

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

LUÍZA FERNANDES MARTINS

**INFLUÊNCIA DO PERÍODO DE TESTE NA MENSURAÇÃO DO GANHO MÉDIO
DIÁRIO PARA FINS DE AVALIAÇÃO GENÉTICA DE CARACTERÍSTICAS DE
EFICIÊNCIA ALIMENTAR EM BOVINOS NELORE**

UBERLÂNDIA - MG

2019

LUÍZA FERNANDES MARTINS

**INFLUÊNCIA DO PERÍODO DE TESTE NA MENSURAÇÃO DO GANHO MÉDIO
DIÁRIO PARA FINS DE AVALIAÇÃO GENÉTICA DE CARACTERÍSTICAS DE
EFICIÊNCIA ALIMENTAR EM BOVINOS NELORE**

Monografia apresentada a coordenação do curso graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial a obtenção do título de Zootecnista.

UBERLÂNDIA – MG

2019

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus pela vida, saúde e proteção. Agradeço por ter me guiado e principalmente pelas pessoas que Ele colocou em meu caminho.

Aos meus pais, Célio e Luciene, por todas as oportunidades e escolhas que me foram dadas, fazendo o possível para que eu tivesse uma educação de qualidade e pudesse alcançar os meus sonhos, lutando sempre ao meu lado. Meu irmão Celio Jr., pelo carinho e companheirismo.

A minha família, avós, tios(as), primos(as) por acreditarem em mim, na minha capacidade e por apoiarem minhas escolhas, sempre dispostos a ajudar e comemorar a cada pequena vitória.

A minha orientadora Carina Ubirajara por estar sempre disposta a ensinar, por me inspirar, ter me dado a oportunidade de ter sua companhia durante esse trabalho e aceitar a estar comigo nessa difícil tarefa que é a graduação, me ajudando a alcançar meus objetivos, sempre me incentivando a ser melhor.

A todos do GEMEGA que estiveram presentes durante o período experimental, se dedicando ao máximo para que tudo desse certo, em especial, Aline e Mariana que se prontificaram a ajudar em minha ausência.

Aos meus amigos, companheiros de UFU e de vida, Stela, Geovanna, Allyne, Carol, João Willian, Maria Eduarda, Maria Clara, Lustosa, Emilly e Maressa, por estarem juntos comigo, me apoiando, com muitas risadas, comidas e festas, deixando a vida mais leve e feliz.

A todos os colegas do grupo PET Zootecnia que dividiram vários momentos comigo, dentro e fora da universidade, levantando a bandeira da zootecnia, me ensinando a importância do trabalho em equipe e me moldando a ser uma boa profissional e membro da sociedade. Uma vez petiana, sempre petiana.

A todos os professores, tutores e servidores que me ensinaram, passaram seus conhecimentos, se prontificaram a sanar minhas dúvidas, fornecendo uma excelente base curricular que me capacitou a produzir o trabalho de conclusão.

A Universidade Federal de Uberlândia e Departamento da Zootecnia por toda estrutura e oportunidade que me foram oferecidas para que fosse possível trilhar e concluir essa etapa de graduação.

MUITO OBRIGADA!

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Porcentagem de ingredientes e composição nutricional da dieta na etapa de adaptação com base na matéria seca.....	20
Tabela 2- Porcentagem de ingredientes e composição nutricional da dieta durante teste de eficiência alimentar	20
Tabela 3- Cenários de avaliação do GMD e CAR de acordo com o período de teste	22
Tabela 4- Análise descritiva da variável ganho médio diário (GMD) considerando os diferentes cenários durante o teste de eficiência alimentar em bovinos da raça Nelore.....	23
Tabela 5- Análise descritiva dos coeficientes de determinação das equações de regressão linear dos animais em teste, considerando os diferentes cenários de protocolos de pesagens.	24
Tabela 6- Estimativas de correlação de Spearman do ganho médio diário (GMD) considerando os diferentes cenários (acima de diagonal) e os respectivos níveis de significância (abaixo da diagonal).	26
Tabela 7- Análise descritiva do variável consumo alimentar residual considerando os diferentes cenários durante um teste de eficiência alimentar em bovinos da raça Nelore.....	27
Tabela 8- Estimativas de correlação de Spearman do consumo alimentar residual (CAR) considerando os diferentes cenários (acima de diagonal) e os respectivos níveis de significância (abaixo da diagonal)	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CA – Conversão Alimentar
CAR – Consumo Alimentar Residual
CMS – Consumo de Matéria Seca
EA – Eficiência Alimentar
GMD – Ganho Médio Diário
IMN – Ingestão de Matéria Natural
kg – Quilogramas
m – Metros
mm – Milímetros
MS – Matéria Seca
NRC – National Research Council
PMET – Peso Metabólico
PVF – Peso Vivo Final
PVI – Peso Vivo Inicial
RTM – Ração Total Misturada

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do período de teste na mensuração do ganho médio diário (GMD), utilizado na predição do consumo alimentar residual (CAR), para fins de avaliação genética em eficiência alimentar de bovinos da raça Nelore. O experimento foi realizado na Universidade Federal de Uberlândia (UFU), na Fazenda Experimental Capim Branco, localizada no município de Uberlândia, MG. Foram utilizados 27 animais da raça Nelore, sendo todos machos inteiros, nascidos no ano de 2017, com idade inicial média de $18 \pm 0,91$ meses, oriundos de 13 fazendas diferentes. As variáveis de eficiência alimentar estudadas foram: ganho médio diário (GMD; kg/dia) e consumo alimentar residual (CAR; kg/dia). O GMD foi estimado como o coeficiente de regressão linear dos pesos em função dos dias em teste. O CAR foi calculado como a diferença entre o CMS observado e o CMS esperado. Consideraram-se sete cenários de avaliação na predição do GMD e CAR: período de teste de 70 dias com pesagens diárias (REF); período de teste de 49 dias com pesagens diárias (A); período de teste de 42 dias com pesagens diárias (B); período de teste de 35 dias com pesagens diárias (C); período de teste de 56 dias com pesagens semanais (D); período de teste de 70 dias com pesagens em intervalos de 14 dias (E); período de teste de 56 dias com pesagens em intervalos de 14 dias (F). Utilizou-se a correlação de Spearman para verificar a classificação dos animais nos diferentes cenários em relação ao cenário REF. Observou-se que o cenário E obteve a maior correlação de Spearman (0,95) em relação ao cenário REF, ou seja, 90% dos animais classificados para o GMD não apresentaram alteração no ranqueamento. Já a segunda melhor proposta de período de teste foi o cenário D, em que se obteve um coeficiente de correlação de Spearman de 0,93. Verificou-se que as maiores mudanças de classificação dos animais foram encontradas nos cenários B e C, em que somente 71% dos animais mantiveram o mesmo ranqueamento obtido no cenário REF, para o GMD. Observou-se que os cenários A, D e E obtiveram a menor alteração de ranqueamento dos animais, com coeficiente de correlação de Spearman próximo de um (0,98), ou seja, 96% dos animais não sofreram alteração na classificação do CAR em comparação ao cenário de referência (REF). Dos cenários avaliados, pode-se concluir que o período de teste para avaliação de eficiência alimentar (EA) com maior confiabilidade na predição dos fenótipos de GMD e CAR é de 70 dias com pesagens em intervalos 14 dias. Entretanto, o período de teste para EA pode ser reduzido para 56 dias se forem realizadas pesagens semanais. Na possibilidade de se realizar pesagens diárias, o período de teste pode ser reduzido para 49 dias de duração, sem afetar a confiabilidade das predições do GMD e do CAR em bovinos da raça Nelore.

Palavras chaves: Gado de corte. Consumo alimentar residual. Duração do teste.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the influence of the test period on the measurement of the average daily gain (ADG), used in the prediction of residual feed intake (RFI), for genetic evaluation on feed efficiency of Nelore cattle. The experiment was carried out at the Federal University of Uberlândia (UFU), at Capim Branco Experimental Farm, located in Uberlândia, MG. Twenty-seven Nelore animals were used, all male, born in 2017, with an average initial age of 18 ± 0.91 months, coming from 13 different farms. The studied food efficiency variables were: average daily gain (ADG; kg/day) and residual food intake (RFI; kg/day). The ADG was estimated as the linear regression coefficient of the weights as a function of the days under test. RFI was calculated as the difference between the observed DMI and the expected DMI. Seven evaluation scenarios were considered in the prediction of ADG and RFI: 70-day test period with daily weighing (REF); 49-day trial period with daily weighings (A); 42-day trial period with daily weighing (B); 35-day trial period with daily weighing (C); 56-day trial period with weekly weighings (D); 70-day trial period with weighing at 14-day intervals (E); 56-day trial period with weighings at 14-day intervals (F). Spearman correlation was used to verify the classification of the animals in the different scenarios in relation to the REF scenario. Scenario E obtained the highest Spearman correlation (0.95) in relation to the REF scenario, that is, 90% of the animals classified for ADG did not show alteration in the ranking. The second best proposal for the test period was scenario D, where a Spearman correlation coefficient of 0.93 was obtained. The largest changes in animal classification were found in scenarios B and C, where only 71% of animals maintained the same ranking obtained in the REF scenario for ADG. Scenarios A, D and E showed the lowest alteration in the ranking of animals, with Spearman correlation coefficient close to one (0.98), that is, 96% of the animals did not change the classification of RFI in reference scenario comparison (REF). From the evaluated scenarios, it can be concluded that the test period for gross feed efficiency (GFE) evaluation with higher reliability in predicting ADG and RFI phenotypes is 70 days with weighing at 14 days intervals. However, the GFE testing period may be reduced to 56 days if weekly weighing is performed. If daily weighing is possible, the test period can be reduced to 49 days without affecting the reliability of ADG and RFI predictions in Nelore cattle.

Key words: Beef cattle. Residual feed intake. Test duration.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO DA LITERATURA	12
2.1 Consumo alimentar residual (CAR).....	12
2.2 Consumo de matéria seca (CMS).....	13
2.3 Testes de eficiência alimentar.....	13
2.4 Sistemas eletrônicos de mensuração de consumo	15
2.4.1 Sistemas eletrônicos de pesagem automática.....	16
2.5 Duração do teste para medidas de eficiência alimentar.....	17
3 METODOLOGIA.....	19
3.1 Local e animais	19
3.2 Instalações e dietas	19
3.3 Pesagens dos animais.....	21
3.4 Características avaliadas e análises estatísticas	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
5 CONCLUSÃO.....	30
REFERÊNCIAS.....	31
ANEXO A - Representação gráfica para a variável GMD considerando os diferentes cenários em teste de eficiência alimentar.	34

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui o segundo maior rebanho bovino do mundo com aproximadamente 215,2 milhões de cabeças segundo levantamento realizado pelo IBGE (2018), além disso, ocupa o primeiro lugar em exportação de carne bovina (USDA, 2018). Para manter o *ranking* nas exportações e garantir produção crescente de carne bovina, é necessário intensificar o sistema de produção, com estratégias que permitam produzir mais carne em menor tempo, como é o caso do sistema de confinamento, em que se teve crescimento considerável no Brasil (PEREIRA, 2016).

Isto tem levado técnicos e produtores a buscarem tecnologias capazes de melhorar os índices zootécnicos dos rebanhos para que se aumente a produção sem que seja necessário a abertura de novas áreas, e com a melhora da eficiência produtiva pode ser possível também reduzir a produção de poluentes (CO₂, metano, esterco, etc.) por unidade de carne vendida (CRC, 2004). Nesse contexto, o melhoramento genético é uma das principais tecnologias utilizadas para aumentar a produtividade por meio da melhoria genética dos rebanhos.

Fornecer alimentos aos animais representa o “*input*” de maior custo nos sistemas de produção intensivos, inclusive em bovinos de corte, assim sendo, é necessário reduzir as despesas com alimentação, aumentando a eficiência e a lucratividade do sistema, pois o consumo alimentar representa de 70 a 80% do investimento em confinamentos. Portanto, buscar animais mais eficientes na utilização dos nutrientes reduz o custo de produção (ALMEIDA, 2005).

O melhor aproveitamento de nutrientes pelos animais e, conseqüentemente, a redução do uso de áreas para produção de carne pode levar a melhorias na rentabilidade da pecuária. Assim, melhorias em eficiência na utilização dos recursos naturais são fundamentais para aumentar a produção de alimentos de maneira sustentável (FAO, 2013).

A eficiência alimentar em bovinos de corte pode ser explicada como a capacidade que o animal tem de transformar o que come, como por exemplo, forragem, silagem e ração, em carne, carcaça ou bezerro. A medida de eficiência alimentar mais conhecida é a conversão alimentar (CA), porém existe correlação com o peso adulto, entre outras limitações, não sendo essa adequada para bovinos de corte (ARTHUR et al., 2001).

Uma alternativa para medir eficiência alimentar, e que não leva ao aumento do tamanho adulto dos animais é utilizar o conceito de eficiência de produção lançado por Koch et al. (1963), chamado de Consumo Alimentar Residual (CAR). O CAR é calculado como a diferença entre o consumo observado e o consumo predito estimado em função do peso vivo médio metabólico e no ganho médio diário em peso (BASARAB et al., 2003). As estimativas de herdabilidade do CAR variam entre 0,30 a 0,40, apresentando resultados favoráveis à seleção direta (MENDES; CAMPOS, 2016). Além de ser uma característica herdável, estudos de seleção para CAR em bovinos de corte demonstraram não haver efeito do CAR em características produtivas e reprodutivas. Deste modo, animais selecionados para CAR não influenciarão em características como o peso a desmama, peso ao sobreano, taxa de prenhez e precocidade sexual (MENDES, 2011).

Para se obter medidas individuais e precisas de consumo de matéria seca (CMS), ganho médio diário (GMD) e peso corporal, é necessário a realização de testes durante um período de tempo determinado. Entretanto, à medida que aumenta a duração de um teste em eficiência alimentar, os custos com alimentação também aumentam, portanto, seria altamente vantajoso para a indústria identificar a duração adequada do teste para reduzir os custos de mensuração, sem comprometer a exatidão e confiabilidade dos dados (WANG et al., 2006). Porém, algumas das dificuldades para adoção dos testes são que, a coleta de dados de consumo alimentar residual é cara, exige mão de obra intensa e leva um tempo consideravelmente longo.

Atualmente, para a realização de teste de eficiência alimentar é necessário um tempo mínimo de 70 dias para predição do GMD, podendo utilizar dois protocolos de pesagem: o primeiro com apenas duas pesagens, ao início e final do teste, com jejum, e o segundo, com pesagens em intervalos de 14 dias sem jejum (GOMES; MENDES, 2013), totalizando seis pesagens no período de teste. Recentemente no mercado é possível encontrar a tecnologia de balanças automáticas que possibilita a pesagem diária e automática dos animais de forma individual, sem necessidade de manejo. Segundo Claro (2011) estimar o ganho em peso dos animais, mais próximo do valor real para se obter melhor predição do CAR, é uma tarefa difícil, pois a melhor medida do peso animal exclui o conteúdo do trato gastrointestinal, sendo necessário que os animais passem por um período de jejum, o que pode influenciar no consumo. Ainda segundo o autor, a adoção de pesagens

mais frequentes, sem a realização do jejum, pode ser uma alternativa para que se consiga estimar, mais acuradamente, o GMD dos animais.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do período de teste na mensuração do ganho médio diário (GMD), utilizado na predição do consumo alimentar residual (CAR), para fins de avaliação genética em eficiência alimentar de bovinos da raça Nelore.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Consumo alimentar residual (CAR)

O CAR é uma medida alternativa à conversão alimentar para medir eficiência alimentar, sem aumentar o peso adulto dos animais, e tem sido utilizado como critério de seleção em função de sua moderada a alta herdabilidade, de 0,30 a 0,40 (MENDES; CAMPOS, 2016). O CAR é calculado pela diferença entre o consumo observado e o consumo esperado (CMS_{esp}). A equação utilizada para esta estimativa foi proposta, inicialmente, por KOCH et al. (1963), conforme apresentada a seguir:

$$CMS_{esp} = \beta_0 + \beta_1 \text{ GMD} + \beta_2 \text{ PMET} + \varepsilon$$

Onde:

CMS_{esp} : consumo de matéria seca esperado;

β_0 : intercepto;

β_1 : coeficiente de regressão linear do efeito do ganho médio diário;

GMD: ganho médio diário;

β_2 : coeficiente de regressão linear do efeito do peso metabólico;

PMET: peso metabólico;

ε : resíduo.

Assim sendo, os animais mais eficientes são aqueles que apresentam o consumo de matéria seca observado menor que o consumo de matéria seca esperado (animais com CAR negativo), e aqueles com CAR positivo são considerados como menos eficientes.

Para obter dados confiáveis no estudo do CAR é necessário garantir confiabilidade na determinação do consumo observado e ganho em peso médio diário (NASCIMENTO, 2011). Para a avaliação do consumo de matéria seca individual em trabalho com animais taurinos, Archer et al. (1997) observaram que são necessários, no mínimo, 35 dias de coleta de dados, e Castilhos et al. (2011) consideram que, para animais zebuínos, 28 dias de avaliação são suficientes para determinar o consumo. Porém, para a determinação do GMD, os autores

recomendam, no mínimo, 70 dias de coletas de dados em função dessa característica possuir maior variação no tempo quando comparado ao consumo de matéria seca.

Para avaliação do CAR, os animais contemporâneos podem ser dispostos em baias individuais ou em grupos. Quando em grupos numa mesma baia, somente é possível verificar o consumo individual mediante o uso de equipamentos especializados.

2.2 Consumo de matéria seca (CMS)

O consumo de matéria seca (CMS) é a variável mais importante que pode influenciar o desempenho animal. São múltiplos os fatores que regulam o CMS em ruminantes, não sendo ainda totalmente compreendidos. Portanto, para prever o desempenho e os requerimentos nutricionais de bovinos de corte são necessárias estimativas do consumo que utilizam modelos adequados que levam em consideração o ganho médio diário dos animais (SUAREZ, 2014).

A ingestão de massa seca é um parâmetro fundamental a ser considerado na formulação de dietas, objetivando atender as exigências nutricionais, estimar o ganho em peso e lucratividade do sistema de produção, especialmente, em confinamentos (PEREIRA, 2016). Tal parâmetro pode mostrar-se variável de acordo com o peso do animal, estágio fisiológico, valor nutricional do alimento e o grupo genético do animal (NRC, 1996).

A mensuração do consumo individual de matéria seca é uma das principais dificuldades para adoção do CAR como critério de seleção em programas de melhoramento genético devido aos altos custos com manejo e mão de obra. Esses custos acompanham linearmente o número de dias da avaliação, portanto, mais despesas serão dispendidas para aplicação do teste (MARZOCCHI, 2017).

2.3 Testes de eficiência alimentar

Testes de eficiência alimentar são experimentos conduzidos com animais, nesse caso, bovinos, em intervalos de idade e pesos corporais semelhantes (grupos de contemporâneos), com o intuito de selecionar os melhores animais para determinada característica pré-estabelecida (LOBO, 2018). Variações na eficiência

podem ser resultados de animais avaliados sob diferentes condições ambientais, composição do ganho e consumo alimentar (CASTILHOS, 2009).

Alguns critérios básicos devem ser seguidos para a realização de testes de eficiência alimentar, como: não exceder 90 dias na diferença de idade entre os animais, peso corporal semelhante, condições alimentares prévias similares, animais com idade entre 8 e 33 meses. Se os animais forem provenientes de propriedades diferentes, há um período mínimo de adaptação ao local de teste (piquete ou pastagem) e aos outros animais, em caso de confinamento, adaptação à dieta de no mínimo 21 dias e coletas semanais da ração para verificação de qualidade (pelo menos da matéria seca). Recomenda-se ainda que, a dieta seja fornecida *ad libitum*, na forma de uma única ração total misturada (RTM), padronizada durante todo o decorrer do teste, fornecida no mínimo duas vezes ao dia (GOMES; MENDES, 2013).

De acordo com Gomes e Mendes (2013) são permitidos dois esquemas de pesagem: esquema de pesagens múltiplas ou esquema com pesagens inicial e final. As pesagens múltiplas são realizadas a cada 14 dias a partir do início do teste nos dias 0, 14, 21, 28, 42, 56 e 70 do período experimental (considerando que o primeiro dia do teste é o dia 0); as mesmas devem ser realizadas sempre pela manhã e fornecer o 1º trato após a pesagem dos animais, sem administrar nenhum jejum; cálculo do ganho de peso médio diário com a utilização do coeficiente angular gerado pela regressão linear do peso metabólico sobre o dia de teste, para cada animal; cálculo do peso metabólico (PMET) com a regressão linear gerada entre os pesos diários e as datas das pesagens para realizar a previsão do PMET na data média do período de teste. As pesagens inicial e final são realizadas em dois dias consecutivos no início do teste e novamente no final: dias -1 (PVI1), 0 (PVI2), 70 (PVF1), 71 (PVF2) do período experimental; é feito 18 horas de jejum sólido, não hídrico (com acesso a água); em todas as pesagens; as mesmas são realizadas sempre pela manhã, fornecendo o trato após 1ª pesagem e retirá-lo em horário que permita a administração de 18h de jejum para o 2º dia de pesagem; cálculo do ganho em peso médio diário por meio da diferença do peso final (PVF) com o peso vivo inicial (PVI) dividida pelos dias da prova; cálculo do peso vivo médio como a média aritmética entre PVI e PVF.

2.4 Sistemas eletrônicos de mensuração de consumo

Equipamentos eletrônicos de mensuração individual do consumo de alimentos são utilizados tanto em pesquisas de eficiência alimentar, como em fazendas particulares que investem em melhoramento genético. Para mensuração do consumo de matéria natural (CMN) existem equipamentos eletrônicos de baias coletivas como Calan Gates[®], GrowSafe[®] e Intergado[®].

O Calan Broadbent Feeding System[®] ou Calan Gate[®], como é comumente chamado, é um sistema eletrônico de mensuração de consumo criado pela empresa American Calan Inc. de Northwood, NH, EUA. O equipamento utiliza portões eletrônicos instalados em uma barreira de madeira montada junto a uma linha de cocho, sendo que cada portão dá acesso a apenas um cocho, ou uma fração de uma linha de cocho contínua. Cada portão possui uma placa de circuito eletrônico que emite um sinal elétrico reconhecido por um colar magnetizado (*transponders*), instalado no animal, e este colar, que contém um sensor, destrava o respectivo portão quando aproximado à placa e permite o acesso individual do animal ao cocho. Essas características permitem que o sistema individualize a ingestão de animais alojados em grupo (GOMES et al., 2012). Porém, existem algumas desvantagens neste sistema, é necessário fazer a pesagem das sobras e do alimento fornecido e fazer o treinamento inicial dos animais. Caso tenha problemas elétricos, o animal fica impossibilitado de acessar o cocho para se alimentar devido o travamento das portas de entrada dos mesmos (COLE,1995). Além desses problemas, é comum que animais dominantes consigam ter acesso ao cocho dos animais dominados (BALDASSINI et al., 2016).

O GrowSafe Systems[®] é caracterizado por um sistema eletrônico de monitoramento da ingestão de alimentos para bovinos. A empresa detentora de origem canadense utiliza tecnologia de rádio frequência e permite registrar dados de alimentação individual de maneira precisa (LOBO, 2018). O sistema foi planejado para registrar as visitas ao cocho, de forma individual, de cada animal por meio da leitura de brincos auriculares (SCHWARTZKOPF-GENSWEIN et al., 2002), e já possui diversas pesquisas realizadas tanto no Brasil quanto em outros países. O sistema pode ser utilizado em grandes áreas, com vários cochos, para medir o consumo individual dos animais do lote. Mede continuamente o consumo do alimento, além da frequência de ida de cada animal ao comedouro e duração, em

segundos, da alimentação. Os dados de cada animal são, então, enviados e armazenados em computadores (VALADARES FILHO et al., 2006).

Medeiros et al. (2016) incluem que, o sistema automaticamente calcula: animais permanecendo no cocho, mas não consumindo, número de animais alimentando simultaneamente e hierarquia social baseada na ordem de alimentação, sendo que, os animais que se alimentam primeiro são os dominantes e os que se alimentam depois são os dominados. Os autores ainda citam que a grande vantagem do sistema Growsafe[®] é a alimentação feita em grupo, não havendo necessidade de treinamento dos animais.

O Intergado[®] é um sistema eletrônico de mensuração de consumo que começou a ser comercializado no Brasil buscando reduzir custos de implementação, uma vez que os sistemas Calan Gate[®] e Growsafe[®] são produzidos no exterior, ocasionando aumento no custo de produção desses produtos. As funcionalidades do Intergado[®] são semelhantes ao GrowSafe[®], registrando dados de consumo diário (kg.dia^{-1}), consumo por visitas ao cocho, taxa de consumo ($\text{gramas.minuto}^{-1}$) e frequência de visitas ao cocho (INTERGADO, [200-]).

Todos estes sistemas permitem fazer a mensuração de consumo individual dos animais de forma rápida e acurada, auxiliando na seleção de animais em testes de eficiência alimentar. No entanto, ambos os sistemas são dependentes de instalações elétricas estáveis, uso de baterias, nobreaks ou geradores, e manutenção contínua, de forma a garantir seu funcionamento adequado (FERREIRA, 2019).

2.4.1 Sistemas eletrônicos de pesagem automática

Para realizar a pesagem dos animais existe hoje no mercado balanças eletrônicas de pesagem automática como a Bosch[®], Intergado[®] e BalPass[®].

O sistema Bosch[®] possibilita a pesagem diária e automática dos animais de forma individual, sem necessidade de manejo. O sistema consiste em uma plataforma de pesagem em que o animal é pesado à medida que caminha instintivamente pelo corredor de passagem individual para se alimentar e beber água. Durante essa passagem, a Balança Dinâmica Bosch mensura o peso do animal e a Leitora Integrada Bosch identifica o animal que está sendo pesado de forma imediata. Os dados da pesagem e da identificação do animal são enviados em

conjunto para o computador por meio da tecnologia de rádio frequência (BOSCH, [200-]).

No sistema Intergado[®] de pesagem automática, o animal é identificado pela antena através do brinco eletrônico que é colocado no mesmo e a balança realiza a pesagem enquanto o animal bebe água ou come. O coletor de dados envia as informações para o sistema que informará as pesagens, o lucro diário por cabeça e o momento ideal para a venda do animal (INTERGADO, [200-]).

A empresa COIMMA[®] desenvolveu a BalPass[®], uma balança de pesagem composta por um leitor de brincos, uma central que processa as informações sobre o peso dos animais e um módulo de transmissão, tudo funcionando por meio de energia solar. A balança tem a vantagem de ser móvel, e é instalada em um lugar estratégico de acesso ao bebedouro ou cocho, onde os animais passam naturalmente e tem a pesagem realizada imediatamente pelo sistema (COIMMA, [200-]).

Ambos os sistemas eletrônicos de pesagem automática realizam a pesagem dos animais de forma que eles passem pela balança de forma natural, seja para ir ao cocho ou bebedouro. Os sistemas diminuem mão de obra e aumenta o número de pesagens realizadas diariamente. Conseqüentemente, o número de dados aumenta, aumentando também a acurácia desses dados. Porém, esses sistemas precisam ser aperfeiçoados, passarem por mais testes ou pesquisas, para que os dados obtidos sejam totalmente confiáveis.

2.5 Duração do teste para medidas de eficiência alimentar

Reduzir a duração dos testes de eficiência alimentar possibilita diminuir os custos gerados para avaliação, torna o uso dos equipamentos eletrônicos mais eficientes, conseqüentemente, aumenta a rentabilidade da atividade pecuária por meio da identificação de maior número de animais eficientes (MARZOCCHI, 2017). Por isso, pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o objetivo de avaliar a duração dos testes de eficiência alimentar.

Com o objetivo de determinar o melhor período de duração do teste para medidas de desempenho, consumo e eficiência alimentar, Castilhos et al. (2011) avaliaram 60 machos da raça Nelore, pesados a cada 28 dias, realizando avaliações de variância, variância relativa e calculando as correlações de Pearson e Spearman

entre os períodos de teste reduzidos de 28, 56, 84 dias em comparação com o período de teste total de 112 dias. Os autores concluíram que a duração do teste para avaliação do GMD, CMS, CA e CAR pode ser reduzida para 84; 28; 84 e 84 dias, respectivamente.

Wang et al. (2006) coletaram medidas semanais de GMD e consumo de matéria seca, de 456 novilhos híbridos, utilizando o GrowSafe Systems[®], e calcularam a conversão alimentar (CA), eficiência alimentar (EA) e consumo alimentar residual (CAR) com finalidade de determinar a melhor duração do teste. Utilizando um modelo misto com medidas repetidas, os autores citados avaliaram 12 períodos diferentes de teste, sendo considerados 7; 14; 21; 28; 35; 42; 49; 56; 63; 70; 77; 84 e 91 dias. Os autores concluíram que quando há dados semanais do peso corporal dos animais, os testes para avaliação do GMD, CMS, CA e CAR podem ser reduzidos para 63, 35, 42 e 63 dias, respectivamente.

Utilizando também o GrowSafe Systems[®], Culbertson et al. (2015) avaliaram durante o período pós-desmama, bovinos *Bos taurus*, de diferentes categorias, sendo touros (n=453); novilhos (n=119) e novilhas (n=21), em nove testes de eficiência com 21 dias de adaptação e 70 dias de teste. Com base em análises de regressão dos valores de CAR e CMS obtidos em 70 dias, os autores relataram 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.

Marzocchi (2017) avaliou 313 animais da raça Nelore com idade média inicial de $283,32 \pm 23,62$ dias, nascidos nos anos de 2012 (n=126), 2013 (n=58) e 2014 (n=58) submetidos a seis testes de eficiência alimentar após a desmama, utilizando o GrowSafe, e outro grupo de animais nascidos em 2014 (n=71) submetido ao teste de eficiência alimentar utilizando Intergado. Os testes foram fracionados em seis períodos de duração (15; 29; 43; 57; 71 e 84 dias), com no mínimo uma pesagem no início e uma no final de cada período avaliado. Considerando os coeficientes de correlações encontrados entre os períodos reduzidos de teste e o período total, a autora relata que as variáveis GMD, CAR, CA e EA devem ser avaliadas durante 71 dias. Por sua vez, quando se avalia o CMS, é possível reduzir o teste para 29 dias de duração em ambos os equipamentos.

3 METODOLOGIA

3.1 Local e animais

O experimento foi realizado na Universidade Federal de Uberlândia (UFU), na Fazenda Experimental Capim Branco, localizada no município de Uberlândia, MG, com altitude média de 865 metros, 18° 53' 23" de latitude sul e 48° 17' 19" de longitude oeste, com precipitação anual média de 1479 mm e temperatura média anual de 21.5°C (CLIMATE [200-]), sendo o experimento iniciado no dia 17 de maio de 2019, com duração de 91 dias, encerrando no dia 16 de agosto de 2019.

Foram utilizados 27 animais da raça Nelore, sendo todos machos inteiros, nascidos no ano de 2017, com idade inicial média de 18±0,91 meses, oriundos de 13 fazendas diferentes dos estados de Minas Gerais, Goiás e São Paulo.

3.2 Instalações e dietas

Os animais foram confinados em baia coletiva por 91 dias, sendo os primeiros 21 dias de adaptação e os últimos 70 dias de prova. A baia era equipada com sistema eletrônico de alimentação GrowSafe® (Growsafe Systems Ltd., Airdrie, Alberta, Canadá), com acesso *ad libitum* à dieta e água, objetivando ganhos médios diários de 1,2 kg/animal/dia.

O local de confinamento dos animais ocupou uma área de 1.680 m² (42m x 40m), dividida em dois curraletes, com bebedouro central de 2.600 litros. Todos os animais avaliados ocuparam apenas um curralete (21m x 40m), equipado com quatro cochos eletrônicos GrowSafe®, sendo que, na recomendação do fabricante, um cocho atende 8 animais podendo alimentar 32 animais de forma eficiente e segura.

A dieta foi formulada na proporção volumoso:concentrado 60:40. Na etapa de adaptação a proporção inicial foi de 80:20, passando para 70:30 de volumoso silagem de milho e concentrado a base de milho grão moído, farelo de soja e núcleo mineral (tabela 1). A dieta final, fornecida a partir do primeiro dia de prova, chamado de dia 0 (D-0), na proporção 60:40, foi a base de silagem de milho e ração comercial Taurus 22 AG® (tabela 2), atendendo parâmetros do NRC (2000), com arraçamento duas vezes ao dia (às 9h e às 15h) sendo fornecida com auxílio de um misturador de

dieta total. Foram realizados ajustes diários, de forma que tivessem sobras em torno de 10% do fornecido, para garantir as mensurações do sistema eletrônico dos cochos e alimento aos animais durante todo o período noturno, até o início da manhã do dia seguinte.

Tabela 1- Porcentagem de ingredientes e composição nutricional da dieta na etapa de adaptação com base na matéria seca.

Ingredientes	Adaptação I (%)	Adaptação II (%)
Silagem de milho	85	74
Milho grão moído	8	15
Farelo de soja	4	8
Núcleo mineral ¹	3	3

¹Composição por quilograma do núcleo: cálcio mín. (75 g), cálcio máx. (135 g), cobalto (26 mg), cobre (430 mg), enxofre (27 g), ferro (500 mg), fósforo (15 g), flúor (150 mg), iodo (24 mg), magnésio (8500 mg), manganês (850 mg), monensina (1000 mg), NNP – equiv. proteína (1150 g), selênio (6 mg), sódio (56 g), vitamina A (40000 UI), vitamina D3 (8000 UI), vitamina E (75 UI) e zinco (2100 mg).

Tabela 2- Porcentagem de ingredientes e composição nutricional da dieta durante teste de eficiência alimentar.

Ingredientes	Dieta (%)
Silagem de milho	60
Ração Comercial ¹	40

¹Composição por quilograma da ração: cálcio mín. (7000 mg), cálcio máx. (18 g), cobalto (1 mg), cobre (19,20 mg), enxofre (2000 mg), extrato etéreo (25 g), FDA (180 g), ferro (12 mg), fibra bruta (120 g), fósforo (3500 mg), iodo (1,1 mg), magnésio (1000 mg), manganês (54 mg), matéria mineral (120 g), monensina (60 mg), potássio (1500 mg), proteína bruta (220 g), NNP – equiv. proteína (95 g), selênio (0,48 mg), sódio (2900 mg), umidade (130 g), virginamicina (40 mg), vitamina A (10000 UI), vitamina D3 (2000 UI), vitamina E (50 UI) e zinco (75 mg).

Assim que os animais chegaram para o confinamento, receberam um brinco eletrônico, na orelha (direita ou esquerda), que os identificava a cada vez que se alimentavam. Em cada visita do animal ao cocho, o equipamento registrava instantaneamente o consumo de matéria natural (MN).

As coletas de dieta total e da silagem de milho foram a cada 14 dias para aferição da matéria seca (MS), totalizando oito dias de coleta (15/05, 29/05, 12/06, 26/06, 10/07, 24/07, 07/08 e 14/08).

3.3 Pesagens dos animais

As pesagens dos animais foram realizadas, diariamente, às oito horas da manhã durante 91 dias (21 dias de adaptação mais 70 dias de teste) antes de fornecer o primeiro trato, sem jejum, com a finalidade de aumentar a acurácia da estimativa do peso e do ganho em peso e diminuir o viés devido ao enchimento do trato gastrointestinal. Foi utilizada balança eletrônica Beckhouser® conectada ao brete de contenção, pesando um animal por vez, conferindo sempre a tara a cada animal. Todo o processo foi realizado atendendo as normas de bem-estar animal, em silêncio, e sem conter os animais, evitando que ficassem estressados e associassem a atividade de pesagem como algo traumático, facilitando o manejo para as pesagens posteriores, sem influenciar no consumo de alimento

3.4 Características avaliadas e análises estatísticas

As variáveis de eficiência alimentar estudadas foram: ganho médio diário (GMD; kg/dia) e consumo alimentar residual (CAR; kg/dia). O GMD foi estimado como o coeficiente de regressão linear dos pesos em função dos dias em teste, de acordo com a equação:

$$y_i = \alpha + \beta * x_i + \varepsilon_i$$

em que, y_i é o peso do animal na i -ésima observação; α é o intercepto, que representa o peso inicial do animal; β é o coeficiente de regressão linear que representa o GMD; x_i representa o dia em teste na i -ésima observação e ε_i é o erro aleatório associado a cada observação. Para verificar a confiabilidade da informação do GMD, foi estimado o erro padrão do coeficiente de regressão.

O CAR foi calculado como a diferença entre o CMS observado (obtido pela mensuração do cocho eletrônico) e o CMS esperado que foi estimado pela equação de regressão do CMS sobre o GMD e o peso vivo médio metabólico (PMET), dentro de grupo de contemporâneos, utilizando o procedimento GLM (SAS, Inst., Inc., Cary, NC), de acordo com a seguinte equação:

$$CMS_{esp} = \beta_0 + \beta_1 \text{ GMD} + \beta_2 \text{ PMET} + \varepsilon$$

em que, β_0 é o intercepto, β_1 e β_2 são os coeficientes de regressão linear do CMS sobre GMD e PMET, respectivamente, e o ε é o erro ou resíduo.

Para verificação da influência do período de teste na predição do GMD foram considerados sete cenários (tabela 3) de acordo com o período de teste e a quantidade de pesagens. Destaca-se que os períodos de teste são múltiplos de sete para facilitar o manejo de pesagem nas fazendas, e o cenário de referência (REF) foi considerado como o critério de comparação com as demais propostas de mensuração do GMD (protocolos de pesagens) adotando duas estratégias: pesagens diárias e/ou pesagens periódicas. As variáveis GMD e CAR foram calculadas mediante cada cenário proposto.

Tabela 3- Cenários de avaliação do GMD e CAR de acordo com o período de teste.

Cenário	Período de teste (dias)	Dia da pesagem	Número de pesagens
REF	70	0 a 70	71
A	49	0 a 49	50
B	42	0 a 42	43
C	35	0 a 35	36
D	56	0, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 e 56	9
E	70	0, 14, 28, 42, 56 e 70	6
F	56	0, 14, 28, 42 e 56	5

As correlações de Spearman da classificação dos animais para o GMD e o CAR entre cada cenário (A; B; C; D; E e F) e o cenário referência (70 dias de teste com pesagens diárias, REF) foram estimadas com objetivo de avaliar qual o período necessário para duração do teste e aferir as classificações de cada cenário para as variáveis GMD (de maior ganho para o menor ganho) e CAR (do menor CAR para o maior CAR) conferindo se mudou o *ranking* quando foi alterado o tipo de informação para gerar cada variável. As estatísticas descritivas foram calculadas utilizando o Excel 2011.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estatística descritiva das estimativas de GMD, considerando os diferentes cenários, está descrita na tabela 4. Observa-se que não houve grandes diferenças entre as médias de GMD preditos nos diferentes cenários em relação ao cenário de referência (REF). A maior estimativa do coeficiente de variação foi obtida no cenário C, em que se propõe o menor período de teste (35 dias), entretanto, em todos os cenários, os coeficientes de variação foram de baixa magnitude o que demonstrou a qualidade das predições de GMD para os animais avaliados.

Tabela 4- Análise descritiva da variável ganho médio diário (GMD) considerando os diferentes cenários durante o teste de eficiência alimentar em bovinos da raça Nelore.

Cenários	N	Média (Kg)	DP	Mínimo	Máximo	CV (%)	Média do EP
REF	27	1,743	0,27	1,09	2,19	15,41	0,03
A	27	1,649	0,27	1,00	2,18	16,54	0,05
B	27	1,607	0,30	0,90	2,15	18,94	0,06
C	27	1,630	0,35	0,91	2,25	21,19	0,08
D	27	1,754	0,29	1,10	2,24	16,26	0,11
E	27	1,731	0,27	1,09	2,15	15,82	0,11
F	27	1,811	0,31	1,11	2,36	16,95	0,14

N: número de animais; DP: desvio padrão; Mínimo: valor mínimo; Máximo: valor máximo; CV: coeficiente de variação; EP: erro padrão do coeficiente GMD.

A média do GMD entre os cenários variou de 1,607kg a 1,811kg (tabela 4). O cenário C obteve o maior desvio padrão (0,35kg), e os cenários A e E obtiveram os menores valores de desvio padrão (0,27kg), idênticos ao obtido no cenário REF (pesagens diárias no período de 70 dias de teste). No método de pesagens diárias (cenários A, B e C) à medida que foi diminuindo o período de teste, verificou-se o aumento do coeficiente de variação. No método de pesagens periódicas (cenários D, E e F) o coeficiente de variação se manteve, em média, com 16%. Já o erro padrão do coeficiente angular (GMD) aumentou à medida que foi diminuindo o período de teste, variando de 0,03kg/dia a 0,08kg/dia, considerando o método de pesagens diárias. Entretanto, a média do erro padrão do coeficiente angular foi maior no método de pesagens periódicas (0,11kg/dia a 0,14kg/dia), o que era esperado, em

virtude da diminuição de observações de peso vivo dos animais em teste. Deve se destacar que, o período de teste de 56 dias com pesagens semanais (cenário D) apresentou a mesma média do erro padrão do GMD, considerando o período de teste de 70 dias com pesagens a cada 14 dias (cenário E). Esse resultado mostra que a redução do teste para 56 dias, considerando pesagens semanais, mantém a mesma confiabilidade de estimativas de GMD ao considerar um teste de 70 dias com pesagens a cada 14 dias (Cenário E), cenário que é atualmente nos programas de melhoramento genético no Brasil.

De modo geral, pode-se inferir que, para predição do GMD, todos os cenários apresentaram baixas estimativas de coeficiente de variação e das médias do erro padrão do GMD, entretanto, ao considerar pesagens diárias, o cenário A apresentou maior confiabilidade de predição do GMD. Ao considerar os cenários com pesagens periódicas, os cenários E e D apresentaram as melhores predições do GMD.

Gomes e Mendes (2013) recomendaram no manual de procedimentos de mensuração de consumo alimentar individual em bovinos de corte, 70 dias de duração do teste para todos os tipos de equipamentos eletrônicos, com no mínimo 50 dias de consumo utilizáveis.

Na tabela 5 é apresentada a estatística descritiva dos coeficientes de determinação de cada equação de regressão linear, obtida para cada animal avaliado no teste, para predição do GMD.

Tabela 5- Análise descritiva dos coeficientes de determinação das equações de regressão linear dos animais em teste, considerando os diferentes cenários de protocolos de pesagens.

Cenários	N	Média	DP	Mínimo	Máximo	CV (%)
REF	27	0,98	0,01	0,96	0,99	0,88
A	27	0,95	0,02	0,90	0,98	2,21
B	27	0,94	0,03	0,85	0,98	3,40
C	27	0,91	0,05	0,78	0,97	5,23
D	27	0,97	0,01	0,94	0,99	1,52
E	27	0,98	0,01	0,95	1,00	1,26
F	27	0,98	0,01	0,94	1,00	1,46

N= número de animais; DP= desvio padrão; Mínimo= CAR mínimo; Máximo= CAR máximo; CV (%)= coeficiente de variação.

O coeficiente de determinação (R^2) da equação de regressão linear indica, em percentagem, quanto o modelo consegue explicar os valores observados. Quanto maior o R^2 , mais explicativo é o modelo e melhor se ajusta à amostra. Com médias de R^2 dos cenários avaliados variando de 91-98% significa que, o modelo de regressão linear é explicativo aos valores observados.

No método de pesagens diárias (cenários A, B e C) à medida que foi diminuindo o dia de prova, aumentou o coeficiente de variação e diminuiu o coeficiente de determinação; e no método de pesagens periódicas (cenários D, E e F) o coeficiente de variação e o coeficiente de determinação se mantiveram semelhantes. Observou-se também, na tabela 6, que os cenários A, B e C foram os que mais se distanciaram do cenário de referência (REF) em comparação aos demais cenários que mantiveram seus resultados próximos ao REF.

Apesar do método de pesagens diárias ter obtido o maior número de observações de peso vivo (PV) para utilização na equação de regressão linear na predição do GMD, em todos os cenários (A, B e C), a variável tempo ou dias de teste foi menor (até no máximo 49 dias) quando comparado com os cenários (D, E e F) em que são realizadas as pesagens periódicas (tabela 5). Dessa forma, infere-se que, períodos de testes maiores permitem melhor ajuste da equação de regressão linear para predição do GMD, o que pode ser explicado devido o maior tempo de mensuração de GMD ter melhor interpretação do real crescimento dos animais.

Com o intuito de verificar as mudanças de classificação dos animais, em relação aos diferentes cenários para predição do GMD, foram estimados os coeficientes de correlação de Spearman (tabela 6). Todas as estimativas de coeficientes de correlação de Spearman para a variável GMD considerando os diferentes cenários foram significativas ($P < 0,0001$). Observou-se que o cenário E (período de teste de 70 dias com pesagens periódicas em intervalos de 14 dias) obteve a maior correlação de Spearman (0,95) em relação ao cenário de referência (REF), ou seja, 90% dos animais classificados para o GMD não apresentaram alteração no ranqueamento.

Já a segunda melhor proposta de período de teste (tabela 6) foi o cenário D, em que se obteve um coeficiente de correlação de Spearman de 0,93, sendo que 86% dos animais mantiveram a mesma classificação em comparação ao cenário REF. Entretanto, verifica-se que as maiores mudanças de classificação dos animais foram encontradas nos cenários B e C, em que somente 71% dos animais

mantiveram o mesmo ranqueamento obtido no cenário REF, para o GMD, evidenciando novamente que, a quantidade de dias de teste tem maior influência na qualidade de predições de GMD do que a quantidade de pesagens obtidas em um menor período de teste.

Tabela 6- Estimativas de correlação de Spearman do ganho médio diário (GMD) considerando os diferentes cenários (acima de diagonal) e os respectivos níveis de significância (abaixo da diagonal).

	REF	A	B	C	D	E	F
REF	1	0,91	0,84	0,84	0,93	0,95	0,91
A	***	1	0,97	0,94	0,94	0,88	0,90
B	***	***	1	0,96	0,89	0,81	0,85
C	***	***	***	1	0,88	0,80	0,83
D	***	***	***	***	1	0,96	0,98
E	***	***	***	***	***	1	0,97
F	***	***	***	***	***	***	1

***P<0,0001 para a correlação de Spearman.

Castilhos et al. (2011) relataram que para avaliação do GMD em prova de eficiência alimentar com bovinos da raça Nelore, deve-se ter um período mínimo de avaliação de 84 dias, quando comparado a um período total de 112 dias, em função da maior variação desta característica no tempo (devido às diferenças de conteúdo gastrointestinal entre pesagens). Marzocchi (2017) utilizando correlações de Pearson e Spearman entre períodos reduzidos (15; 29; 43; 57 e 71 dias) e período total (84 dias) encontrados para o GMD, relata que o teste para esta variável pode ser reduzido para 71 dias de duração.

Em avaliação para eficiência alimentar, as mensurações do GMD são necessárias para a predição do CAR, visto que, o cálculo da IMS esperada é baseada numa regressão linear múltipla, em que considera o GMD e o peso vivo médio metabólico dos animais.

Tabela 7- Análise descritiva do variável consumo alimentar residual considerando os diferentes cenários durante um teste de eficiência alimentar em bovinos da raça Nelore.

Variável	N	Média	Desvio	Mínimo	Máximo
REF	27	0	0,90	-1,84	1,48
A	27	0	0,90	-1,86	1,56
B	27	0	0,92	-1,85	1,46
C	27	0	0,94	-1,88	1,59
D	27	0	0,88	-1,82	1,61
E	27	0	0,87	-1,77	1,58
F	27	0	0,84	-1,64	1,55

N: número de animais; Desvio: desvio padrão; Mínimo: valor mínimo; Máximo: valor máximo.

Observou-se na tabela 7 que, para os períodos de testes com pesagens diárias, os cenários A, B e C obtiveram os maiores valores de desvio padrão para o CAR, sendo igual e/ou maior que 0,90kg de MS/dia. No método de pesagens periódicas (cenários D, E e F), o desvio padrão variou de 0,84 à 0,88 kg de MS/dia.

Os resultados das estimativas de correlação de Spearman entre os diferentes cenários em relação ao cenário de referência (REF) para a variável CAR estão descritos na tabela 8. Todas as estimativas dos coeficientes de correlação de Spearman foram significativas ($P < 0,0001$). De acordo com Steel et al. (1997), a correlação de Spearman fornece resultados confiáveis e decisivos para a determinação do período ideal do teste, pois indica que os animais mantêm as posições em diferentes períodos de avaliação.

Verificou-se que os cenários A, D e E obtiveram a menor alteração de ranqueamento dos animais, com coeficiente de correlação de Spearman próximo de um (0,98), ou seja, 96% dos animais não sofreram alteração na classificação do CAR em comparação ao cenário de referência (REF). A maior alteração do ranqueamento foi encontrada nos cenários B e C (0,94) em que 88% dos animais permaneceram com a mesma classificação para o CAR.

Tabela 8- Estimativas de correlação de Spearman do consumo alimentar residual (CAR) considerando os diferentes cenários (acima de diagonal) e os respectivos níveis de significância (abaixo da diagonal).

	REF	A	B	C	D	E	F
REF	1	0,98	0,94	0,94	0,98	0,98	0,97
A	***	1	0,98	0,98	0,98	0,95	0,95
B	***	***	1	0,99	0,94	0,89	0,91
C	***	***	***	1	0,94	0,89	0,90
D	***	***	***	***	1	0,97	0,98
E	***	***	***	***	***	1	0,97
F	***	***	***	***	***	***	1

***P<0,0001 para a correlação de Spearman.

Archer e Bergh (2000) preconizaram ser necessários, no mínimo, 70 dias de duração em provas de eficiência alimentar (EA) para avaliação do CAR, enquanto em pesquisas desenvolvidas por Wang et al. (2006), foram relatados que 63 dias são suficientes. Estudos mais recentes desenvolvidos por Marzocchi (2017) relata que teste para CAR pode ser reduzido para 56 dias, contra os 70 dias preconizados para avaliação.

Com base nos resultados obtidos nesse trabalho, pode-se inferir que o cenário E (período de teste de 70 dias com 6 pesagens a cada 14 dias) é o que melhor se aproxima com o cenário de referência (REF), tanto para o CAR quanto para o GMD (tabelas 6 e 8). O cenário D (período de teste de 56 dias com 9 pesagens semanais) foi o segundo cenário que melhor se relacionou com o cenário de referência (REF), sendo possível, nesse caso, reduzir o período de teste com 70 dias de avaliação para 56 dias (14 dias a menos) sem prejudicar a confiabilidade dos dados gerados. Entretanto, o cenário D possui maior número de pesagens a ser realizadas (semanais) quando comparado ao cenário E, logo, reduziria os dias de prova ao mesmo tempo em que aumentaria o número de manejo (pesagem). Já o cenário A, que manteve a mesma correlação de Spearman que os cenários E e D com o REF, reduziria o período de teste para 49 dias, porém, com pesagens diárias.

A redução de 14 dias na duração do teste (pesagens periódicas) ou 21 dias (pesagens diárias) pode levar ao aumento do número de animais avaliados, reduzir os custos associados ao teste de EA e otimizar a utilização do equipamento de mensuração de consumo por meio da realização de mais testes anuais. Entretanto,

recomendam-se mais estudos sobre o período do teste de eficiência alimentar, considerando diferentes raças de bovinos de corte, para fins de obtenção de fenótipos com maior confiabilidade para utilização em programas de avaliação genética.

5 CONCLUSÃO

Dos cenários avaliados, pode-se concluir que o período de teste para avaliação de eficiência alimentar (EA) com maior confiabilidade na predição dos fenótipos de GMD e CAR é de 70 dias com pesagens em intervalos 14 dias. Entretanto, o período de teste para EA pode ser reduzido para 56 dias se forem realizadas pesagens semanais. Na possibilidade de se realizar pesagens diárias, o período de teste pode ser reduzido para 49 dias de duração, sem afetar a confiabilidade das predições do GMD e do CAR em bovinos da raça Nelore.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA R. **Consumo e eficiência alimentar de bovinos em crescimento**. 2005. 181f. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, Piracicaba, SP, 2005.
- ARCHER, J. A.; BERGH, L. Duration of performance tests for growth rate, feed intake and feed efficiency in four biological types of beef cattle. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 65, p. 47–55, 2000.
- 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**, Champaign, v. 79, p. 2805- 2811, 2001.
- AZEVEDO, J. A. G. *et al.* Predição de consumo de matéria seca por bovinos de corte em confinamento. *In*: Sebastião de Campos Valadares Filho; Pedro Veiga Rodrigues Paulino; Karla Alves Magalhães (Org.). **Exigências nutricionais de zebuinos puros e cruzados – BR-CORTE**. 2. ed. Viçosa: Suprema Gráfica, 2010. v. 2. p. 1-11.
- BALDASSINI, W. A. *et al.* Equipamentos, instalações e protocolos de mensuração de consumo de matéria seca em bovinos. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n.1, p.5-14, 2016.
- BASARAB, J. A. *et al.* Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal Animal Science**, Canadá, v. 83, p. 189-204. 2003.
- BONIM, M. N. *et al.* Avaliação do consumo alimentar residual em touros jovens da raça Nelore mocho em prova de desempenho animal. **Acta Scientiarum**. v. 30, n. 4, p. 425-433. 2008.
- CASTILHOS, A. M. de. **Eficiência alimentar e desempenho de bovinos nelore selecionados para peso pós-desmame**. 2009. 85f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, SP, 2009
- 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.
- CLARO, A. C. D. **Avaliação do consumo alimentar residual de bovinos nelore dentro e entre grupos contemporâneos**. 2011. 91f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal Sustentável) - Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, SP, 2011.
- CLIMATE DATA ORG. **Clima Uberlândia**. [200-]. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/uberlandia-2896/>. Acesso em: 30 de mai. 2019.
- COIMMA. Dracena, SP, [200-]. Disponível em: <https://www.coimma.com.br/>. Acesso em: 6 jun. 2019.
- COLE, N. A. **Intake control systems**. 1995. Disponível em: <http://beefextension.com/>. Acesso em: 6 jun. 2019.

CRC FOR BEEF GENETIC TECHNOLOGIES PROSPECTUS. **Cooperative research center for cattle and beef quality**. Austrália: Armidale, 2004. 16 p.

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**, Champaign, v. 88, p. 324-329, 2010.

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.

USDA. **Department of Agriculture**. [s.l.], [200-]. Disponível em: <https://www.usda.gov/>. Acesso em: 27 maio 2019.

FAO - **World Agriculture towards 2030/2050**: The 2012 revision. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-ap106e.pdf>. Acesso em: 27 maio 2019.

FERREIRA, A. M. S. **CONSUMO OBSERVADO E PREDITO PELOS SISTEMAS NUTRICIONAIS EM BOVINOS DE CORTE CONFINADOS**. 2019. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinária) - Universidade Federal de Uberlândia. Faculdade de Medicina Veterinária. Uberlândia, 2019.

GOMES, R. C. *et al.* **Ingestão de alimentos e eficiência alimentar de bovinos e ovinos de corte**. Ribeirão Preto: Funpec, 2012. v. 77.

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

https://www.researchgate.net/publication/259099649_Procedimentos_para_mensuracao_de_consumo_individual_de_alimento_em_bovinos_de_corte?_esc=publicationCoverPdf&el=1_x_2&enrichId=rgreq-28f62d9d75ea%2062e%20566a7cca9de85d8b3-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzIOTA5OTY0OTtBUzox%20MDEyMjk5NzU4MzQ2MzIAMSQwMTE0NjUxNTgzNw%3D%3D. Acesso em: 27 maio 2019.

GROWSAFE SYSTEMS LTD. [200-]. Disponível em: <https://growsafe.com/>. Acesso em: 6 jun. 2019.

IBGE. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/3939#resultado>. Acesso em: 20 jun. 2019.

INTERGADO. [200-]. Disponível em: <https://www.intergado.com.br/>. Acesso em: 6 de jun. 2019.

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

LIMA, N. L. L. M. **Eficiência produtiva em cordeiros classificados pelo consumo alimentar residual (CAR) e consumo e ganho residual (CGR)**. 2016. 132 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais Escola de Veterinária, Belo Horizonte-MG, 2016.

LOBO, U. G. M. **Análise da granulometria, matéria seca e consumo de bovinos da raça senepol submetidos a prova de eficiência alimentar**. 2018. 47f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Universidade Federal de Uberlândia. Faculdade de Medicina Veterinária. Uberlândia, 2018.

- LOPES, L. S. et al. Viabilidade econômica da terminação de novilhos Nelore e Red Norte em confinamento na região de Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 774-780, 2011.
- MARZOCCHI, M. Z. **Avaliação da duração do período de teste de eficiência alimentar para bovinos de corte**. 2017. 53 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal Sustentável). Instituto de Zootecnia, APTA/SAA. Nova Odessa, SP, 2017.
- MEDEIROS, S. R. de; et al. **Ferramentas de pecuária de precisão voltadas à nutrição de bovinos de corte**. São Paulo: Embrapa Gado de Leite, 2016. 22 p.
- MENDES, E. D. M. **Consumo alimentar residual: eficiência alimentar para o bovino de corte brasileiro**. Curitiba: FIEP - Federação das Indústrias do Paraná, 2011.
- MENDES, E. D. M.; CAMPOS, M. M. Eficiência alimentar em bovino de corte. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.37, n.292, p.28-38, 2016.
- NASCIMENTO, M. L. **Eficiência alimentar e suas associações com o lucro, características de carcaça e qualidade de carne de bovinos Nelore**. 2011. 119f. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagem) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2011.
- PEIXOTO, A.M. Raças de bovinos de corte que interessam ao Brasil. *In*: PIRES, A.V. **Bovinocultura de corte**. Piracicaba: FEALQ, 2010. p. 55-73, cap.4, v. II.
- PEREIRA, I. C. **Estudo meta-analítico da flutuação da ingestão de massa seca no desempenho, comportamento ingestivo e saúde ruminal de bovinos confinados com dietas de alto concentrado**. 2016. 79 f. Dissertação (Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista - UNESP, Botucatu, SP, 2016.
- SILVA, A. M.; et al. **Associação entre eficiência alimentar e comportamento ingestivo de touros da raça Nelore confinados em baias coletivas equipadas com cochos eletrônicos**. 2017.
- SUAREZ, S. L. B. **Fatores envolvidos no consumo de matéria seca**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2014.
- VALADARES FILHO, S. de C. et al. Perspectivas do uso de indicadores para estimar o consumo individual de bovinos alimentados em grupo. *In*: SIMPÓSIO DA 43ª REUNIÃO ANUAL DA SBZ, João Pessoa, PB, 2006. **Anais** [...]. João Pessoa, PB: [s.n.], 2006.
- WANG, Z. et al. Test duration for growth, feed intake and feed efficiency in beef cattle using the GrowSafe System. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 2289-2298, 2006.

ANEXO A - Representação gráfica para a variável GMD considerando os diferentes cenários em teste de eficiência alimentar.

