total	100

527 **Tabela 2:** Níveis nutricionais da dieta total.

NUTRIENTES	QUANTIDADE
PROTEÍNA BRUTA (%)	18.56
NDT (%)	74.69
ENERGIA METABOLIZÁVEL (Mcal/kgMS)	2.87

528 **Tabela 3:** Estatística descritivas das características idade (IDD, dias), peso vivo inicial (PESO
529 I, Kg), peso vivo final (PESO F, Kg), consumo alimentar residual (CAR, Kg/dia), consumo de
530 matéria seca acumulado (CMS_{ac.}/kg), ganho médio diário (GMD, kg/dia) e peso vivo
531 metabólico (PV0.75, kg).

VARIÁVEIS	N	MEAN	SD	MINIMO	MAXIMO
IDD	92	420.23	78.77	253.00	598.00
PESO I	93	381.00	71.54	228.20	560.20
PESO F	93	422.40	73.49	260.30	607.40
CAR	93	0.00	0.60	-2.87	1.27
CMS_{ac.}	93	311.16	68.84	166.59	456.73
GMD	93	1.51	0.31	0.71	2.46
PV0.75	93	89.45	12.21	61.78	118.77

532

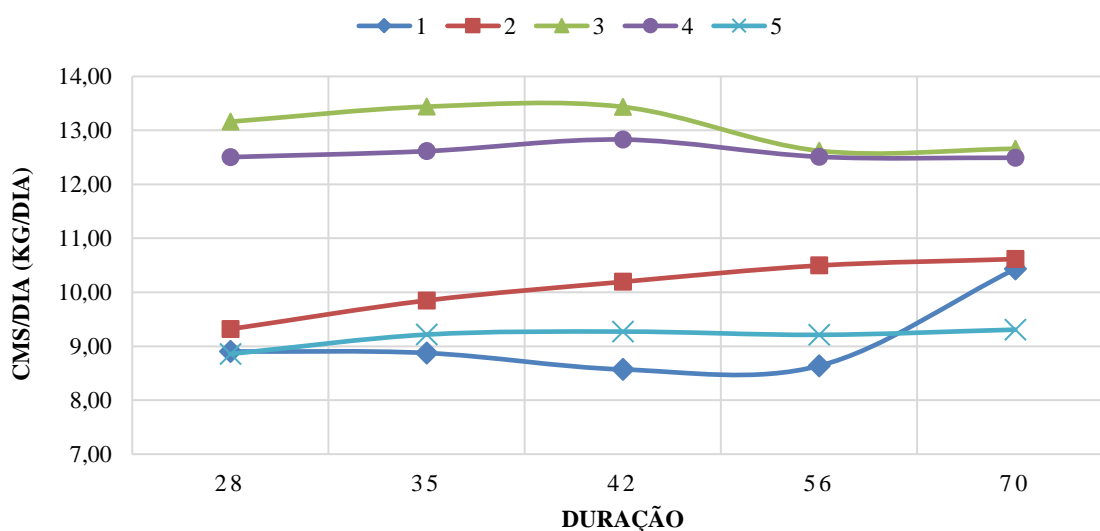
533

534 **Tabela 4:** Médias das características consumo de matéria seca acumulada (CMS_{ac.}, kg), ganho
 535 médio diário (GMD, kg/dia) e peso vivo metabólico (PV^{0,75}, kg) de acordo com cada teste e
 536 período de duração estudados.

TESTE	N	DURAÇÃO DO TESTE				
		28	35	42	56	70
CMS_{ac.}						
1	16	249.29	310.61	359.92	483.61	730.17
2	13	260.88	344.66	428.11	587.74	743.06
3	26	368.50	470.38	564.29	706.84	886.09
4	25	350.13	441.52	538.85	700.61	874.48
5	13	248.00	322.54	389.40	515.82	651.53
GMD						
1	16	1.49	1.47	1.48	1.39	1.34
2	13	1.82	1.83	1.83	1.66	1.58
3	26	1.24	1.26	1.27	1.30	1.33
4	25	1.57	1.51	1.46	1.38	1.33
5	13	1.66	1.64	1.62	1.57	1.52
PV^{0,75}						
1	16	77.27	78.12	78.93	80.46	102.83
2	13	102.83	103.69	104.28	105.82	107.30
3	26	91.60	92.37	93.15	94.75	96.41
4	25	88.32	89.05	89.71	91.07	92.24
5	13	88.96	89.88	90.76	92.43	94.11

537 N número de observações

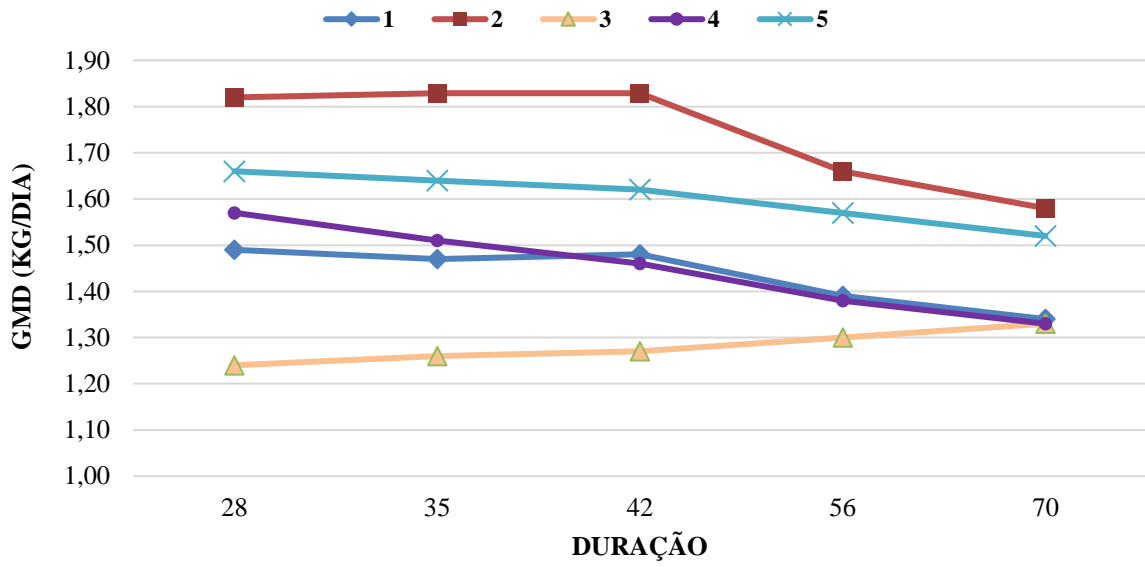
538



539

540 **Figura 1:** Variação do consumo de matéria seca/dia dos cinco testes avaliados ao longo de cada
 541 duração de teste.

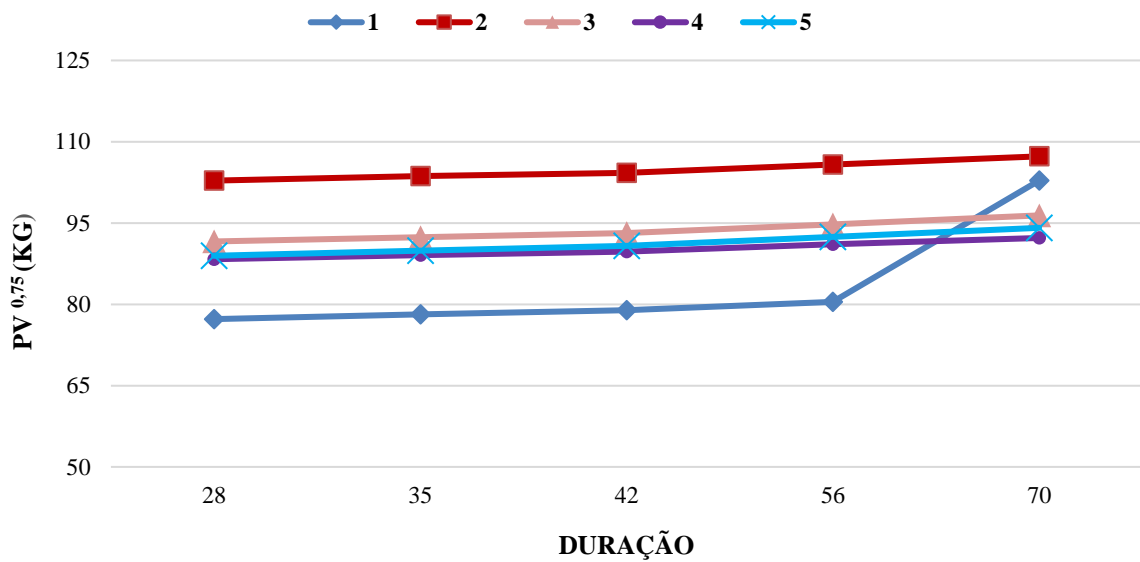
542



543

544 **Figura 2:** Variação do ganho médio diário ao longo de cada duração de teste.

545



546

547 **Figura 3:** Variação do peso vivo metabólico ao longo de cada duração de teste.

548

549 **Tabela 5.** Resumo das análises de variância do consumo alimentar residual (CAR - Kg/dia),
 550 consumo de matéria seca acumulada (CMS_{ac} - Kg), ganho médio diário (GMD - Kg/dia) e peso
 551 vivo metabólico (PV^{0.75}, Kg).

EFEITOS	GL	QUADRADOS MÉDIOS			
		CAR	CMS _{ac}	GMD	PV ^{0.75}
TESTE	4	0.52 ^{ns}	567660.82**	2.69**	2938.80**
DURAÇÃO	4	0.06 ^{ns}	3442762.84**	0.23**	346.13**
IDADE	1	2.27 ^{ns}	192063.85**	0.22*	5793.34**
TESTE*DURAÇÃO	16	0.04 ^{ns}	10077.58*	0.07 ^{ns}	3.39 ^{ns}

552 Idade = idade do animal no início do teste; GL=graus de liberdade. *P<0,05; **P<0,01; ns não significativo.
 553

554 **Tabela 6:** Médias ajustadas das características peso vivo inicial (PESO I, Kg), peso vivo final
 555 (PESO F, Kg), consumo de matéria seca acumulado (CMS_{ac}, Kg), ganho médio diário (GMD,
 556 Kg), peso vivo metabólico (PV^{0.75}, Kg) e consumo alimentar residual (CAR, Kg/dia) de
 557 acordo com a duração de teste estudada.

VARIÁVEIS	DURAÇÃO DO TESTE				
	28	35	42	56	70
PESO I	381.11a	381.11a	381.11a	381.11a	381.11a
PESO F	42.40	432.10	440.81	459.15	480.80
CMS _{ac}	311.16a	396.89b	478.81c	623.41d	803.36e
GMD	1.51a	1.49a	1.48a	1.43ab	1.39b
PV ^{0.75}	89.45b	90.27b	91.00ab	92.53a	94.33a
CAR	0.00a	0.04a	0.00a	0.05a	0.00a

558 letras diferentes na mesma linha representam diferença significativa (P<0,05).

559

560 **Tabela 7.** Correlações de Spearman para consumo alimentar residual (CAR) entre as durações
 561 dos testes e a duração de 70 dias, de acordo com cada teste na raça Brahman.

TESTES	N	PERÍODOS AVALIADOS			
		70 - 56	70 - 42	70 - 35	70 - 28
1	16	0.96	0.89	0.86	0.82
2	13	0.92	0.90	0.87	0.79
3	26	0.98	0.94	0.66	0.68
4	25	0.60	0.90	0.37	0.37
5	13	0.97	0.97	0.96	0.92
MÉDIA		0.89	0.92	0.74	0.71

562 N número de observações

563

564

565 **Tabela 8.** Correlações de Pearson para consumo alimentar residual (CAR), ganho médio diário
566 (GMD) e peso vivo metabólico (PV0,75) entre a duração de 42 dias e a duração de 70 dia
567 compara às correlações encontradas no manual Beef 2016.

VARIÁVEIS	70 - 42 DIAS	BEEF 2016
CAR	0.89	0.90
GMD	0.86	0.83
PV0,75	0.99	0.99

568

ARTICLE 2 – Relationship between measurements of feed efficiency, performance, and carcass traits in the Brahman breed

Formatted according to the guidelines of the periodical *Journal of Animal Breeding and Genetics*

T. K. Teixeira^a, S.L.C., Meirelles^{b*}

^{a,b} Universidade Federal de Lavras, Department Animal Science, University Campus, postal code 3037, Downtown, CEP 37200000, Lavras/MG, Brazil; E-mail: thaynarazoo2019@gmail.com, sarah@ufla.br*

*Corresponding author: Universidade Federal de Lavras, Department Animal Science, University Campus, postal code 3037, Downtown, CEP 37200000, Lavras/MG, Brazil; E-mail: sarah@ufla.br

ABSTRACT

Brazil is considered one of the largest beef producers worldwide. However, it faces challenges within the production sector due to low productivity and high production costs, and feed represents 70% of total expenses. In recent years, the characteristic of residual feed intake (RFI) has become prominent in selection of beef cattle because it is considered a variable that is independent of animal growth and size, and it classifies the efficient animals within the system. All studies associated with RFI aim at classification of animals in three groups: low RFI, medium RFI, and high RFI; and its determination varies between classification through mean values and through standard deviations. The aim proposed for this study was to evaluate if there is a difference in the performance variables and in the carcass merit traits obtained by real-time ultrasound according to the RFI classes in Brahman breed cattle. The database used was composed of data from cattle of the Santa Éster Farm, owned by Casa Branca Agropastoril Ltda., in the municipality of Silvianópolis, MG. We used data from 56 young Brahman bulls (average initial age of 441 days) through their participation in three feed efficiency tests. Each test included 15 days of adaptation and then a 70-day duration. Individual electronic feeding troughs (Intergado®) were used to register feed intake. RFI was calculated by multiple regression performed on the R software. Analyses of variance were carried out by the GLM procedure of SAS. The performance variables and carcass composition were fitted by the least squares method and compared among the RFI classes by the Tukey-Kramer test at 5%. For the RFI trait, the animals that were classified as low RFI had carcass fat deposition similar to the animals of high RFI, and performance variables were not compromised. Therefore, more efficient animals make it possible to obtain a homogeneous, profitable, sustainable, and economically viable cattle raising system without compromising the quality of the final product.

Keywords: residual feed intake, efficient, zebu cattle

Funding: Casa Branca Agropastoril Ltda.

1. Introduction

There is currently a considerable increase in concern related to demand for food. Societies are increasingly interested in knowing the origin and the quality of the food consumed, especially foods of animal origin. According to the United Nations - UN (2019), it is estimated that world population may reach around 9.8 billion inhabitants by 2050 and the demand for food required to meet the needs of this population will increase. Worldwide production of beef should double and, consequently, Brazil must increase its production by up to 43.2%.

The need to produce more in a shorter period of time is increasingly evident. The price of meeting this demand within the livestock sector is high, and there are various limitations within animal raising systems, including the high cost of feeding animals, which can range from 70% to 90% of total operating costs (VALADARES FILHO et al., 2002). Studies developed within breeding programs have included traits related to feed efficiency as selection criteria. These traits provide us with a measure of the ability of the animal to convert the feed ingested into a product of animal origin, whether meat or carcass.

Thus, working with selection of more efficient animals makes it possible to increase the profitability of the production system using smaller quantities of inputs (LIMA et al., 2014; SAVIETTO et al., 2014) and reducing the environmental impacts of beef production systems (BASARAB et al., 2003). These factors are important considerations for the economic market since efficient bovine species become increasingly desirable to cattle raisers.

One of the parameters that indicate feed efficiency is residual feed intake (RFI); evaluation of RFI holds benefits and can increase profitability for all meat production systems. The RFI is calculated through the linear regression equation of dry matter intake (DMI, kg/day) in accordance with metabolic live weight (MLW, kg) and daily weight gain (DWG, kg/day). Therefore, the observed intake of more efficient animals is lower than what is predicted, and they are classified as negative RFI. The observed intake of animals classified as positive RFI is greater than predicted, and they are classified as less efficient (BASARAB et al., 2003).

Thus, the aims of this study were to evaluate and understand the relationships between the performance traits and carcass merit traits with the RFI, which can assist breeding programs for the Brahman breed.

2. Materials and Methods

Location and animals

The data used in the present study were obtained from feed efficiency tests conducted on the Santa Éster Farm owned by Casa Branca Agropastoril Ltda. in the municipality of Silvianópolis, MG, Brazil, at 22°01'46'' S, 45°50'06'' W and altitude of 897 meters asl, characterized by a humid subtropical climate with mean annual temperature of 19.9 °C. We used data from 56 Brahman breed bulls born from 2018 to 2021, with average initial age of 441 days, that participated in three feed efficiency tests. In each test, the animals were kept in a single paddock of 0.5 ha, equipped with eight (8) feeding troughs and one (1) automatically replenished water trough, in which they received food and water, as well as access to natural shade.

The diet consisted of 80% corn silage, on dry matter (DM) basis, and 20% formulated concentrate based on ground corn grain, soybean meal, urea, and a mixture of macro- and micronutrients (Table 1). The diet was formulated according to NASEM (2016) for Brahman animals with mean body weight of 385.40 kg and average daily weight gain of 1.25 kg. The mean chemical composition of the total diet is shown in Table 1.1.

The totally mixed feed ration was provided *ad libitum* twice a day from the beginning to the end of the test, respecting the capacity of the feeding troughs as described by the company (maximum of 100 kg of feed/trough).

Each test was 70 days in duration, with an adaptation period of 15 days for the animals to adapt to the facilities (electronic feed and water troughs) and to the diet provided. To record the intake information, Intergado® (Intergado Ltda., Contagem, Minas Gerais, Brazil) electronic feed troughs were used that measure the amount of feed offered and the residue in the trough. The animals were weighed automatically by individual scales at the entrance of the water troughs.

Calculation of the RFI

The RFI is the result of the difference between the observed dry matter intake (ODMI) and the predicted dry matter intake (PDMI) to meet the energy requirements for maintenance and growth (Koch, 1963).

$$RFI = ODMI - PDMI$$

where *RFI* – residual feed intake; *ODMI* – observed dry matter intake; *PDMI* – predicted dry matter intake.

The individual RFI was calculated through the basic multiple regression model (Koch, 1963):

$$DMI = \beta_0 + \beta_1 DWG + \beta_2 MLW0.75 + \varepsilon$$

where *DMI* – daily dry matter intake per animal; β_0 - intercept; β_1 – linear regression coefficient for mean daily weight gain (DWG); β_2 – linear regression coefficient for metabolic live weight (MLW0.75); ε – residue that expresses the measure of efficiency of the RFI.

Statistical analyses

After calculation of the RFI, the animals were classified in groups of high RFI (greater than a standard deviation above the mean value), medium RFI (within +/- one standard deviation), and low RFI (greater than one standard deviation below the mean value), as proposed by Mahler (2016). Analyses of variance were carried out by the GLM procedure of SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, version 9.4, 2014) using the least squares method, whose statistical model included the RFI class and test effect, as well as the age-of-the-animal covariable. The mean values in accordance with each RFI class were compared using the Tukey-Kramer test at 5% probability for the traits of dry matter intake (DMI), live weight at the end of the test (WT F), and traits related to carcass merit: rump fat thickness (RFT), subcutaneous fat thickness (SFT), ribeye area (REA), and marbling (MAR).

3. Results

The average initial age of the animals participating in the three (3) tests was 441 days, ranging from 382 to 510 days. The structure of the data is presented in Table 2, taking the three (3) efficiency tests and the descriptive statistics of the traits studied into consideration.

A summary of the analysis of variance of the traits studied for calculation of the RFI is shown in Table 3. According to the results, there was no RFI class and test effect for the initial

weight and final weight traits; however, age had an effect ($p < 0.01$) on these traits. For dry matter intake, the classes and tests had effects ($p < 0.01$), and age did not affect intake.

The RFI classes did not have an effect on the traits related to carcass merit: RFT, SFT, REA, and MAR. The test had an effect on RFT and MAR ($p < 0.01$). Age did not affect any of the analyzed traits related to carcass merit.

The adjusted means of the variables studied are shown in Table 4 according to the RFI classification.

Ten animals (18% of the total) were classified as efficient animals (low RFI), 37 animals (66% of the total) were classified as intermediate animals (medium RFI), and 9 animals (16% of the total) were classified as inefficient animals (high RFI), for a total of 56 animals studied.

The mean value of the RFI was different according to the RFI classes, as observed in Figure 1. The variations in the RFI trait per class are shown in Figures 3, 4, and 5.

The animals classified as low RFI, that is, the most efficient animals, had a weight gain variation of 24%, similar to the variations observed among the medium and high RFI classes (Table 4).

In relation to dry matter intake (DMI), there was variation in intake of 1.96 kg of dry matter between the most and least efficient animals. Consideration of the medium RFI and low RFI classes showed no difference for final weight. There was no difference among the classes studied considering the weight gain trait.

The relationship of the DMI response with the mean value of RFI of each class is shown in Figure 2.

The mean dry matter intake was 11.53 kg/day for animals classified as efficient (mean RFI = -0.87) and 13.49 kg/day for inefficient animals (mean RFI = 0.68).

According to Tukey's test, there was no difference among the mean values found for the three RFI classes for the traits related to carcass merit.

4. Discussion

More efficient animals, that is, animals that consume less but have performance similar to the common animal, is the ideal sought after by beef cattle raisers. This is the aim because more efficient animals enter in the finishing phase earlier and, in addition, ingest less feed, but do not fail to deposit fat and muscle, thus reducing production costs. It is important to understand the association between performance and carcass merit traits according to the RFI classes.

There was no difference in the initial and final weight among the classes and the tests; however, there was a difference according to age ($p < 0.01$). The effect of age can be explained owing to bovine growth occurring in a sigmoid manner, consisting of an accelerated phase and a phase of reduction in growth when the greatest fat deposition phase begins. These two phases occur during puberty, which normally occurs between 12 and 18 months in bovines, the age of the animals used in this study (LUCHIARI FILHO, 2000). Another observation is that upon reaching maturity, cattle tend to have zero muscle growth, since the muscle mass has reached the maximum point and, consequently, weight gain comes to be composed only of fat (OWENS ET AL., 1995).

For the RFT and MAR traits, there was no effect of RFI and age; however, they exhibited differences according to the tests ($p < 0.01$). This was probably due to variation in the bromatological composition of the roughage offered in the different years of evaluation (SATTER et al., 2005). None of the effects included in the model exhibited differences regarding SFT and REA.

The results obtained in this study are similar to those found by Cruz et al. (2010); they did not observe carcass differences when comparing animals of low and high RFI during the finishing phase. Castro Bulle et al. (2007) did not observe differences in fat deposition among the RFI classes. Other authors, such as Bulle et al. (2006), did not find differences for ribeye area and subcutaneous fat thickness in Angus \times Hereford calves according to RFI classes. This confirms that more efficient animals do not fail to deposit fat, which indicates that the RFI is an independent variable.

In Table 4, in relation to dry matter intake (DMI), there was an intake difference of 1.96 kg of dry matter between the most and least efficient animals, a result also found by McGee et al. (2014), who evaluated the interaction between feeding behavior and RFI in Red Angus progenies and affirmed that the difference in DMI found among the RFI levels was expected. This amplitude of variation in intake is less than the data presented in the literature (2.64 kg/day - BAKER et al., 2004; 3.60 kg/day - LANNA et al., 2004), which may be explained by the homogeneity of the animals and the same nutritional history and rearing conditions. Studies that use animals coming from diverse origins can result in varied performance and intake measurements due to unmeasured sources of variation, generating results with greater variability.

The positive relationship between DMI and RFI is often observed in the literature, in which bovine animals classified as low RFI have lower feed intake and are able to have weight

gain similar to animals of the positive RFI class (ALMEIDA, 2005; BASARAB et al., 2003; ARTHUR et al., 1996), as observed in this study. From Figure 1, it can be understood that in this study, the bovine animals classified as low RFI consume less than the positive RFI bovine animals.

Significant differences were not found in observing the adjusted means of final weight of each RFI class, confirming that in this population, the efficient bovine animals (low RFI class) had performance similar to the less efficient animals (high RFI), as found in studies conducted by Archer et. al. (1997) and Richardson & Herd (2004). Another factor that would explain the lack of difference in final weight among the classes is that the RFI is independent of the growth and body size traits of the animal. This is considered a positive advantage because when one works with efficiency indexes, such as feed conversion (FC), there is a correlation of the measurement (FC) and the weight of the animals (HERD et al., 2000).

The Brahman cattle classified as low RFI had values similar to the results of the high RFI cattle in terms of carcass merit; this is in contrast with some studies that observed that more efficient animals had lower carcass fat content (HERD et al., 2003; BASARAB et al., 2003). These differences in results may be due to the authors working with British bovine animals of various breeds that have a physiological response different from zebu animals. In addition, the composition of the diet used by the authors varies in each study. For the ribeye area (REA) variable, there were no differences among the RFI classes.

Therefore, in this study, efficient bovine animals, that is, animals with low RFI, exhibited production performance similar to that of animals classified as having high RFI (common animals). Yet, they are animals that consume less feed, bringing great advantages and profitability to the production system, especially considering that the carcass composition in these efficient animals was not compromised due to low feed intake.

5. Conclusion

Bovine animals of the Brahman breed classified as efficient (low RFI) exhibited similar responses for the performance variables (initial weight and final weight) and carcass merit traits (RFT, SFT, REA, and MAR) compared to the inefficient animals (high RFI), known as common animals. However, as expected, there was lower feed intake in the low RFI class compared to the intake obtained by the high RFI group.

Working with more efficient bovine animals provides herd homogeneity to the production system, considerably reduces feed costs, reduces methane emissions to the atmosphere, and leads to an increase in added value for the final product, whether for production of food of animal origin or sale of animals.

Acknowledgments

The authors thank the Universidade Federal de Lavras (UFLA), CAPES, CNPq, and Casa Branca Agropastoril Ltda.

References

ALMEIDA, R. Consumo e eficiência alimentar de bovinos em crescimento. 2005. 182 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005.

ARCHER, J. A. et al. Optimum post-weaning test for measurement of growth rate, feed intake, and feed efficiency in British breed cattle. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 75, n.8, p. 2024–2032, 1997.

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*, 79: 2805–2811, 2001.

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

ARTHUR, P. F. et al. Net feed conversion efficiency and its relationship with other traits in beef cattle. In: Australian Society of Animal, 21. 1996. Proceedings...Australian Society of Animal, p.107-110, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. Retrieved from: <http://www.abiec.com.br/41_exportacao_ano.asp/>. Accessed on: 26 Jul. 2021.

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* 83: 189-204, 2003.

BULLE FCPC, Paulino P V, Sanches AC, Sainz RD. Growth, carcass quality, and protein and energy metabolism in beef cattle with different growth potentials and residual feed intakes. *J Anim Sci*. 85(4):928–36. 2006.

BYERLY, D. J. et al. Pregnancy rates of beef heifers bred either on puberal or third estrus. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.65, n.3, p.645–650, 1987.

CAPPER, J. L.; HAYES D. J. The environmental and economic impact of removing growth-enhancing technologies from United States beef production. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.90, n.10, p. 3527-3537, 2012.

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.

FARIA, C. U. et al. Avaliação genética de características de escores visuais de bovinos da raça Nelore da desmama até a maturidade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 38, p. 1191–1200, 2010.

GERBER, P.J. et al. Technical options for the mitigation of direct methane and nitrous oxide emissions from livestock: a review. *Animal* 7:220-234, 2013.

GIBB, D. J.; MCALLISTER, T. A. The impact of feed intake and feeding behavior of cattle on feedlot and feed bunk management. In: WESTERN NUTRITION CONFERENCE, Calgary, 1999. Proceedings of.... Calgary, 1999. p.101-116.

GRION, A.L. Parâmetros genéticos de medidas indicadoras de eficiência alimentar de bovinos de corte. 2012. 92f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal Sustentável) – Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, 2012.

HEGARTY, R.S. et al. Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.85, n.6, p.1479-1486, 2007.

HERD, R. M. et al. 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, n.13, p. 9-17, 2003.

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

HERD, R. M. et al. Genetic variation in residual feed intake and its association with other production traits in British Hereford cattle. *Livest Prod Sci.* 63:111 – 9. 2000.

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

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*, Champaign, v. 87, n. 4, p.1528-1539, 2009.

LANCASTER, P. A. et al. 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.D. et al. Conversão: alimentar e eficiência econômica de vacas de corte de raças puras ou cruzadas. In: SIMPÓSIO DE PECUÁRIA DE CORTE, 3. Lavras. Anais... Lavras: UFLA, p.87-110, 2003.

LIMA, L. L. N. et al. Consumo Alimentar Residual Como Critério De Seleção Para Eficiência Alimentar. *Acta Veterinaria Brasilica*, Mossoró, v.7, n.4, p.255-260, 2013.

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

MAHLER, L. E. Recommended duration for evaluating feed intake and validating the residual feed intake model in Brangus Heifers. 2016. Thesis (Degree of Master of Science) - Faculty of Auburn University, Auburn, 2016.

MAO, F. et al. 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.

MCDONAGH, 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*, Melbourne, v.41, n.7, p. 1013–1021, 2001.

MCGEE, M. et al. Relationships of feeding behaviors with average daily gain, dry matter intake, and residual feed intake in Red Angus–sired cattle. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 92, n. 11, p. 5214–5221, 2014.

NASEM (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine). *Nutrient requirements of beef cattle*, 8th ed. Washington, DC: The Natl. Acad. Press, 2016.

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* 85:2711-2720, 2007.

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*, Champaign, v.84, p. 145-153, 2006.

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

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Retrieved from: <<https://brasil.un.org/>>. Accessed on: 19 Aug. 2021.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. Retrieved from: <<https://www.oecd.org/latin-america/countries/brazil/brasil.htm>>. Accessed on: 5 Aug. 2021.

OWENS, F. N., et al. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, v. 73, n. 10, p. 3.152, 1995.

RICHARDSON, E. C. Metabolic differences in Angus steers divergently selected for residual feed intake. *Aust J Exp Agric*. 44:441 – 52, 2004.

ROBINSON, D. L. et al. One-hour portable chamber methane measurements are repeatable and provide useful information on feed intake and efficiency. *Journal of Animal Science*, 94:4376-4387, 2016.

SALLEH, M. S. et al. RNA-Seq transcriptomics and pathway analyses reveal potential regulatory genes and molecular mechanisms in high- and low-residual feed intake in Nordic dairy cattle. *BMC Genomics* 18:258-275, 2017.

SATTER, L.D. et al., 2005. Milk production under confinement conditions. Retrieved from: <<http://www.sbz.org.br/anais1997/simp/palest10.pdf>> Accessed on: 02 Jul. 2022.

SAVIETTO, D. et al. Towards an improved estimation of the biological components of residual feed intake in growing cattle. *Journal of Animal Science* 92:467–476, 2014.

SCHENKEL, F.S. et al. 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.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS. SAS/STAT User's guide. Cary: Statistical Analysis System Institute, 1999. CD-ROM.

VALADARES FILHO, S.C. et al. Modelos nutricionais alternativos para otimização de renda na produção de bovinos de corte. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 3., 2002, Viçosa, MG. Anais... Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002.

Appendix

Table 1: Components of the feed concentrate offered during the test period evaluated.

INGREDIENT	INCLUSION (%)
GROUND CORN GRAIN	68.00
SOYBEAN MEAL 45	26.10
MISTURAL MINERAL BELLPESO SUPER	4.70
UREA	1.20
Total	100

Table 1.1: Nutritional levels in the total diet

NUTRIENTS	AMOUNT
CRUDE PROTEIN (%)	18.56
TDN (%)	74.69
METABOLIZABLE ENERGY (Mcal/kg DM)	2.87

Table 2: Descriptive statistics of the traits of (AGE, days), initial live weight (WT I, Kg), final live weight (WT F, Kg), rump fat thickness (RFT, mm), subcutaneous fat thickness (SFT, mm), ribeye area (REA, cm²), marbling (MAR, %), and residual feed intake (RFI, Kg/day).

VARIABLE	N	MEAN	SD	MINIMUM	MAXIMUM	CV
AGE	56	441.21	28.79	382.00	510.00	6.53
WT I	56	385.40	60.55	229.80	547.20	15.70
WT F	56	477.72	64.11	311.80	626.50	13.41
RFT	56	7.46	1.96	3.66	14.11	26.29
SFT	56	4.07	0.88	2.09	6.61	21.63
REA	42	77.69	8.87	67.58	101.70	11.41
MAR	48	2.30	0.33	1.33	3.04	14.17
RFI	56	-0.01	0.61	-1.63	1.48	-8573.33

N = number of observations; SD = standard deviation; CV = coefficient of variation

Table 3. Summary of analyses of variance of initial weight (WT I, kg), final weight (WT F, kg), dry matter intake (DMI, kg/day), rump fat thickness (RFT, mm), subcutaneous fat thickness (SFT, mm), ribeye area (REA, cm²), and marbling (MAR, %).

EFFECT	DF	MEAN SQUARES						
		WT I	WT F	DMI	RFT	SFT	REA	MAR
CLASSES	2	3809.43 ^{NS}	4655.11 ^{NS}	8.89**	0.93 ^{NS}	0.46 ^{NS}	49.87 ^{NS}	0.05 ^{NS}
TEST	2	7156.45 ^{NS}	3773.41 ^{NS}	20.37**	18.46**	0.54 ^{NS}	118.42 ^{NS}	0.75**
AGE	1	35712.26**	27318.28**	2.32 ^{NS}	2.52 ^{NS}	0.18 ^{NS}	240.88 ^{NS}	0.03 ^{NS}

Age = age of the animal at the beginning of the test. *P < 0.05; **P < 0.01; NS = not significant

Table 4: Adjusted means of the traits initial live weight (WT I, Kg), final live weight (WT F, Kg), dry matter intake (DMI, Kg/day), rump fat thickness (RFT, mm), subcutaneous fat thickness (SFT, mm), ribeye area (REA, cm²), and marbling (MAR, %) according to the classes of the animals in low RFI, medium RFI, and high RFI

VARIABLE	LOW RFI	MEDIUM RFI	HIGH RFI
N	10	37	9
WT I	392.39a	376.50a	414.23a
WT F	485.45a	468.25a	508.06a
DMI/DAY	11.53b	12.19ab	13.49a
RFT	7.32a	7.37a	7.96a
SFT	3.84a	4.07a	4.32a
REA	81.09a	76.37a	78.84a
MAR	2.36a	2.25a	2.40a

Different letters in the same row represent significant difference

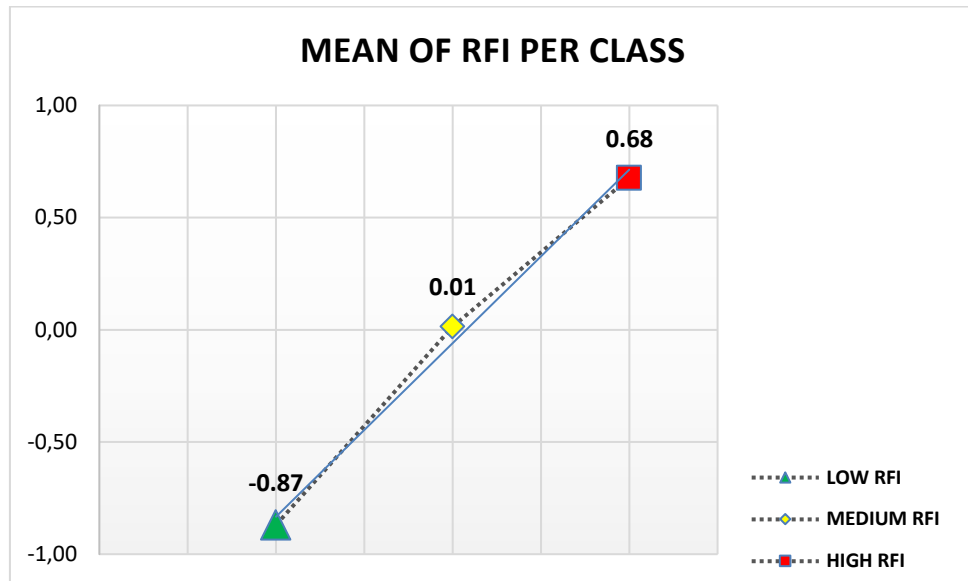


Figure 1: means of the RFI (residual feed intake) values according to the 3 classes

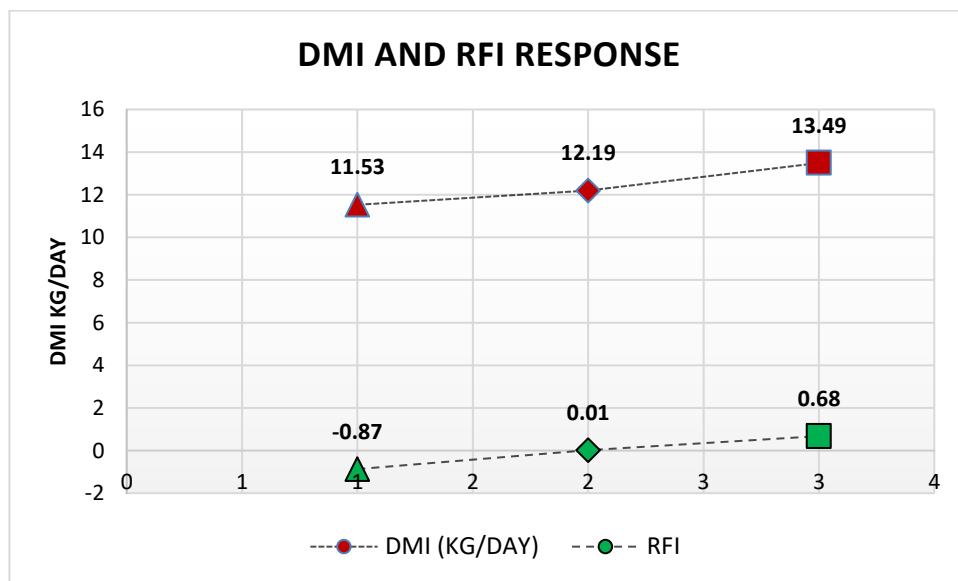


Figure 2: Mean values of DMI and RFI of the three RFI classes.



Figure 3: RFI values of the bovine animals classified as HIGH RFI



Figure 4: RFI values of the bovine animals classified as LOW RFI

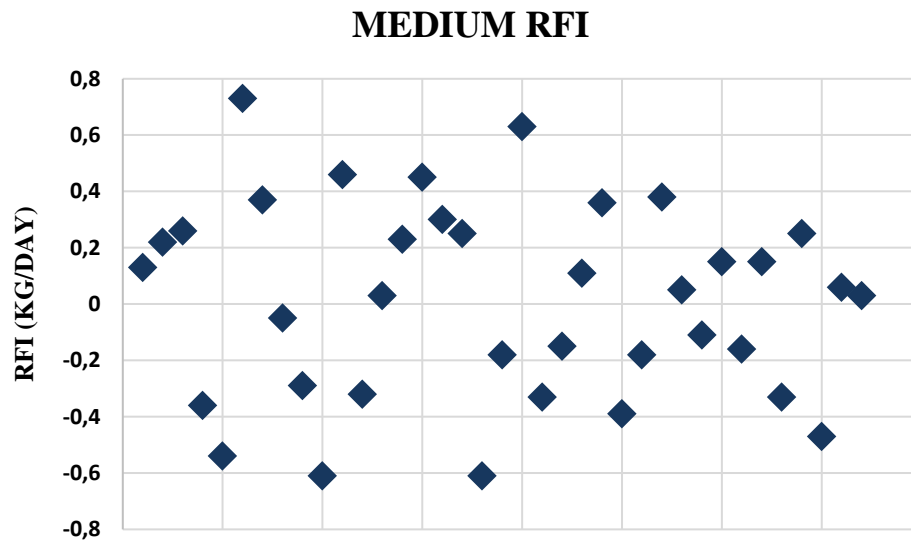


Figure 5: RFI values of the bovine animals classified as MEDIUM RFI