

Redução do Período de Avaliação da Eficiência Alimentar de Zebuínos com a Utilização de Sistemas de Alimentação e Pesagem Automatizados



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
399**

**Redução do Período de Avaliação da
Eficiência Alimentar de Zebuínos com a
Utilização de Sistemas de Alimentação
e Pesagem Automatizados**

*Adriano Santana Crozara
Eduardo da Costa Eifert
Ludmilla Costa Brunes
Marcos Fernando Oliveira e Costa
Fernando Brito Lopes
Rafael Assunção Carvalho
Byanka Bueno Soares
Cláudio Ulhôa Magnabosco*

Esta publicação encontra-se disponível gratuitamente
no link: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/?initQuery=t>

Embrapa Cerrados

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

Comitê Local de Publicações da Unidade

Presidente
Lineu Neiva Rodrigues

Secretário-executivo
Gustavo José Braga

Secretária
Alessandra Silva Gelape Faleiro

Membros
*Alessandra Silva Gelape Faleiro;
Alexandre Specht; Edson Eyji Sano;
Fábio Gelape Faleiro;
Jussara Flores de Oliveira Arbues;
Kleberson Worsley Souza;
Maria Madalena Rinaldi;
Shirley da Luz Soares Araújo*

Supervisão editorial e revisão de texto
Jussara Flores de Oliveira Arbues

Normalização bibliográfica
Shirley da Luz Soares Araújo

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica e tratamento de imagens
Wellington Cavalcanti

Foto da capa
Rafael Assunção Carvalho

Impressão e acabamento
Alexandre Moreira Veloso

1ª edição

1ª impressão (2022): 30 exemplares

Todos os direitos reservados

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Cerrados

R321 Redução do período de avaliação da eficiência alimentar de zebuínos
com a utilização de sistemas de alimentação e pesagem automatiza-
dos / Adriano Santana Crozara ... [et al.]. – Planaltina, DF : Embrapa
Cerrados, 2022.

22 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Cerrados,
ISSN 1676-918X, ISSN on-line 2176-509X, 399).

1. Bovino de corte. 2. Balança automatizada. 3. Consumo alimentar
residual. I. Crozara, Adriano Santana. II. Embrapa Cerrados. III. Série.

CDD (21 ed.) 636.202

Sumário

Resumo5

Abstract6

Introdução.....7

Material e Métodos9

Resultados e Discussão13

Conclusões.....20

Referências21

Redução do Período de Avaliação da Eficiência Alimentar de Zebuínos com a Utilização de Sistemas de Alimentação e Pesagem Convencionais e Automatizados

Adriano Santana Crozara¹; Eduardo da Costa Eifert²; Ludmilla Costa Brunes³; Marcos Fernando Oliveira e Costa⁴; Fernando Brito Lopes⁵; Rafael Assunção Carvalho⁶; Byanka Bueno Soares⁷; Cláudio Ulhoa Magnabosco⁸

Resumo – Objetivou-se verificar a viabilidade da redução da duração do teste de eficiência alimentar utilizando informações de consumo e peso vivo (PV) coletadas diariamente por sistemas automatizados em comparação a sistemas de pesagens convencionais. Foram utilizados 28 e 16 touros das raças Nelore e Guzará, respectivamente. Os animais foram pesados diariamente por meio de balanças eletrônicas acopladas aos bebedouros, utilizando balança convencional no início, final e a cada 14 dias, durante o período de avaliação. O consumo de matéria seca (CMS), ganho médio diário (GMD), PV, consumo alimentar residual (CAR) e conversão alimentar (CA) obtidas ao final do teste (70 dias) e utilizando as informações das balanças automatizadas e convencional, foram comparadas pelo teste T e por modelos mistos. As alterações na variância e as correlações entre os dados dos períodos de avaliação reduzidos e total foram usados para determinar a mínima duração. Foram encontradas diferenças significativas entre as médias das duas balanças apenas para GMD. A avaliação do GMD, CA, CMS e CAR pode ser reduzida para 58, 58, 38 e 38 dias, respectivamente. A utilização das balanças automatizadas se mostrou uma ferramenta eficaz para obtenção do PV, GMD e CAR, possibilitando a redução dos testes de 70 para 58 dias.

Termos para indexação: balança automatizada, bovinos de corte, consumo alimentar residual, duração do teste de eficiência alimentar.

¹ Zootecnista, mestre em Zootecnia, bolsista da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

² Engenheiro-agrônomo, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

³ Zootecnista, doutora em Zootecnia, pesquisadora júnior da Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal, Brasília, DF

⁴ Médico-veterinário, doutora em Fisiologia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

⁵ Zootecnista, doutor em Zootecnia, pesquisador da Coob-Vantress, Siloam Springs, AR

⁶ Zootecnista, doutorando em Zootecnia pela Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO

⁷ Zootecnista, doutoranda em Zootecnia pela Universidade Federal de Goiás, estagiária da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

⁸ Zootecnista, doutor em Ciências (Genética), pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Reduction of Evaluation Period for Feed Efficiency in Zebu Beef Cattle Using Automated Intake and Automated and Conventional Live Weight Measurement Systems

Abstract – The aim was to verify the viability of reducing the feed efficiency test duration using the information on intake and live weight (LW) collected daily by automated systems, compared to conventional weighing systems. 28 and 16 Nelore and Guzerá sires were used. The animals were weighed daily using electronic scales attached to the drinkers and also using a conventional scale at the beginning, end, and every 14 days during the evaluation period. The dry matter intake (DMI), average daily gain (ADG), LW, residual feed intake (RFI) and feed conversion ratio (FCR) were obtained at the end of the test (70 days) and using the information from the automated and conventional scales were compared using T-test and mixed models. Changes in variance and correlations between data from reduced assessment periods and full period were used to determine the minimum duration. Significant differences were found between the means of the two scales only for ADG. The ADG, FCR, DMI, and RFI assessment can be reduced to 58, 58, 38, and 38 days, respectively. The use of automated scales proved to be an effective tool for obtaining the LW, ADG, and, estimating the RFI, allowing the performance of 58-day tests.

Index terms: automatic scales, beef cattle, feed efficiency test duration, residual feed intake.

Introdução

Dentro dos custos de produção na bovinocultura, a alimentação destaca-se como a principal variável, podendo representar até três quartos dos custos totais (Nielsen et al., 2013). Portanto, é de grande interesse utilizar animais que sejam mais eficientes no aproveitamento do alimento, por meio da inclusão de características de eficiência alimentar e consumo de alimento como ferramentas de seleção (Brunes et al., 2021), visando reduzir os custos com a alimentação (Lima, 2016).

Para identificação de animais de maior eficiência alimentar, Koch et al. (1963) propuseram a utilização do consumo alimentar residual (CAR), calculado com a diferença entre o consumo de matéria seca (CMS) observado e o predito obtido utilizando equação de regressão em função do peso vivo metabólico ($PM^{0.75}$) e ganho médio diário (GMD). Para obtenção das variáveis que compõem o CAR, preconizou-se a realização de testes de eficiência alimentar com duração de, no mínimo, 70 dias (Archer et al., 1997). De acordo com Archer et al. (1997), com 70 dias de duração dos testes de eficiência alimentar, o erro padrão e a variância ambiental das medidas avaliadas seriam minimizados. No mesmo trabalho, foi recomendado a pesagem dos animais a cada 2 semanas, visando ao aumento na acurácia do GMD.

Além dos custos com alimentação, com a mão de obra para avaliação do CMS em baias individuais ou com instalações específicas para a coleta automatizada em baias coletivas, os testes de eficiência alimentar apresentam alto custo de condução (Castilhos et al., 2011). A redução da duração dos testes possibilita redução de custos e, além disso, a avaliação de mais animais em menor período (Archer et al., 1997; Castilhos et al., 2011; Manafiazar et al., 2017; Nielsen et al., 2013). Para reduzir a duração dos testes de eficiência alimentar, deve-se buscar otimizar a qualidade e a quantidade de dados coletados sem comprometer a confiabilidade dos resultados. Porém, a ótima duração do teste é dependente da estabilização não só do CAR, mas também das características que o compõe, como o CMS, o GMD e o PV (Manafiazar et al., 2017). Assim, embora tenha sido relatado que um teste de 28 a 35 dias é suficiente para se determinar o CMS, para peso metabólico, GMD e CAR, isso não se aplicou (Archer et al., 1997; Castilhos et al., 2011; Marzocchi et al., 2020).

Para Bovinos Nelore, há estudos que recomendam um período de 71 a 84 dias para avaliação do CAR, com intervalo de pesagem de 15 a 28 dias (Castilhos et al., 2011; Marzocchi et al., 2020). Essas recomendações foram obtidas sem considerar medidas repetidas de CMS e peso corporal ao longo do teste. Assim, a redução no intervalo de pesagem pode também auxiliar na redução da duração dos testes de eficiência alimentar, antecipando a estabilidade do CMS e do GMD. Isso foi relatado por Archer et al. (1997), sendo observado que a obtenção de pesos com maior frequência leva a um aumento da confiabilidade. Nesse sentido, um parâmetro que também deve ser considerado é a presença ou não de jejum. Cenários com pesagens quinzenais com jejum; semanais sem jejum com intervalos de 28 dias; e jejum, entre outros, foram propostos para bovinos (Archer et al., 1997; Manafiazar et al., 2017; Nkrumah et al., 2007; Paulino et al., 2008). Enquanto a realização de jejum pode igualar o conteúdo gastrointestinal, este também pode afetar o consumo de alimento e fazer com que o animal leve até uma semana para normalizar esse parâmetro (Del Claro, 2011).

Com o advento da automação na pecuária, sistemas de pesagens automatizados que coletam diariamente o peso dos animais, permitiram a avaliação dessa característica ao longo do teste de eficiência alimentar, aumentando o número de observações por animal e reduzindo as diferenças na informação do peso, sendo uma alternativa também para a não realização do jejum e redução do manejo. Outra vantagem que os sistemas de pesagens automatizados apresentam em comparação à pesagem convencional é a menor variação de fontes de erro, como com a aferição do equipamento e a variação no conteúdo do trato gastrointestinal dos animais. Benfield et al. (2017) realizaram pesagens em sistemas automatizados de 1.763 bovinos por 63 a 175 dias e observaram uma diferença média de 0,1 kg, porém com desvio padrão de 8,8 kg. Isso indica que o intervalo de confiança de uma pesagem individual seria de ± 17 kg. Nesse sentido, quanto maior o número de pesagens, mais preciso se torna o peso mensurado, consequentemente, a tendência é que o CAR e as características que o compõe se estabilize antes de 70 dias e, assim, seja possível reduzir o período de duração dos testes de eficiência alimentar.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente estudo verificar a viabilidade da redução do período de avaliação de variáveis indicadoras de eficiência alimentar (CAR e CA) e das características que as compõem (GMD,

CMS e PV), utilizando informações coletadas diariamente por sistemas automatizados de mensuração do consumo e peso corporal, em comparação a sistemas de pesagens convencionais.

Material e Métodos

Foram utilizadas informações de 28 e 16 touros das raças Nelore e Guzerá, respectivamente, com idade entre 18 e 21 meses. O peso médio da entrada dos animais foi de $455 \text{ kg} \pm 29,7 \text{ kg}$ e $464 \text{ kg} \pm 39,4 \text{ kg}$ para animais Nelore e Guzerá, respectivamente. O teste de eficiência alimentar foi realizado no Centro de Desempenho Animal do Núcleo Regional Embrapa Cerrados, situado a $16^{\circ}28'00''$ de latitude Sul e $49^{\circ}17'00''$ de longitude Oeste, com altitude de 823 m, localizado na cidade de Santo Antônio de Goiás, GO. O clima da região é classificado como tropical, temperatura média de $23,3^{\circ}\text{C}$ e média anual de pluviosidade de 1.428 mm.

Antes do início do teste, os animais passaram por um período de adaptação de 20 dias às instalações, ao manejo e à dieta. A prova efetiva teve duração de 70 dias, com pesagens inicial, final e quatro intermediárias, a cada 14 dias, utilizando balança da Tru Test Brasil Tecnologia Agropecuária Ltda, precedidas de jejum de sólidos de 14 horas. Além disso, ao longo do teste, os animais foram pesados cerca de 6 a 8 vezes ao dia por meio da utilização de balanças automáticas da Intergado acopladas aos bebedouros e de passagem voluntária.

Durante o teste, os animais ficaram alojados em baias coletivas com espaços de 12 m^2 por animal, distribuídos em 16 cochos, com uma proporção de 2,75 animais por cocho. Além dos cochos eletrônicos para fornecimento da dieta, os animais tinham acesso a quatro bebedouros também automatizados. Esses eram acoplados a plataformas que permitiam a pesagem total e voluntária dos animais enquanto consumiam água. O sistema automatizado de monitoramento de consumo e peso dos animais foi composto por cochos eletrônicos Intergado, nos quais, apenas um animal se alimentava por vez e acoplado a uma balança eletrônica conectada permanentemente a um servidor. As informações foram disponibilizadas em tempo real, de forma que todo insumo que entrasse ou saísse do cocho fosse pesado e computado pelo sistema.

No manejo alimentar, os animais receberam dieta ofertada duas vezes ao dia, contendo o concentrado e o volumoso, fornecidos por meio de um vagão forrageiro de fresa JF MIX 6000, às 8h30 e às 16h00. A alimentação foi fornecida *ad libitum*, composta por silagem de milho, gérmen de milho, quirera de milho degerminado, farelo de soja, ureia e núcleo mineral (Tabela 1). A relação volumoso:concentrado foi de 63:37, atendendo 68% de nutrientes digestíveis totais e 14% de proteína bruta, conforme orientações do BR-Corte (Valadares Filho et al., 2010) para ganhos de 1,2 kg de peso corporal/dia.

Tabela 1. Porcentagem dos ingredientes e composição nutricional das dietas.

Ingrediente	MS (%) ⁽¹⁾	Ingrediente na dieta (%)
Silagem de milho	42,7	63,40
Gérmen de milho	90	21,00
Quirera de milho	90	5,20
Farelo de soja	90	8,60
Ureia	100	1,00
Núcleo mineral	100	1,00
Composição nutricional		
Proteína bruta (%MS)		14,00
Fibra em detergente neutro (%MS)		24,56
Nutrientes digestíveis totais (%MS)		68,00

⁽¹⁾ MS: matéria seca.

Para não haver restrição de consumo, a quantidade de dieta fornecida foi ajustada diariamente garantindo sobras entre 5% e 10% do total fornecido. As informações obtidas em dias nos quais foi identificado possível mau funcionamento dos equipamentos eletrônicos de mensuração do consumo ou peso foram descartadas das análises. O consumo, em matéria natural, foi registrado diariamente pelo sistema. O percentual de matéria seca (MS) da silagem e da dieta total foi calculado a partir de amostras coletadas semanalmente (Zenebon et al., 2008). Essa informação foi utilizada para obtenção do CMS (kg/dia). Além desse, também foram coletados o PV (kg) e a espessura de gordura subcutânea (EG, mm). A EG foi obtida pela análise de ultrassono-

grafia ao final do teste, com coleta de imagens do músculo *Longissimus dorsi* na região entre 12^a e 13^a costelas. As imagens foram obtidas e analisadas por técnico da Aval – Serviços Tecnológicos, com certificado da Ultrasound Guidelines Council (UGC). As informações coletadas foram utilizadas para calcular o GMD (kg/dia), o peso metabólico ($PM^{0,75}$) e o CAR (kg MS/dia).

O GMD foi estimado como o coeficiente de regressão linear do peso em função dos dias em teste (DET), tanto para a balança automatizada quanto a convencional, usando a função lm do programa R (2021) e a equação abaixo:

$$Y_{ij} = \alpha_i + \beta_i * DET_j + \varepsilon_{ij}$$

Em que: Y_{ij} é a j^{th} observação do peso do i^{th} animal; β_i é o intercepto da equação de regressão que representa o peso inicial do animal i ; β_i é o coeficiente de regressão linear que representa o GMD; DET_j é o dia de realização do teste na j^{th} observação, e ε_{ij} é o resíduo associado a cada observação. O $PM^{0,75}$ foi obtido considerando o peso no início do teste e o GMD:

$$PM_i^{0,75} = \left[\alpha_i + \beta_i * \left(\frac{DET_j}{2} \right) \right]^{0,75}$$

O CAR foi estimado como o resíduo da equação de regressão do CMS em função do GMD, $PM^{0,75}$ e EG, utilizando o programa R (2021) e a equação (Koch et al., 1963):

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 GMD + \beta_2 PM_i^{0,75} + \beta_3 EG + \varepsilon_{ij} \text{ (CAR)}$$

Em que: Y_i é o consumo de matéria seca do i^{th} animal; β_0 é o intercepto; β_1 , β_2 e β_3 são os coeficientes de regressão linear do GMD, $PM^{0,75}$ e EG, respectivamente; e ε_{ij} é o erro residual, isto é, o CAR. A CA foi obtida como a razão entre CMS e GMD.

Foi avaliado o efeito da raça sobre as características analisadas utilizando análise de variância (teste tipo II) de medidas repetidas no tempo, sendo

observado que não houve diferença estatística ($P > 0,05$). Assim, o conjunto de dados foi avaliado com ambas as raças em um único grupo. Foi realizada análise de consistência para as características avaliadas, com a exclusão das informações que estavam $\pm 3,5$ unidades de desvio-padrão da média do grupo.

Os resultados de CAR, CA, pesos e GMD foram obtidos para as balanças automatizada e convencional, considerando teste de eficiência alimentar com duração convencional, isto é, 70 dias, na intenção de verificar a distribuição de dados para cada uma delas. O peso inicial, peso final, GMD, CA e CAR foram analisados utilizando o teste T (5% de probabilidade do erro) a fim de comparar as informações obtidas, utilizando balanças automatizada e tradicional. Ainda para comparar o efeito da balança sobre as características avaliadas, foram realizadas análises de modelo misto, considerando o animal como efeito aleatório e a balança como efeito fixo.

Os pesos mensurados ao longo do teste com as diferentes balanças foram ajustados utilizando equações de regressão. A partir da inclinação das retas referentes a cada uma delas, foi verificada a significância de suas inclinações ao nível de 5% probabilidade. Os pesos corporais obtidos considerando as balanças automatizada e tradicional também foram submetidos à análise de correlação. Para tal, foram consideradas as seis pesagens via balança tradicional no decorrer do teste de eficiência e as médias diárias dos pesos obtidos na balança automatizada, retirado do cálculo os dias de possível interferência no peso devido ao jejum, ou seja, um dia anterior e outro posterior ao jejum. Assim, foram considerados os pesos obtidos nos dias 0, 2, 12, 15, 26, 29, 40, 43, 52, 55, 68 e 71 nas balanças automatizadas.

As demais variáveis analisadas (CAR, CMS, GMD e CA) foram agrupadas obtendo os valores médios a cada 4 dias, sendo calculados para os dias 14, 18, 22, 26, 30, 34, 38, 42, 46, 50, 54, 58, 62, 66 e 70. Estimou-se as correlações entre o CAR, CMS, GMD e CA entre os dias de testes e o dia final (70° dia). O momento em que a correlação foi significativa ($P < 0,01$) e a diferença entre as variâncias abaixo de 1% para cada característica considerou-se como adequado para o momento de conclusão da avaliação de cada característica. As análises foram realizadas utilizando o programa estatístico R (2021).

Resultados e Discussão

As médias de peso inicial (PV0) e final (PV70), GMD, CA e CAR obtidas utilizando a balança tradicional e automatizada estão representadas na Tabela 2. A partir da análise de variância, foi observada diferença estatística ($P < 0,05$) apenas para GMD, e os valores calculados com os dados obtidos com as balanças automatizadas foram superiores àqueles obtidos com balança tradicional.

Tabela 2. Média, máximo, mínimo, desvio padrão e coeficiente de variação (CV%) para as características de peso vivo inicial (PV0), peso vivo final (PV70), ganho médio diário (GMD), conversão alimentar (CA) e consumo alimentar residual (CAR) de bovinos de corte, utilizando as balanças tradicional e automatizada.

Balança tradicional					
	PV0 (kg)	PV70 (kg)	GMD (kg)	CA (kg CMS/ kg GMD)	CAR (kg MS/dia)
Média	456,80	556,10	1,42	7,40	0,00
Máximo	562,00	668,00	1,99	11,17	2,77
Mínimo	364,00	464,00	0,87	5,05	-1,96
Desvio-padrão	42,20	47,80	0,26	1,23	0,81
CV (%)	9,23%	8,59%	18,30%	16,62%	
Balança automatizada					
Média	466,99	570,20	1,65	7,18	0,00
Máximo	531,00	642,25	2,23	10,43	2,41
Mínimo	373,92	458,83	1,16	5,09	-1,95
Desvio-padrão	39,44	45,79	0,24	1,18	0,98
CV (%)	8,44%	8,03%	14,54%	16,43%	
Valor de P	0,31300	0,16100	0,00005*	0,39100	0,81760
Valor de F	0,23819	0,09660	0,00004**	0,31253	0,99950
CV (%)	8,90%	8,36%	17,87%	16,49%	-

*valores de P significativo para o teste T a 5% de significância utilizando análise de variância.

** valores de F significativo para o teste F a 5% de significância utilizando modelos mistos.

A diferença de 16% encontrada para GMD utilizando as diferentes balanças pode ser atribuída à variação na forma de coleta, uma vez que, para a balança automatizada, os pesos foram mensurados sem a realização de jejum. Além disso, enquanto, para a balança tradicional, o peso era mensurado a cada 14 dias, na automatizada, essa medida era tomada diariamente e ao longo do dia acompanhando o peso e suas variações, em comparação a medidas pontuais. Assim como o GMD, os pesos inicial e final obtidos com as balanças automatizadas foram numericamente maiores que os obtidos usando a tradicional, além disso, o GMD apresentou valores mínimos e máximos também maiores (Tabela 2). De maneira similar, Dickinson et al. (2013) relataram que os pesos obtidos com sistemas automatizados foram superiores a sistemas estáticos e tradicionais avaliando bovinos leiteiros. Esses autores atribuem essa diferença à perda de peso através da micção e defecção que ocorre no período em que os animais estão em jejum e isolados para a realização da pesagem (Dickinson et al., 2013). Estima-se que, em um período de 1 hora sem alimentação e água, a perda de peso corporal pode chegar a 1,5% devido à excreção (Mckiernan et al., 2007). Assim, o tempo de jejum antes da realização das pesagens e o tempo de permanência dos animais fora da área de pastejo (Silva, 2019) são fatores que podem justificar as diferenças numéricas observadas para peso e para ganho em peso. Em contrapartida, com uso de balanças automatizadas e de passagem voluntária, os animais são pesados constantemente e em vários períodos do dia, com e sem esvaziamento gástrico.

Para GMD e pesos inicial e final, o valor de desvio padrão foi menor na balança automatizada, provavelmente devido ao número maior de observações (seis a oito observações diárias), o que pode ter levado a uma maior precisão das medidas coletadas e também da equação de predição do GMD. A menor variação com o aumento no número de pesagens pode estar relacionada a maior confiabilidade (Lush; Black, 1927) na determinação do peso ocasionada pela inclusão de medidas sucessivas e no menor intervalo entre as mensurações (Silva, 2019). Esse comportamento também pode estar associado à ausência de realização de jejum ou a outros manejos antecedendo as pesagens, levando a uma menor amplitude de variação do peso corporal e do ganho de peso.

A regressão dos pesos dos animais obtidos por meio das balanças automatizadas e balança tradicional em função dos dias de mensuração está

apresentada na Figura 1. Mesmo optando pelo jejum antes das pesagens tradicionais, as informações de pesos não foram influenciadas pelo tipo de balança ou pelo número de dados utilizados por cada uma, sendo observado comportamento semelhante. A comparação estatística das equações de regressão obtidas com os diferentes métodos de pesagem está apresentada na Tabela 3 e baseada na inclinação das retas. Não foram observadas diferenças significativas na trajetória da curva ($P>0,05$) dos pesos. Esse resultado indica a possibilidade de optar pelos dois métodos, validando o uso de balanças automatizadas para obtenção do peso corporal. Em consonância, Cho et al. (2020) relataram que registros estáveis de peso corporal podem ser obtidos utilizando sistemas de pesagens automatizadas para novilhas da raça Hanwoo.

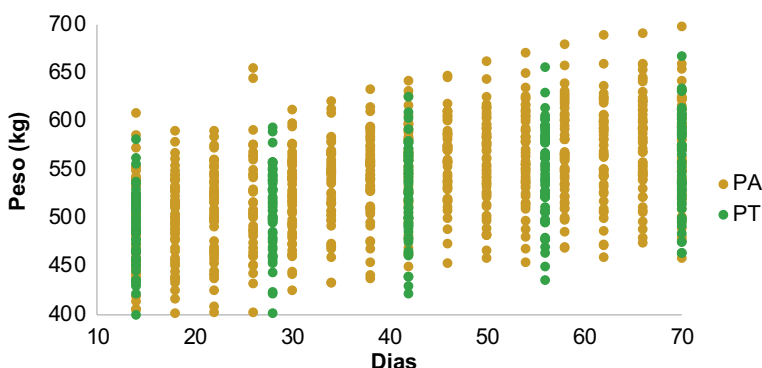


Figura 1. Regressão dos pesos (kg) de bovinos de corte obtidos por meio da balança automatizada (PA) (a cada quatro dias) e balança tradicional (PT) em função dos dias de mensuração.

Tabela 3. Estatística descritiva da inclinação das curvas de regressão dos pesos (kg) de bovinos de corte obtido nas balanças tradicional e automatizada e significância da diferença entre elas.

Balança	Estimativa	Erro-padrão	GL	IC (2,5%)	IC (97,5%)	Contraste	p-valor
Automatizada	1,548	0,105	876	1,342	1,753	0,241	0,204
Tradicional	1,306	0,158	876	0,995	1,617		

IC: intervalo de confiança.

Na Tabela 4, estão apresentadas as estimativas de correlação entre os pesos obtidos a cada 14 dias utilizando a balança tradicional e aqueles obtidos em plataforma automática 1 dia antes e 1 dia depois da pesagem convencional. Essas estimativas foram altas e significativas pelo teste t-student ($P < 0,001$). A menor correlação estimada entre o peso obtido pela balança tradicional em dias antes e após o jejum foi de 0,91 ($P < 0,001$), enquanto a maior foi de 0,99 ($P < 0,001$). Essas estimativas refletem a substancial concordância entre os diferentes métodos de pesagem corporal. Esses resultados corroboram com os apresentados na literatura, avaliando a concordância entre pesos de bovinos de corte obtidos por meio de sistemas de plataforma de pesagem corporal e convencionais (Silva, 2019) e entre o sistema convencional e o automático de pesagens em vacas leiteiras utilizando balanças de passagem instaladas na saída da ordenha (Alawneh et al., 2011; Dickinson et al., 2013). As estimativas de correlação, assim como a ausência de diferenças estatísticas significativas observadas entre os dois métodos de pesagens (Tabela 2), permitem inferir que medidas de peso corporal obtidos com balanças automáticas podem ser utilizadas para estimar, de maneira confiável, o GMD (sem jejum de sólidos) e também medidas relacionadas à eficiência alimentar, como a conversão alimentar e o CAR.

Tabela 4. Estimativas de correlação entre pesos de bovinos de corte obtidos na balança automatizada (1 dia antes e 1 dia depois da pesagem em jejum) vs. peso obtido na balança tradicional.

		Balança tradicional					
		1	14	28	42	56	70
Balança automatizada	0	0,96	0,97	0,95	0,95	0,93	0,91
	2	0,98	0,98	0,96	0,96	0,94	0,92
	12	0,97	0,99	0,97	0,97	0,95	0,95
	15	0,98	0,99	0,97	0,98	0,96	0,95
	26	0,95	0,97	0,98	0,97	0,94	0,94
	29	0,97	0,98	0,98	0,98	0,96	0,95
	40	0,93	0,96	0,96	0,97	0,96	0,95
	43	0,95	0,97	0,97	0,98	0,97	0,96
	52	0,95	0,96	0,97	0,98	0,98	0,97
	55	0,94	0,96	0,96	0,98	0,99	0,98
	68	0,93	0,95	0,95	0,97	0,99	0,99
	71	0,92	0,94	0,94	0,96	0,98	0,98

As variâncias e estimativas de correlação de Pearson e Spearman de CAR, GMD, CMS e CA a cada quatro dias em relação ao período completo de teste (70° dia) estão apresentados na Tabela 5. Os critérios utilizados para determinar a duração ideal do teste neste estudo foram: variância e correlações de Pearson e Spearman, que refletem a variação na classificação dos animais entre dois períodos de avaliação, temporal. Todas as abordagens foram complementares entre si. Isso porque, a mudança da variação percentual relativa não pode ser considerada a única fonte de informação para determinar a duração ótima do teste de eficiência alimentar (Wang et al., 2006), mas sim associada a estimativas de correlações, buscando-se valores mais próximos de um entre o período reduzido e o regular preconizado para a espécie animal (Manafiazar et al., 2017).

Para o GMD, foi observada uma tendência de redução na variância durante o período de teste (Tabela 5) a partir do 26° dia, enquanto, nos primeiros períodos, foi observada grandes variações. Entre os dias 18 e 22, houve aumento de 2,712 pontos, seguido de uma queda de 3 pontos do 22° para o 26°. Sequencialmente, nos próximos quatro períodos avaliados (26 para 42), a variância passou de 3,659% para 0,04%, tornando a subir 0,2% na data 46. A partir do dia 54 até o 70° dia, todos os valores permaneceram abaixo de 0,1%, ou seja, uma variância considerada baixa. Quanto aos coeficientes de correlação de Pearson e Spearman, 0,52 e 0,49, no dia 42, foram significativos ($P < 0,001$), o que caberia, por este valor, aceitar sua correspondência com o valor final, do 70° dia.

Tabela 5. Diferença relativa da variância (VAR%) e estimativas de correlação de Pearson e Spearman para consumo alimentar residual (CAR), consumo de matéria seca (CMS), ganho em peso médio diário (GMD) e conversão alimentar (CA) nos dias de testes em relação ao dia final (dia 70), com uso de balanças de pesagem automatizadas.

Caracte- rística	CMS			GMD			CAR			CA			
	Estadística	VAR%	Pearson	Spearman	VAR%	Pearson	Spearman	VAR%	Pearson	Spearman	VAR%	Pearson	Spearman
14			0,875***	0,918***		0,319	0,339		0,830	0,785		0,307	0,276
18	0,597		0,966***	0,949***	3,949	0,086	0,093	0,245	0,958***	0,934***	4,474	0,019	0,028
22	0,678		0,969***	0,965***	6,661	0,125	0,147	0,350	0,965***	0,946***	6,373	0,113	0,083
26	0,381		0,981***	0,978***	3,659	0,100	0,095	0,232	0,973***	0,957***	3,759	0,125	0,064
30	0,237		0,988***	0,986***	1,405	0,141	0,102	0,145	0,969***	0,945***	1,458	0,154	0,086
34	0,234		0,994***	0,988***	1,048	0,328	0,284	0,095	0,978***	0,964***	0,973	0,395	0,343
38	0,099		0,996***	0,990***	0,323	0,463	0,394	0,062	0,991***	0,980***	0,342	0,555	0,542
42	0,063		0,997***	0,992***	0,040	0,526***	0,497***	0,044	0,990***	0,983***	0,026	0,623	0,581
46	0,052		0,995***	0,991***	0,240	0,698***	0,651***	0,039	0,984***	0,975***	0,303	0,751	0,718
50	0,029		0,994***	0,991***	0,123	0,812***	0,805***	0,020	0,979***	0,967***	0,115	0,840	0,821
54	0,020		0,989***	0,988***	0,071	0,867***	0,846***	0,006	0,977***	0,965***	0,067	0,879	0,865
58	0,011		0,984***	0,980***	0,034	0,916***	0,908***	0,001	0,971***	0,957***	0,037	0,915***	0,907***
62	0,017		0,978***	0,971***	0,005	0,979***	0,974***	0,011	0,967***	0,950***	0,004	0,970***	0,967***
66	0,034		0,975***	0,965***	0,011	0,996***	0,992***	0,031	0,970***	0,955***	0,002	0,989***	0,988***
70	0,059		—	—	0,006	—	—	0,033	—	—	0,054	—	—

*** Correlações significativas no nível de 5% significância.

Para CMS, observou-se comportamento (Tabela 5) semelhante ao apresentado para GMD, com um aumento da variância em 0,081 pontos do dia 18 para o dia 22 e um decréscimo de 0,3 pontos a partir do dia 26. Posteriormente, foi observada que a variância passou 0,381%, no dia 26, até atingir valor de 0,011% no dia 58. Ainda assim, um ligeiro aumento da variância foi observado, saindo de 0,011% até 0,059% na data final (dia 70). A maior oscilação na variância para essa característica ao longo do teste pode ser atribuída ao aumento do CMS em decorrência do aumento do peso corporal dos animais, corroborando com os resultados apresentados por Castilhos et al. (2011). Os coeficientes de correlação obtidos a partir do dia 14 apresentaram valores significativos ($P < 0,001$). No entanto, considerando também a estabilização da variância, recomenda-se que a duração de teste para avaliação dessa característica de, no mínimo, 38 dias, em que os valores de variância foram todos abaixo de 0,1% e as correlações acima de 0,99. Recomendação semelhante (35 dias) foi sugerida por Wang et al. (2006) e por Archer et al. (1997), avaliando informações diárias de consumo em bovinos de corte e raças bovinas britânicas, respectivamente.

Para CAR, as estimativas de correlação de Pearson ao longo do período de teste foram de 0,83 a 0,99, enquanto as de Spearman foram de 0,78 a 0,98. Com valor de 0,78 observado entre o 14° e o 70° dia para correlação de Spearman, no período inicial de teste espera-se maior variação na classificação dos animais. Contudo, a partir do 18° todos os valores foram superiores 0,90, confirmando a similaridade entre o CAR obtidos nos diferentes períodos e validando a confiabilidade das informações de períodos intermediários em relação ao 70° dia. Em relação à variância, o CAR apresentou uma tendência de redução durante o período de teste muito semelhante ao apresentado pelo CMS, característica que o compõe. Embora tenha sido observado um pico de variação no 22° dia, nos períodos subsequentes, a redução se manteve, atingindo valor inferior a 1% no 34° dia. Considerando os três parâmetros avaliados e também o período mínimo necessário para avaliação do CMS, a recomendação de duração do período de teste para avaliação do CAR seria de no mínimo 38 dias, observada estabilização dessa característica.

A redução do período de avaliação do CAR para 63 dias já havia sido relatada (Wang et al., 2006), utilizando sistema de mensuração diária do CMS e pesagens semanais de bovinos de corte. Ainda assim, considerado os resultados obtidos, um período menor pode ser recomendado para obtenção de

medidas confiáveis, devido à coleta diária, além do CMS, do peso corporal. Nos estudos que períodos mais longos para avaliação do CAR foram recomendados, o peso corporal foi avaliado semanal ou quinzenalmente (Archer et al., 1997; Castilhos et al., 2011; Wang et al., 2006).

A estimativa de conversão alimentar (CA) é obtida em função da divisão de duas características, CMS e GMD. Portanto, as mudanças e as variações são influenciadas pelas tendências das duas características que a compõe. O comportamento da variância para CA está apresentado na Figura 1, semelhante ao observado para GMD. Foi observada maior variação de CA nos cinco primeiros períodos de avaliação (14 a 30). A partir do 34º dia, os percentuais de variância foram inferiores a 1% (0,973%, 0,342%, 0,026%, 0,303%, 0,115%, 0,067%, 0,037%, 0,004%, 0,002%, e 0,054%), atingindo um platô a partir do 38º dia de teste. Considerando as estimativas de correlações, a duração mínima para avaliação da CA seria 58 dias, pois, a partir deste período, foram obtidas estimativas significativas ($P < 0,001$) e acima de 0,90. Essa recomendação difere da apresentada por Wang et al. (2006), que foi de 42 dias.

As características que compõe as medidas indicadoras de eficiência alimentar, como o CMS, GMD e PV, são correlacionadas entre si sendo responsáveis pela determinação da duração ideal do teste. Assim, considerando que o GMD foi a característica que apresentou o maior período necessário para avaliação, a duração mínima do teste de eficiência alimentar seria de 58 dias. O maior período necessário para avaliação do GMD, em comparação a características como CMS e CAR também foi relatado por Marzocchi et al. (2020), avaliando bovinos Nelore. A redução da duração do teste de eficiência alimentar tem grande impacto econômico, por reduzir os custos associados ao teste, otimizar a utilização dos equipamentos de mensuração do consumo e por possibilitar aumentar o número de animais avaliados.

Conclusões

A utilização das balanças automatizadas, com pesagens diárias e sem a realização de jejum, é uma alternativa viável para realização de testes de eficiência alimentar de bovinos de corte e para a mensuração de características que compõe o consumo alimentar residual.

A utilização de sistema automatizado de mensuração do consumo de matéria de seca e peso corporal permite a redução do período de avaliação do CAR, CMS, GMD e CA de 70 para 38, 38, 58 e 58 dias, respectivamente. Assim, a duração mínima do teste de eficiência alimentar pode ser determinada pelo tempo requerido para obter uma medida acurada e estável do ganho de peso, sendo de 58 dias.

Referências

- ALAWNEH, J. I.; STEVENSON, M. A.; WILLIAMSON, N. B.; LOPEZ-VILLALOBOS, N.; OTLEY, T. Automatic recording of daily walkover liveweight of dairy cattle at pasture in the first 100 days in milk. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 9, p. 4431-4440, 2011.
- ARCHER, J. A.; ARTHUR, P. F.; HERD, R. M.; PARNELL, P. F.; PITCHFORD, W. S. Optimum postweaning test for measurement of growth rate, feed intake, and feed efficiency in British breed cattle. **Journal of Animal Science**, v. 75, n. 8, p. 2024-2032, 1997.
- ARTHUR, P. F.; ARCHER, J. A.; HERD, R. M. Feed intake and efficiency in beef cattle: Overview of recent Australian research and challenges for future. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 44, p. 361-369, 2004.
- BENFIELD, D.; GAROSSINO, K.; SAINZ, R. D.; KERLEY, M. S.; HUISMA, C. Conversion of high-frequency partial body weights to total body weight in feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 95, n. suppl_4, p. 241-242, 2017.
- BRUNES, L. C.; BALDI, F.; LOPES, F. B.; LOBO, R. B.; ESPIGOLAN, R.; COSTA, M. F. O.; MAGNABOSCO, C. U. Selection criteria for feed efficiency-related traits and their association with growth, reproductive and carcass traits in Nelore cattle. **Animal Production Science**, v. 61, n. 16, p. 1633-1642, 2021.
- CASTILHOS, A. M. de; BRANCO, R. H.; RAZOOK, A. G.; BONILHA, S. F. M.; MERCADANTE, M. E. Z.; FIGUEIREDO, L. A. de. Test post-weaning duration for performance, feed intake and feed efficiency in Nelore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 2, p. 301-307, 2011.
- CHO, H.; JEON, S.; LEE, M.; KANG, K.; KANG, H.; PARK, E.; KIM, M.; HONG, S.; SEO, S. Analysis of the Factors Influencing Body Weight Variation in Hanwoo Steers Using an Automated Weighing System. **Animals**, v. 10, n. 8, p. 1270, 2020.
- DEL CLARO, A. C. **Avaliação do consumo alimentar residual de bovinos Nelore dentro e entre grupos de contemporâneos**. 2011. 91 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Instituto de zootecnia, Nova Odessa, 2011.
- DICKINSON, R. A.; MORTON, J. M.; BEGGS, D. S.; ANDERSON, G. A.; PYMAN, M. F.; MANSELL, P. D.; BLACKWOOD, C. B. An automated walk-over weighing system as a tool for measuring liveweight change in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 7, p. 4477-4486, 2013.
- KOCH, R. M.; SWIGER, L. A.; CHAMBERS, D.; GREGORY, K. E. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 22, p. 486-494, 1963.
- LIMA, N. L. L. **Eficiência produtiva em cordeiros classificados pelo consumo alimentar residual (CAR)**. 2016. 132 f. Tese (Doutorado em Zootecnia)- Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

LUSH, J. L.; BLACK, W. H. How much accuracy is gained by weighing cattle three days instead of one at the beginning and end of feeding experiments. **Journal of Animal Science**, v. 1, p. 206-210, 1927.

MANAFIAZAR, G.; BASARAB, J.; MCKEOWN, L.; STEWART-SMITH, J.; BARON, V. S.; MACNEIL, M.; PLASTOW, G. Optimizing feed intake recording and feed efficiency estimation to increase the rate of genetic gain for feed efficiency in beef cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 97, n. 3, p. 456-465, 2017.

MARZOCCHI, M. Z.; SAKAMOTO, L. S.; CANESIN, R. C.; CYRILLO, J. dos S. G.; MERCADANTE, M. E. Z. Evaluation of test duration for feed efficiency in growing beef cattle. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, n. 4, p. 1533-1539, 7 jul. 2020.

MCKIERNAN, B.; GADEN, B.; SUNDSTROM, B. **Dressing percentages for cattle**. Orange, Australia: NSW Department of Primary Industries, 2007.

NIELSEN, M. K.; MACNEIL, M. D.; DEKKERS, J. C. M.; CREWS JR, D. H.; RATHJE, T. A.; ENNS, R. M.; WEABER, R. L. Review: Life-cycle, total-industry genetic improvement of feed efficiency in beef cattle: Blueprint for the Beef Improvement Federation. **The Professional Animal Scientist**, v. 29, p. 559-565, 2013.

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

PAULINO, P. V. R.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E.; VALADARES, R. F. D.; FONSECA, M. A.; VÉRAS, R. M. L.; OLIVEIRA, D. M. Desempenho produtivo de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais alimentados com dietas contendo dois níveis de oferta de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 6, p. 1079-1087, 2008.

R. R. CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 20 dez. 2021.

SILVA, D. P. **Contribuição para a pecuária de precisão aplicada a bovinocultura de corte: metodologias de análise para pesagens em tempo real**. 2019. 45 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens)- Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019.

VALADARES FILHO, S. C.; MARCONDES, M. I.; CHIZZOTTI, L. M.; PAULINO, P. V. R. **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2010.

WANG, Z.; NKRUMAH, J. D.; LI, C.; GOONEWARDENE, L. A.; OKINE, E. K.; CREWS, D. H.; MOORE, S. S. 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.

ZENEBON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.



Cerrados

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



CGPE 017745