

6

Predição do peso de carcaça, espessura de gordura subcutânea e perda de peso corporal durante o transporte de bovinos de corte

Flávia Adriane de Sales Silva, Pedro del Bianco Benedeti, Breno de Castro Silva, Gutierrez José de Freitas Assis, Débora Evelyn de Freitas Assis, Victor Graciliano Luccas da Fonseca, Dhones Rodrigues de Andrade, Sebastião de Campos Valadares Filho, Mario Luiz Chizzotti

INTRODUÇÃO

O pecuarista de corte, independente da fase que executa (cria, recria, engorda ou ciclo completo), tem como objetivo final a produção de carne. Assim, sua participação na cadeia produtiva da carne bovina geralmente se encerra com o abate do animal, sendo o pagamento baseado no peso da carcaça (PCarc). No entanto, o rendimento de carcaça (RC) muitas vezes gera divergências entre produtores e frigoríficos.

São frequentes as reclamações de produtores quanto a variações muito grandes nos RC para animais de mesmo tipo e pesados em condições semelhantes na propriedade antes do embarque e com relação aos RC obtidos em diferentes frigoríficos. Para a maioria dos produtores, os menores rendimentos obtidos nos frigoríficos estariam relacionados a realização muito severa (em grande extensão) da limpeza ou “toalete” da carcaça e a problemas de pesagens das carcaças. Por outro lado, os frigoríficos argumentam que os menores RC podem ocorrer devido a erros de pesagem na fazenda, manejo e problemas relacionados ao transporte (transporte de longa distância e contusões, por exemplo), menor grau de acabamento (gordura subcutânea da carcaça) e tipo bovino (bovinos cruzados de leite, por exemplo).

Em termos gerais, a carcaça corresponde ao animal abatido, sangrado, esfolado, eviscerado, desprovido de cabeça, patas, rabo, órgãos genitais, gordura peri renal e inguinal, ferida de sangria, medula óssea espinhal e diafragma (Pascoal et al., 2011; MAPA, 1989). Além disso, em alguns frigoríficos, há também a retirada de outros constituintes da carcaça, como o cupim (quando presente) e bife do vazio, influenciando o PCarc e, conseqüentemente, o

RC. Dessa forma, as grandes variações quanto ao RC relatadas também podem estar relacionadas ao método específico de limpeza da carcaça no frigorífico. Nesse contexto, vários fatores podem afetar o RC, como grupo genético, classe sexual, nutrição, peso corporal (PC) ao abate, manejo pré-abate e transporte.

Os requisitos mínimos dos frigoríficos quanto à qualidade da carcaça incluem PC acima de 180 kg para fêmeas e 225 kg para machos não castrados e castrados (Assis, 2021). Contudo, carcaças com melhores características de qualidade (maior grau de acabamento e marmoreio, por exemplo) podem ser direcionadas para mercados específicos e gerar maior remuneração aos produtores. Em muitos países, as carcaças de bovinos são geralmente comercializadas com base no genótipo, gênero e idade de abate do animal. Outros fatores como conformação, cor da carne e da gordura, grau de acabamento, marmoreio e pH também podem ser considerados na determinação da qualidade da carcaça e sua respectiva remuneração (Costa et al., 2002; Arboitte et al., 2004; Gomide et al., 2014).

Nesse contexto, a espessura de gordura subcutânea (EGS), normalmente medida entre a 12^a e 13^a costelas, é um importante indicador da qualidade da carcaça e está positivamente correlacionada com RC e adiposidade e grau de acabamento da carcaça (Berg e Butterfield, 1976; Tarouco et al., 2005; Silva et al., 2006). Além disso, uma adequada EGS é necessária para evitar redução do PCarc, queda rápida na temperatura da carcaça e escurecimento da carne durante o processo de resfriamento, permitindo uma melhor apresentação visual dos cortes bovinos e suas características sensoriais (Luchiari Filho, 2000; Vaz e Restle, 2000; Moreira et al., 2018). Por outro lado, o

excesso de gordura de cobertura também é prejudicial à qualidade da carcaça, pois a deposição excessiva de gordura de cobertura geralmente está associada a redução do rendimento dos cortes bovinos e aumento dos custos operacionais devido à maior toaleta necessária (Abraham et al., 1968; Costa et al., 2002; Neto et al., 2010). Assim, uma EGS de 3 a 6 mm é geralmente exigida pelos frigoríficos (Luchiari Filho, 2000). Em geral, as carcaças bovinas que não atendem a EGS exigida estão sujeitas a penalidades na remuneração.

No entanto, o PCarc, e consequentemente o RC, assim como a EGS são geralmente medidos após o abate dos animais, não permitindo ajustes de manejo ainda dentro do ciclo produtivo. Nesse sentido, o desenvolvimento de métodos alternativos para prever essas características *in vivo* pode permitir que os produtores definam melhor as estratégias de manejo e o ponto de abate correto visando produzir carcaças de maior qualidade e remuneração, além de reduzir os custos de produção. Assim, a comissão da edição atual do BR-CORTE propôs um novo capítulo para discutir os principais fatores que influenciam o rendimento e a composição da carcaça bovina. Subsequentemente, são apresentadas equações para predizer o PCarc e a EGS, bem como um estudo sobre a perda de peso corporal durante o transporte de bovinos de corte.

FATORES QUE INFLUENCIAM O RENDIMENTO E A COMPOSIÇÃO DA CARCAÇA

Grupo genético e classe sexual

Diferentes grupos genéticos e classes sexuais de bovinos apresentam diferentes potenciais de produção de carne, peso corporal à maturidade (PCmat), taxas de ganho de peso e composição do ganho de peso (Berg e Butterfield, 1976; Valadares Filho et al., 2016). Em geral, raças do grupo *Bos taurus taurus* continentais (Simental e Charolês, por exemplo) são consideradas de grande porte e de elevado PCmat (tardios), as raças do grupo *Bos taurus indicus* (Nelore, por exemplo) são consideradas de porte médio e de precocidade intermediária e as raças do grupo *Bos taurus taurus* britânico (Angus e Hereford, por

exemplo), são consideradas de pequeno porte e precoces.

Considerando animais de mesmo PC, bovinos de raças de elevado PCmat geralmente têm maiores taxas de ganho de peso e depositam proporcionalmente mais músculo e menos gordura na carcaça em relação a bovinos de raças precoces (Nour et al., 1983; Hassen et al., 1998; Williams et al., 2010). Nesse sentido, diferenças no RC entre os grupos genéticos são observadas quando o momento de abate é determinado pelo grau de acabamento da carcaça, pois animais mais tardios apresentam grau de acabamento desejado com maiores PC e, consequentemente, apresentam maior RC (Camfield et al., 1996; Euclides Filho et al., 1997; Clímaco et al., 2011).

O potencial de produção de carne da raça também pode interferir no RC. Considerando animais de mesmo PC, carcaças de bovinos de raças de corte (Angus, por exemplo) apresentam maior relação tecido mole:osso e proporcionalmente maiores quantidades de gordura que as carcaças de bovinos de raças leiteiras (Holandês, por exemplo; Nour et al., 1981; Nour et al., 1983). Essas diferenças provavelmente ocorrem porque a seleção genética em bovinos leiteiros tem sido focada na produção de leite ao invés da deposição de tecidos. Assim, bovinos de raças que foram geneticamente melhoradas para a produção de carne, em um mesmo PC, apresentam maior RC que aqueles selecionados para a produção de leite (Nour et al., 1981; Bertrand et al., 1983; Nour et al., 1983).

A associação de características desejáveis de duas ou mais raças (heterose) através da utilização de cruzamentos também promove alterações no padrão de crescimento e conformação dos animais quando comparado àqueles das raças puras que os deram origem. Os benefícios do cruzamento entre raças taurinas e zebuínas de corte, vem sendo constantemente relatados na literatura (Fitzhugh et al., 1975; Gray et al., 1978; Williams et al., 2010) e incluem melhores desempenho produtivo e características de carcaça.

Nesse sentido, maior PCarc e, algumas vezes RC, é esperado em animais oriundos de cruzamentos entre raças de corte taurinas e

zebuínas em relação aos de raças zebuínas puras, visto que a presença de raças taurinas no genótipo dos animais cruzados geralmente resulta em maiores taxas de crescimento e deposição de gordura na carcaça (Crouse et al., 1989; Plasse et al., 1995; Yar et al., 2022). Maiores PCarc e EGS têm sido relatados para machos castrados (Oliveira et al., 2011) e fêmeas (Lage et al., 2012) Simental × Nelore e Angus × Nelore em relação aos animais de mesma classe sexual da raça Nelore. Semelhantemente, Amaral et al. (2018) reportaram maiores ganhos de carcaça e EGS para machos Angus × Nelore não castrados em relação àqueles da raça Nelore.

Por outro lado, bovinos cruzados de origem leiteira (Holandês × Zebu) também são comumente criados e destinados a produção de carne no Brasil. No entanto, a presença da raça Holandesa no genótipo dos animais cruzados de origem leiteira (Holandês × Zebu) geralmente resulta em um padrão de crescimento e conformação diferente quando comparado às raças selecionadas para produção de carne e seus cruzamentos. Diversos estudos disponíveis na literatura descrevem menores RC para bovinos mestiços de origem leiteira (Holandês × Zebu) quando comparados a animais de raças selecionadas para produção de carne (Nelore e Angus, por exemplo) e seus cruzamentos (Jorge et al., 1999; Fernandes et al., 2004; Rocha Junior et al., 2010). Contudo, alguns trabalhos não encontraram diferenças entre os RC de bovinos cruzados de origem leiteira (Holandês × Zebu) e aqueles de raças zebuínas de corte (Alves et al., 2004; Costa et al., 2007).

A classe sexual também influencia a taxa de ganho de peso, a composição do ganho e, conseqüentemente, a composição corporal e as características da carcaça (Berg e Butterfield, 1976; Valadares Filho et al., 2016). Machos não castrados tendem a apresentar maior taxa de crescimento, com composição do ganho caracterizada por maior teor de proteína e menos gordura quando comparados a machos castrados e fêmeas, dentro de um mesmo grupo contemporâneo (Berg e Butterfield, 1976; Fortin et al., 1980; Paulino et al., 2009).

Contudo, fêmeas tendem a depositar mais gordura no úbere e nos órgãos internos (Paulino et al., 2009). Além disso, machos

castrados geralmente depositam mais gordura abdominal e renal do que os machos não castrados com PC semelhantes (Paulino et al., 2009). Assim, geralmente observa-se, para animais de mesmo PC, maiores PCarc e, muitas vezes maiores RC, para machos não castrados e menores para fêmeas, sendo que os machos castrados geralmente ocupam uma posição intermediária (Hassen et al., 1998; Vittori et al., 2006; Paulino et al., 2008). Vaz et al. (2010) verificaram que, mesmo em idade jovem, os machos apresentam maior rendimento de carcaça, uma vez que as fêmeas possuem maior peso do trato digestivo.

Peso corporal no momento do abate

O peso do animal no momento do abate é um fator importante na determinação do peso e rendimento de carcaça. O PC tem correlação positiva com o PCarc (Lôbo et al., 2002; Silva et al., 2003; Cruz et al., 2004). Além disso, o RC aumenta linearmente com o aumento do PC ao abate (May et al., 1992; Bruns et al., 2004; Restle et al., 2005). O RC aumenta com o aumento do PC tanto devido à maior deposição de gordura na carcaça quanto porque a proporção de PC que consiste no trato digestivo e seu conteúdo diminuem (Berg e Butterfield, 1976; Waldo et al., 1990; Owens et al., 1993). May et al. (1992), avaliando as características de carcaça de machos Angus × Hereford castrados, abatidos em série de 0 a 196 dias de confinamento, e Arboitte et al. (2004), avaliando as características de carcaça de machos castrados 5/8 Nelore × 3/8 Charolês terminados em confinamento e abatidos com 425, 467 e 510 kg observaram aumento linear no RC e EGS dos animais. Ainda, Restle et al. (2005) observaram uma redução da contribuição dos órgãos internos para o PC ao abate (kg/100 kg PC ao abate) à medida que o PC ao abate de machos 5/8 Nelore × 3/8 Charolês castrados aumentou de 425 para 510 kg.

Entretanto, Hicks et al. (1987) e Bruns et al. (2004) descreveram um comportamento positivo e quadrático da EGS com o aumento do peso de abate. Diferenças quanto a duração dos estudos e, conseqüentemente, quanto à amplitude de PC ao abate avaliados podem ter sido responsáveis pelas diferenças no padrão de deposição de gordura subcutânea da carcaça observados.

Estratégias nutricionais

O tipo de dieta a qual o bovino é submetido pode influenciar o RC (Berg e Butterfield, 1976; Owens et al., 1993). O conteúdo do trato gastrointestinal e o peso relativo dos compartimentos gastrintestinais é maior quando os bovinos ingerem dietas com maiores proporções de volumosos em relação a dietas mais concentradas (ARC, 1980; Owens et al., 1993; Vêras et al., 2001). Além disso, o maior aporte de nutrientes (e energia) obtido quando dietas mais concentradas são ingeridas geralmente resulta em maiores taxas de ganho de peso e de carcaça, maior deposição de gordura na carcaça e maior PCarc (Nour et al., 1983; Oliveira et al., 2009; Marcondes et al., 2011). Diversos estudos demonstraram que o RC aumenta linearmente com o aumento do conteúdo de concentrado da dieta (Gesualdi Júnior et al., 2000; Ribeiro et al., 2001; Leme et al., 2003; Oliveira et al., 2011). Nesse sentido, quanto maior a quantidade de alimentos concentrados na dieta, maior será o RC esperado.

Transporte e manejo

Bovinos de corte são transportados pelo menos uma vez na vida quando são enviados para o abate. Manejo, carga/descarga, mistura de animais, acelerações e vibrações do veículo, exposição a novos ambientes e temperaturas extremas durante o transporte podem causar estresse (Schwartzkopf-Genswein et al., 2016). Como resultado, os animais frequentemente sofrem perda de PC, lesões na carcaça e alteração na qualidade da carne (Bhatt et al., 2021).

No Brasil, a perda de PC pode ser o efeito econômico mais importante, devido a comercialização dos bovinos ser feita com base no PC ou PCarc. Esse efeito geralmente ocorre principalmente devido à privação de alimento e água (Marques et al., 2012), mas também devido ao aumento da transpiração, defecação e micção. Entretanto, Schwartzkopf-Genswein et al. (2016) relataram em uma revisão da literatura que a perda de PC relacionada ao transporte não foi atribuída apenas à perda de enchimento do trato gastrointestinal, mas também à perda de tecidos corporais, que pode exceder 60% das perdas de PC, dependendo da duração do

período de jejum. Jones et al. (1988), avaliando os efeitos do jejum, mistura de animais, transporte e espera, simulando o que o animal seria exposto durante cenários específicos de transporte, concluíram que o principal efeito do jejum e transporte em bovinos de corte foi a perda de PCarc e esvaziamento do trato gastrointestinal, que foi maior para 72 horas em comparação com a jornada de 48 horas de transporte. Ainda, elevada temperatura ambiente, excesso de manejo e manejo aversivo geralmente aumenta a perda de peso de bovinos (Coffey et al., 2001; González et al., 2012; Van Engen e Coetzee, 2018).

O manejo inadequado, especialmente pré-abate, também pode causar hematomas e limitar o bem-estar dos bovinos (Paranhos da Costa et al., 2012; Mendonça et al., 2019). O hematoma pode ser definido como uma lesão tecidual com ruptura de vasos sanguíneos e acúmulo de sangue e soro sob a pele (Strappini et al., 2012), o que geralmente deprecia as carcaças, pois as partes afetadas podem precisar ser descartadas. Os hematomas podem causar perda de carcaça e, conseqüentemente, afetar negativamente o RC e o resultado econômico.

Dois estudos realizados no Uruguai (Huertas et al., 2010; Huertas et al., 2015) constataram que 60% do total de carcaças bovinas avaliadas apresentava pelo menos um hematoma. Além disso, a ocorrência de hematomas nas carcaças resultou em média de remoção de 2,0 e 1,6 kg de carne por lesão nos estudos de Huertas et al. (2010) e Huertas et al. (2015), respectivamente. Contudo, Zanardi et al. (2022) e Strappini et al. (2010) observaram uma prevalência relativamente baixa de hematomas em frigoríficos da Itália e do Chile, onde aproximadamente 20% dos bovinos apresentavam pelo menos um hematoma.

Vários estudos têm sido realizados para avaliar os efeitos do manejo pré-abate (procedimentos de manejo, tipo de veículo e duração do transporte, por exemplo), grupo genético e classe sexual sobre a predisposição à ocorrência de hematomas (Strappini et al., 2010; Mendonça et al., 2016; Bethancourt-Garcia et al., 2019; Mendonça et al., 2019). Os resultados desses estudos indicam que a ocorrência de hematomas em carcaças de bovinos está relacionada à distância percorrida, onde o transporte de bovinos por

longas distâncias resulta em mais hematomas do que a viagem por trajetos mais curtos. Além disso, caminhões com maior capacidade de carga causaram maior número de hematomas graves. Além disso, a ocorrência de hematomas na carcaça foi maior para as fêmeas (vacas, principalmente) quando comparados aos machos, assim como a presença de animais com chifres dentro dos grupos de bovinos transportados aumentou o risco de hematomas.

Limpeza ou toailete

O PCarc que é considerado para cálculo do RC nos frigoríficos comerciais é o peso obtido após ocorrer todo o processo de abate e limpeza ou toailete das carcaças, os quais geralmente variam de um país para outro e/ou de um frigorífico para o outro. Nesse contexto, a pesagem da carcaça quente (PCQ) ou fria (PCF), lavada ou não lavada e com os rins presentes ou ausentes alterará o PCarc obtido. Além disso, a retirada de hematomas, abscessos (decorrentes da vacinação contra febre aftosa, por exemplo) ou excesso de gordura da carcaça pode reduzir o PCarc e, conseqüentemente, o RC.

Em 2014, um levantamento realizado pela ScotConsultoria em frigoríficos de 28 praças brasileiras, descreveu que os valores de RC mais frequentemente observados variaram de 52 a 54% para machos criados a pasto e confinamento, respectivamente; e entre 48% e 49% para vacas e entre 50% e 51% para novilhas criadas a pasto e em confinamento, respectivamente. No entanto, resultados experimentais de abates comparativos, nos quais as carcaças não passaram pelo processo de toailete, muitas vezes descrevem maiores RC, que podem chegar a 60%.

Diferenças entre RC experimental e comercial também podem estar relacionadas ao período de jejum de 12 a 16 h para se obter o PC em jejum (PCJ) em experimentos, enquanto em operações comerciais os produtores geralmente pesam os animais sem a

realização de jejum, registrando o PC cheio dos animais.

As comparações entre valores de RC experimentais e comerciais muitas vezes podem levar à desconfiança dos produtores quanto aos procedimentos de obtenção do RC pelos frigoríficos. Assim, o RC obtido em condições experimentais não deve ser comparado com o observado em condições comerciais sem a realização de ajustes. Nesse sentido, para permitir a comparação entre os dados experimentais e comerciais, seria necessário estabelecer o efeito jejum, da limpeza ou toailete sobre o RC.

Além disso, a eficiência biológica tem sido utilizada atualmente como indicador da eficiência da produção em confinamento. Este indicador é calculado como a quantidade de alimento necessário para produzir 1 ou 15 kg de carcaça (1 arroba). Nesse caso, a eficiência do processo produtivo é calculada *a posteriori*, após o abate dos animais, que não permite ajustes ou modificações durante o ciclo produtivo. Portanto, a estimativa do PCarc a partir do PC de bovinos possibilitaria aos nutricionistas fazer ajustes mais precisos sobre nutrição e manejo durante o ciclo produtivo, bem como, auxiliaria na definição do melhor momento para o abate. Assim, equações lineares e não lineares para prever o PCarc a partir do PC serão propostas a seguir.

ESTIMATIVA DO PESO DE CARCAÇA

Equações lineares

Em um estudo recente, Benedeti et al. (2021) propuseram uma equação para a predição do PCarc de bovinos baseada nas condições de abate, classe sexual, grupo genético e PCJ dos animais. Um banco de dados composto por 1112 animais (Tabela 6.1) abrangendo machos não castrados, machos castrados e fêmeas de diferentes grupos genéticos (Zebu, cruzado de corte e cruzado de leite) e abatidos em duas condições de abate (experimental e comercial) foi usado para desenvolver uma equação de predição do PCarc (Eq. 6.1).

Tabela 6.1 - Estatística descritiva dos dados utilizados para desenvolver o modelo linear para prever o peso da carcaça de bovinos de corte, adaptada de Benedeti et al. (2021)

Item	n	Peso corporal em jejum, kg	Peso de carcaça, kg
Estudos	30		
Animais	1112	429 ± 111	234 ± 67,3
<i>Classe sexual</i>			
Machos não castrados	785	462 ± 95,7	255 ± 59,7
Machos castrados	186	393 ± 107	215 ± 61,4
Fêmeas	141	297 ± 82,2	158 ± 43,4
<i>Grupo genético</i>			
Zebu	776	433 ± 114	235 ± 70,3
Cruzado de corte	164	419 ± 98,3	230 ± 58,0
Cruzado de leite	171	423 ± 108	234 ± 65,2
<i>Procedimento de abate</i>			
Comercial	636	503 ± 68,1**	280 ± 42,6
Experimental	476	374 ± 106	208 ± 65,3

*Experimental = dados de animais abatidos em condições experimentais sem realização de limpeza ou toailete das carcaças; Comercial = dados de animais abatidos em frigorífico comercial.

**Peso corporal em jejum de animais abatidos em frigorífico comercial foi estimado de acordo com Gionbelli et al. (2016); $PCJ = 0,880 \times PC^{1,0175}$.

Os autores encontraram efeito significativo ($P < 0,05$) do procedimento de abate apenas no intercepto e efeitos significativos ($P < 0,05$) de classe sexual, grupo genético e PCJ na inclinação da regressão linear do PCarc; assim, sugeriram a seguinte equação:

$$PCarc \text{ (kg)} = -11,03 + CA + (0,6094 + CS + GG) \times PCJ$$

Eq. 6.1,

onde PCarc = peso da carcaça; CA = condições de abate, se frigorífico comercial = -10,98, se abatedouro experimental = 0; CS = classe sexual, se macho castrado = 0, se macho não castrado = 0,008169 e se fêmea = -0,00612; GG = grupo genético, se Zebu = 0, se cruzado de leite = -0,03301, se cruzado de corte = -0,01595.

Portanto, em um mesmo PCJ, maiores estimativas de PCarc serão observadas para bovinos abatidos em condições experimentais quando comparadas às condições comerciais,

devido à ausência de processo de limpeza ou toailete, que reduzem o PCarc. Além disso, o PCarc estimado será maior para machos não castrados, seguidos de machos castrados e fêmeas, respectivamente, quando considerados animais com o mesmo PCJ. Com relação ao efeito do grupo genético, os animais cruzados de leite e de corte apresentam menores estimativas para o PCarc em relação aos animais Zebu, provavelmente devido ao maior consumo de matéria seca em animais cruzados.

A validação da equação linear para o PCarc foi realizada utilizando um banco de dados independente contendo bovinos abatidos em condições experimental e comercial (Tabela 6.2). O conjunto de dados experimental foi composto por 70 observações, abrangendo apenas machos não castrados de dois grupos genéticos (Zebu e cruzado de corte). O conjunto de dados comercial foi composto por 10 médias de 746 bovinos, abrangendo machos não castrados e fêmeas Zebu e cruzados de corte.

Tabela 6.2 - Estatística descritiva dos dados utilizados para validar o modelo linear (Eq. 6.1) para prever o peso da carcaça de bovinos zebuínos e cruzados de corte, adaptada de Benedeti et al. (2021)

Item	Banco de dados*	
	Experimental	Comercial
Estudos, n	2	-
Animais, n	70	10**
<i>Classe sexual, %</i>		
Machos não castrados	100	92,2
Fêmeas	-	7,77
<i>Grupo genético, %</i>		
Zebu	65,7	79,4
Cruzado de corte	34,3	20,6
Peso corporal em jejum, kg	452 ± 67,4	471 ± 33,6***

*Experimental = dados independentes de animais abatidos em condições experimentais; Comercial = dados independentes de animais abatidos em frigorífico comercial.

**10 médias de 746 animais.

***Peso corporal em jejum de animais abatidos em frigorífico comercial foi estimado de acordo com Gionbelli et al. (2016); $PCJ = 0,880 \times PC^{1,0175}$.

Os PCarc preditos foram comparados com os valores observados utilizando-se o seguinte modelo de regressão: $Y = \beta_0 + \beta_1 \times X$, onde X = valores preditos; Y = valores observados; β_0 e β_1 = intercepto e inclinação, respectivamente. A regressão foi avaliada de acordo com as seguintes hipóteses estatísticas: $H_0: \beta_0 = 0$ e $H_0: \beta_1 = 1$ e $H_a: \text{não } H_0$. Se as hipóteses nulas não forem rejeitadas, pode-se concluir que a equação estima corretamente o PCarc de bovinos confinados. As estimativas também foram avaliadas usando o quadrado médio do erro de predição (QMEP) e seus componentes (Kobayashi & Salam, 2000): $QMEP = SB + MaF + MoF = 1/n \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2$; $SB = (x_i - y_i)^2$; $MaF = (s_x - s_y)^2$; $MoF = 2s_x s_y (1 - r)$; onde x são valores preditos; y são valores observados; QMEP é o quadrado médio do erro de predição; SB é o viés; MoF é o componente relativo ao modelo de flutuação aleatória; MaF é o componente relativo à magnitude da flutuação aleatória; s_x e s_y são os desvios padrão dos valores preditos e observados, respectivamente; e r é a correlação linear de Pearson entre os valores preditos e observados. A eficiência de predição

foi determinada pela estimativa do coeficiente de correlação e concordância ou índice de reprodutibilidade (CCC) descrito por Tedeschi (2006). Todos os cálculos foram obtidos usando o *Model Evaluation System* (MES; Tedeschi, 2006). Para todas as comparações, o nível de 0,05 foi estabelecido como o nível crítico de probabilidade para erro do tipo I. Mais detalhes sobre este estudo podem ser encontrados em Benedeti et al. (2021).

Resumidamente, a análise de validação demonstrou que a equação linear estimou com acurácia e precisão os PCarc de bovinos de corte em condições de abate experimental ou comercial (Tabela 6.3), visto que a hipótese nula de um respectivo intercepto e inclinação igual a 0 e 1 ($P > 0,05$) não foi rejeitada; e o CCC foi próximo de 1 (CCC de 0,979 e 0,961 para condições experimental e comercial, respectivamente). No entanto, a validação comercial apresentou o menor valor de QMEP. A partição do QMEP mostrou que as proporções de SB foram de 12,7 e 78,2%, enquanto as proporções de MaF foram de 0,006 e 8,31% nas avaliações experimental e comercial, respectivamente.

Tabela 6.3 - Média e estatística descritiva para a relação entre o peso de carcaça* observado e predito de zebuínos de corte pelo modelo linear, adaptada de Benedeti et al. (2021)

Item**	Experimental***		Comercial***	
	Observado	Predito	Observado	Predito
Média, kg	268	265	258	264
Desvio padrão, kg	40,4	39,7	23,0	24,8
Máximo, kg	322	327	285	298
Mínimo, kg	105	117	215	217
R	-	0,982	-	0,994
CCC	-	0,979	-	0,961
Regressão				
Intercepto				
Estimativa	-	3,33	-	15,6
Erro padrão	-	6,23	-	9,75
P-valor (H ₀ : a=0)	-	0,595	-	0,148
Inclinação				
Estimativa	-	1,00	-	0,919
Erro padrão	-	0,023	-	0,037
P-valor (H ₀ : b=1)	-	0,943	-	0,058
QMEP	-	65,4	-	44,5
SB	-	8,32	-	34,8
MaF	-	0,004	-	3,68
MoF	-	57,1	-	6,01

*Equação: PCarc (kg) = -11,03 + CA + (0,6094 + CS + GG) × PCJ, R² = 0,98,

**CA = condições de abate, se frigorífico comercial = -10,98, se abatedouro experimental = 0; CS = classe sexual, se macho castrado = 0, se macho não castrado = 0,008169 e se fêmea = -0,00612; GG = grupo genético, se Zebu = 0, se cruzado de leite = -0,03301, se cruzado de corte = -0,01595; PCJ = peso corporal em jejum; R = coeficiente de determinação; CCC = coeficiente de correlação e concordância; QMEP = quadrado médio do erro de predição; SB = viés; MoF = componente relativo ao modelo de flutuação aleatória; MaF é o componente relativo à magnitude da flutuação aleatória.

***Experimental = dados independentes de animais abatidos em condições experimentais; Comercial = dados independentes de animais abatidos em frigorífico comercial.

Assim, embora a avaliação experimental tenha apresentado maior QMEP, ela apresentou o menor SB, indicando que apresentou maior capacidade de simular a variação em torno da média. Tais resultados podem estar relacionados aos diferentes bancos de dados de validação (experimental e comercial). O banco de dados experimental continha apenas machos não castrados, enquanto o comercial continha machos não castrados e fêmeas. Contudo, a equação linear pode ser considerada adequada para estimar o PCarc de bovinos confinados devido à sua boa precisão e exatidão.

Equações não lineares

O PCarc é influenciado por fatores como PC, taxa de ganho de peso, composição do ganho, composição da carcaça e do corpo e a contribuição do tamanho e enchimento do trato gastrointestinal (Berg e Butterfield, 1976; Owens et al., 1993), bem como processos de

limpeza ou toalete específicos de diferentes plantas frigoríficas, os quais deveriam ser levados em conta nas equações preditivas. Benedeti et al. (2021) consideraram com sucesso tais efeitos sobre PCarc ao utilizar, além do PCJ, classe sexual, grupo genético e condições de abate como variáveis preditivas na equação linear descrita na seção anterior. No entanto, a consideração de muitos fatores pode levar à superparametrização da estimativa do PCarc, aumentando a complexidade dos cálculos. Além disso, Benedeti et al (2021) utilizaram um fator de ajuste fixo para tipo de planta de abate na estimativa do PCarc, não levando em consideração as diferenças quanto ao processo de limpeza ou toalete entre diferentes animais e frigoríficos.

A maioria dos fatores (taxa e composição do ganho, composição corporal, enchimento do trato gastrointestinal, etc.) que influenciam o PCarc são correlacionados com

PC e/ ou ganho de PC (Valadares Filho et al., 2016). Ainda, é bem conhecido que a curva de crescimento de bovinos, como PC e deposição de tecidos, tem sido bem descrita por modelos não lineares simples, como equações alométricas (NASEM, 2016; Valadares Filho et al., 2016; Domínguez-Viveros et al., 2020), as quais também poderiam ser usadas para prever o momento ideal de abate. Assim, visando permitir um cálculo mais simples e preciso do PCarc para bovinos de diferentes grupos genéticos e classes sexuais, abatidos em diferentes condições, os autores realizaram um estudo com o objetivo de: 1) desenvolver uma equação não linear para prever o PCarc experimental de bovinos (ePCarc); 2) avaliar a contribuição de cada componente removido durante a limpeza ou toailete para a obtenção do PCarc comercial (cPCarc), bem como

desenvolver uma equação para prever o cPCarc a partir do ePCarc; e 3) avaliar a qualidade de ajuste das equações geradas para prever ePCarc e cPCarc de bovinos de corte.

Peso de carcaça experimental

Uma meta-análise foi realizada usando dados de 19 estudos realizados na Universidade Federal de Viçosa (UFV), totalizando 682 bovinos confinados entre machos não castrados, machos castrados e fêmeas de diferentes grupos genéticos (Zebu, cruzados de corte e cruzados de leite). O banco de dados continha informações individuais sobre PCJ e PCarc de bovinos obtidos em condições experimentais (ePCarc), sem nenhum procedimento de limpeza realizado antes da pesagem da carcaça (Tabela 6.4).

Tabela 6.4 - Estatística descritiva dos dados utilizados para desenvolver o modelo não linear para prever o peso da carcaça experimental de bovinos de corte

Item	n	Peso corporal em jejum, kg	Peso de carcaça, kg
Estudos	19	-	-
Animais	682	380 ± 94,9	221 ± 58,9
<i>Classe sexual</i>			
Macho não castrado	472	401 ± 83,9	237 ± 52,5
Macho castrado	95	368 ± 103,6	204 ± 56,5
Fêmea	115	303 ± 88,9	168 ± 50,3
<i>Grupo genético</i>			
Zebu	477	376 ± 93,3	222 ± 59,2
Cruzado de corte	52	397 ± 105,9	231 ± 65,7
Cruzado de leite	153	388 ± 95,4	214 ± 55

Antes do abate, os animais foram mantidos em jejum por 12 a 16 horas, mas com livre acesso à água. O manejo pré-abate dos animais foi conduzido de acordo com as boas práticas de bem-estar animal no Brasil. O abate experimental foi realizado por insensibilização e corte da jugular para sangria total. Maiores detalhes sobre os procedimentos de abate experimental podem ser obtidos em Silva et al. (2021).

Os dados foram codificados por classe sexual (macho não castrado, macho castrado e fêmea) e grupo genético (Zebu, cruzado de corte e cruzado de leite). Inicialmente, os dados foram testados quanto à normalidade. Em seguida, um modelo misto, incluindo os efeitos fixos de PCJ, grupo genético e classe sexual, e efeito aleatório de estudo foram utilizados para avaliar modelos

lineares e não lineares com ou sem intercepto que melhor se ajustavam à relação entre ePCarc e PCJ com base no critério de informação de Akaike (AIC). Essas análises foram realizadas com o procedimento MIXED do SAS (versão 9.4, Inst. Inc., Cary, NC), e o nível de 0,05 foi estabelecido como o nível crítico de probabilidade para um erro tipo I.

Uma equação não linear com intercepto apresentou o menor AIC para prever ePCarc. Além disso, efeitos significativos ($P < 0,05$) de grupo genético e classe sexual foram observados para o expoente, mas não ($P > 0,05$) para o intercepto do modelo não linear para o ePCarc. Assim, a seguinte equação não linear foi sugerida para estimar o ePCarc:

$$ePCarc \text{ (kg)} = 0,41764 \times PCJ^{\beta 1} \quad \text{Eq. 6.2,}$$

onde ePCarc = peso de carcaça experimental (kg); PCJ = peso corporal em jejum (kg); $\beta 1$ = efeitos de grupo genético e classe sexual, se macho não castrado Zebu = 1,0583, se macho não castrado cruzado de corte = 1,0561, se macho não castrado cruzado de leite = 1,0479,

se macho castrado Zebu = 1,0549, se macho castrado cruzado de corte = 1,0527, se macho castrado cruzado de leite = 1,0445, se fêmea Zebu = 1,0533, se fêmea cruzada de corte = 1,0511, e se fêmea cruzada de leite = 1,0429 (Tabela 6.5).

Tabela 6.5 - Coeficientes para a equação não linear para predição do peso da carcaça experimental (Eq.6.2)

Grupo genético	Classe sexual	$\beta 1$
Zebu	Macho não castrado	1,0583
	Macho castrado	1,0549
	Fêmea	1,0533
Cruzado de corte	Macho não castrado	1,0561
	Macho castrado	1,0527
	Fêmea	1,0511
Cruzado de leite	Macho não castrado	1,0479
	Macho castrado	1,0445
	Fêmea	1,0429

As taxas de ganho de carcaça de acordo com grupo genético e classe sexual podem ser observadas pelo expoente ($\beta 1$) da equação gerada para estimar ePCarc a partir do PCJ. Os expoentes maiores que 1 observados no presente estudo indicaram ganho de carcaça em uma taxa maior que o ganho de peso em jejum (GPJ), independentemente do grupo genético e classe sexual. Contudo, os valores de $\beta 1$ foram maiores para zebuínos e menores para bovinos cruzados de leite, enquanto os cruzados de corte foram intermediários entre os demais grupos genéticos. Esses resultados indicaram que, dentro de cada grupo genético, zebuínos e cruzados de leite apresentaram as maiores e menores proporções de GPJ em tecidos da carcaça, respectivamente, quando comparados aos cruzados de corte.

Ainda, o ePCarc estimado será maior para machos não castrados, seguidos por machos castrados e fêmeas, respectivamente, se considerar animais com PCJ semelhantes dentro de cada grupo genético avaliado. Conforme discutido anteriormente, com PCJ similares, os machos não castrados apresentam maior proporção de proteína e menor deposição de gordura do que machos castrados e fêmeas. Os machos castrados geralmente depositam mais gordura abdominal e renal do que os machos não castrados de PC semelhante. Além disso, fêmeas tendem a depositar mais gordura no úbere e órgãos internos, o que geralmente resulta em

proporcionalmente menor deposição de tecidos da carcaça em relação aos machos não castrados. Portanto, em um mesmo PC, o PCarc é maior nos machos não castrados e menor nas fêmeas, enquanto os machos castrados geralmente apresentam PCarc intermediário.

Esses resultados corroboram com a discussão feita anteriormente, onde: 1) bovinos de corte puros e cruzados de corte, de mesmo PC, costumam apresentar maior PCarc quando comparados aos cruzados de leite; e 2) Em PCJ iguais, o PCarc geralmente é maior em machos não castrados e menor em fêmeas, enquanto os machos castrados geralmente ficam em uma posição intermediária.

Ajuste para o peso de carcaça comercial

Um banco de dados composto por 5 estudos (Alhadas et al., 2021; Andrade, 2021; Lage, não publicado; Matos, não publicado; Pacheco, não publicado; Silva, não publicado) desenvolvido na UFV, totalizando 192 animais abrangendo machos não castrados e fêmeas zebuínos e cruzados de corte foram utilizados para avaliar a contribuição do procedimento de limpeza ou toaleta no PCarc comercial (cPCarc), bem como para desenvolver uma equação para predizer o cPCarc de bovinos de corte (Tabela 6.6) a partir do ePCarc. O abate foi realizado de forma semelhante ao descrito anteriormente para a estimativa de ePCarc. No entanto, todas as carcaças foram pesadas antes

e após o procedimento de limpeza, e o peso de cada constituinte da carcaça removido durante esse processo foi registrado individualmente. Assim, o banco de dados continha informações individuais sobre PCarc antes (ePCarc) e após o procedimento de limpeza (cPCarc), bem como o peso de cada componente da carcaça geralmente removido durante o procedimento comercial de limpeza ou toailete, que foram:

ferida da sangria, ligamento nugal, gânglios linfáticos, medula óssea, ponta do vergalho (quando presente), e a limpeza de excesso de gordura e todas as partes danificadas ou contaminadas (limpeza geral). Ainda, a soma de todos os componentes da carcaça removidos durante o procedimento de limpeza (limpeza total) foi calculada e incluída no conjunto de dados.

Tabela 6.6 - Estatística descritiva dos dados utilizados para desenvolver a equação para estimar o ajuste para o peso da carcaça comercial de bovinos de corte

Item	Banco de dados	Classe sexual		Grupo genético	
		Macho não castrado	Fêmea	Zebu	Cruzado de corte
Estudos, n	5	4	1	4	1
Animais, n	192	170	22	143	49
Peso corporal em jejum, kg	422 ± 85,5	424 ± 88,3	412 ± 60,1	400 ± 74,0	488 ± 83,6
Peso da carcaça antes da limpeza, kg	252 ± 52,4	254 ± 53,7	237 ± 38,3	238 ± 45,2	292 ± 51,4
Peso da carcaça após a limpeza, kg	237 ± 49,8	239 ± 51,2	222 ± 34,7	223 ± 41,8	279 ± 48,6
<i>Componentes da Limpeza</i>					
Ferida da sangria; kg	2,26 ± 1,162	2,22 ± 1,206	1,58 ± 0,669	2,59 ± 1,126	1,31 ± 0,613
Ligamento nugal, kg	0,63 ± 0,233	0,66 ± 0,233	0,44 ± 0,097	0,72 ± 0,193	0,37 ± 0,114
Gânglios linfáticos, kg	0,95 ± 0,510	0,95 ± 0,527	0,90 ± 0,360	1,12 ± 0,480	0,45 ± 0,122
Medula óssea, kg	0,34 ± 0,136	0,34 ± 0,141	0,32 ± 0,088	0,38 ± 0,126	0,22 ± 0,086
Ponta do vergalho, kg	0,48 ± 0,400	0,48 ± 0,400	-	0,51 ± 0,460	0,42 ± 0,161
Limpeza geral*, kg	9,62 ± 3,488	9,49 ± 3,442	10,6 ± 3,76	9,35 ± 3,707	10,4 ± 2,63
Limpeza total, kg	14,2 ± 4,33	14,1 ± 4,34	14,8 ± 4,31	14,6 ± 4,63	13,2 ± 3,10

*Remoção do excesso de gordura e todas as partes danificadas ou contaminadas.

Os dados foram codificados por grupo genético (Zebu e cruzados de corte) e classe sexual (macho não castrado e fêmea). Inicialmente, os dados foram testados quanto à normalidade. Posteriormente, os efeitos fixos de grupo genético e classe sexual sobre a limpeza total (kg) foram testados usando um modelo misto, considerando a variação aleatória entre os estudos. Em seguida, um modelo misto incluindo os efeitos fixos de grupo genético e classe sexual e o efeito aleatório de estudo foram utilizados para avaliar modelos lineares (Eq. 6.1) e não lineares (Eq. 6.4) com ou sem intercepto, que melhor se ajustavam à relação entre cPCarc e ePCarc com base no critério de informação de Akaike (AIC). Essas análises foram realizadas com o procedimento MIXED do SAS (versão 9.4, Inst. Inc., Cary, NC), e o nível de 0,05 foi estabelecido como o nível crítico de probabilidade para um erro tipo I.

Não foram observados efeitos de grupo genético ou classe sexual (P>0,05) na limpeza

total (kg). Além disso, uma equação linear sem intercepto apresentou o menor valor de AIC para predizer o cPCarc a partir do ePCarc. Ainda, nenhum efeito de grupo genético ou classe sexual foi observado (P>0,05) para a inclinação da equação. Assim, a equação desenvolvida para estimar cPCarc foi:

$$cPCarc \text{ (kg)} = 0,9391 \times ePCarc \quad \text{Eq.6.3,}$$

onde cPCarc = peso de carcaça comercial (kg) e ePCarc = peso de carcaça experimental (kg).

Assim, após substituir o ePCarc na Eq.6.3, o cPCarc pode ser calculado da seguinte forma:

$$cPCarc \text{ (kg)} = 0,9391 \times (0,41764 \times PCJ^{\beta 1}) \quad \text{Eq.6.4}$$

onde cPCarc = peso de carcaça comercial (kg); PCJ = peso corporal em jejum (kg); $\beta 1$ = apresentado na Tabela 6.5.

A equação resultante para o cPCarc corrobora com os resultados observados para a limpeza ou toailete descritos, onde nenhum

efeito de grupo genético ou classe sexual foi observado para limpeza total e inclinação da equação do cPCarc. Embora possam ser observadas diferenças numéricas de algum componente individual da carcaça removido durante o procedimento de limpeza, machos não castrados e fêmeas zebuínas, e cruzados de corte apresentaram uma contribuição semelhante da limpeza total sobre o cPCarc (14,2 kg, em média).

Validação da equação de predição do peso da carcaça comercial

Um banco de dados independente contendo bovinos abatidos em condições experimental e comercial foi utilizado para

validar a equação de cPCarc (Tabela 6.7). O conjunto de dados experimental foi composto por 1196 observações de 10 estudos, abrangendo machos não castrados e fêmeas zebuínas, e cruzados de corte. Neste caso, foi realizada a retirada dos mesmos componentes da carcaça descritos para o procedimento de limpeza descritos na seção anterior para obtenção dos valores de cPCarc observados na condição experimental. O conjunto de dados comercial foi composto por 30 médias de 1.431 bovinos, abrangendo machos não castrados, machos castrados e fêmeas zebuínas e cruzados de corte. O banco de dados usado na análise de validação não foi incluído no conjunto de dados usado para ajustar a equação testada.

Tabela 6.7 - Estatística descritiva dos dados utilizados para validar o modelo não linear para predição do peso da carcaça comercial de bovinos de corte

Item	Banco de dados	
	Experimental	Comercial
Estudos, n	10	-
Animais, n	1196	1431
<i>Classe sexual, %</i>		
Macho não castrado	99,0	70,4
Macho castrado	-	4,19
Fêmea	1,00	25,4
<i>Grupo genético, %</i>		
Zebu	90,7	47,9
Cruzado de corte	9,32	52,1
Peso corporal em jejum, kg	488 ± 53,5	454 ± 52,5

As análises de validação foram realizadas conforme descrito para a avaliação da Eq.6.1.

A análise de validação demonstrou que a Eq.6.4 estimou com acurácia e precisão o cPCarc, pois a hipótese nula de um respectivo intercepto e inclinação igual a 0 e 1 não foi rejeitada ($P > 0,05$) e os valores de R e CCC foram próximos de 1 para ambos os bancos de dados experimental e comercial (Tabela 6.8; Figura 6.1).

No entanto, uma qualidade superior de ajuste foi observada quando o cPCarc foi avaliado com o conjunto de dados experimental, que apresentou os maiores valores de R^2 e CCC e o menor QMEP. Além disso, o desmembramento do QMEP mostrou que as proporções de SB foram de 0,01 e 18,3%, enquanto as proporções de MoF foram de 99,8 e 67,9% nas comparações dos bancos de dados experimental e comercial, respectivamente.

Tabela 6.8 - Média e estatística descritiva para a relação entre peso de carcaça comercial observado e predito de bovinos de corte pelo modelo não linear

Item*	Procedimento de abate			
	Experimental		Comercial	
	Observado	Predito	Observado	Predito
Média, kg	275	274	254	250
Desvio padrão, kg	33,6	32,8	20,6	21,1
Máximo, kg	378	373	278	291
Mínimo, kg	138	138	215	205
R ²	-	0,94	-	0,89
CCC	-	0,97	-	0,92
<i>Regressão</i>				
Intercepto				
Estimativa	-	1,64	-	23,7
Erro padrão	-	1,922	-	15,23
P-valor	-	0,394	-	0,131
Inclinação				
Estimativa	-	0,99	-	0,92
Erro padrão	-	0,007	-	0,061
P-valor	-	0,424	-	0,212
QMEP	-	64,8	-	65,4
SB	-	0,01	-	18,3
MaF	-	0,03	-	2,59
MoF	-	64,7	-	44,4

*R² = coeficiente de determinação; CCC = coeficiente de correlação e concordância; QMEP = quadrado médio do erro de predição; SB = viés; MoF = componente relativo ao modelo de flutuação aleatória; MaF = componente relativo à magnitude da flutuação aleatória.

O maior R² e CCC e o menor QMEP indicaram uma precisão e reprodutibilidade superiores na avaliação experimental. Além disso, os erros de predição para cPCarc foram menos associados com a tendência central (SB) em condições experimentais do que

comerciais. Ou seja, os erros de predição para cPCarc em condições experimentais apresentaram uma proporção menor associada ao modelo do que aqueles para condições comerciais.

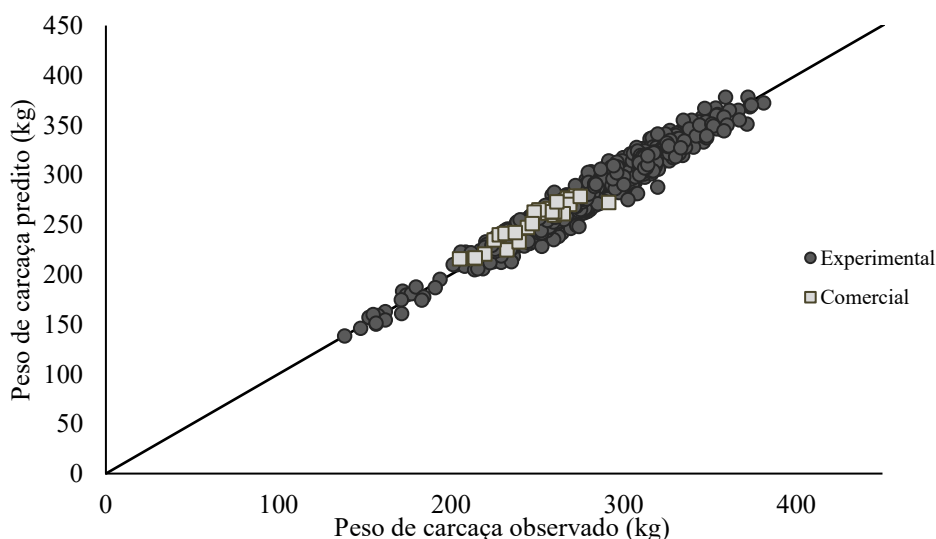


Figura 6.1 - Relação entre o peso de carcaça comercial observado e predito de bovinos de corte pelo modelo não linear.

A qualidade do ajuste das equações pode ser reduzida quando elas são aplicadas para estimar variáveis em condições diferentes daquelas usadas para gerar a equação. Embora a equação tenha sido proposta para prever o cPCarc, todos os dados usados para gerar esta equação foram obtidos em condições experimentais, nas quais o procedimento de limpeza geralmente realizado em frigoríficos comerciais foi reproduzido para estimar o cPCarc a partir do ePCarc. Além disso, os animais não foram transportados, visto que o abatedouro estava localizado próximo ao confinamento experimental. Conforme discutido anteriormente, existem diferenças nos procedimentos de limpeza realizados nos diferentes frigoríficos, o que pode afetar o PCarc obtido. Diferentemente do procedimento de limpeza realizado no presente estudo, o cupim também pode ser retirado durante a limpeza de alguns frigoríficos, por exemplo. Além disso, o transporte de bovinos para frigoríficos comerciais pode levar a perdas de carcaça por lesões e/ou jejum, cuja incidência e/ou severidade parecem ser dependentes da distância percorrida, tipo de veículo, grupo genético e classe sexual do animal (Schwartzkopf-Genswein et al., 2016). Assim, variações no procedimento específico de manejo e limpeza realizado nos animais do banco de dados comercial e no banco de dados utilizado para gerar a equação podem ter contribuído para menor qualidade do ajuste ao se estimar o cPCarc em condições comerciais.

Além disso, o banco de dados experimental continha machos não castrados

(99%) e fêmeas (1,00%), enquanto o comercial continha machos não castrados (70,4%), machos castrados (4,20%) e fêmeas (25,4%). Ainda, o banco de dados experimental utilizado na validação foi composto majoritariamente por bovinos Zebu (90,7%), enquanto a maioria dos bovinos do banco de dados comercial foram cruzados de corte (52,1%). Isso também pode explicar a melhor qualidade de ajuste da validação realizada com o banco de dados experimental, uma vez que machos não castrados e zebuínos representaram 88,5 e 74,5%, respectivamente, dos dados utilizados para desenvolver a equação de cPCarc proposta. Ademais, o banco de dados utilizado para gerar a equação de cPCarc não continha machos castrados. Contudo, a equação proposta pode ser considerada adequada para estimar cPCarc devido à sua boa precisão e acurácia em condições experimentais e comerciais.

ESTIMAÇÃO DA ESPESSURA DE GORDURA SUBCUTÂNEA

Assis (2021) propôs uma equação para estimar a EGS de bovinos de corte. Para isso, foi realizada uma meta-análise com dados de 744 bovinos de 21 estudos abrangendo machos não castrados, machos castrados e fêmeas de diferentes grupos genéticos (Zebu, cruzado de corte e cruzado de leite), abatidos em condições experimentais e comerciais (Tabela 6.9). O banco de dados continha informações individuais sobre PCJ, PCarc, EGS medida entre a 12^a e 13^a costelas e ganho médio diário (GMD) durante a fase de terminação.

Tabela 6.9 - Estatística descritiva dos dados usados para desenvolver modelo para prever a espessura de gordura subcutânea de bovinos de corte

Item	n	Peso de carcaça (kg)	Ganho médio diário (kg/dia)	Espessura de gordura subcutânea (mm)
Estudos	21	-	-	-
Animais	744	248 ± 64,0	1,10 ± 0,413	4,04 ± 2,073
<i>Classe sexual</i>				
Macho não castrado	571	265 ± 53,9	1,18 ± 0,367	4,06 ± 1,949
Macho castrado	95	217 ± 64,4	0,80 ± 0,370	4,12 ± 2,442
Fêmea	78	162 ± 47,6	0,86 ± 0,532	3,73 ± 2,441
<i>Grupo genético</i>				
Zebu	589	257 ± 63,8	1,08 ± 0,398	4,27 ± 1,983
Cruzado de corte	41	209 ± 43,2	1,42 ± 0,331	5,16 ± 2,409
Cruzado de leite	114	219 ± 57,7	1,15 ± 0,463	2,47 ± 1,583
<i>Condição de abate</i>				
Comercial	342	288 ± 39,8	1,17 ± 0,361	4,88 ± 1,761
Experimental	402	215 ± 61,6	1,04 ± 0,453	3,32 ± 2,049

Assim, um modelo misto incluindo os efeitos fixos de grupo genético, classe sexual e condição de abate (comercial ou experimental) e efeito aleatório de estudo foi testado para desenvolver a equação de EGS. A estrutura do componente de variância foi selecionada para determinar o modelo com melhor ajuste com base no AIC. Essas análises foram realizadas com o procedimento MIXED do SAS (versão 9.4, Inst. Inc., Cary, NC), e o nível de 0,05 foi estabelecido como o nível crítico de probabilidade para um erro tipo I. Mais detalhes sobre este estudo podem ser encontrados em Assis (2021).

Uma equação linear com intercepto apresentou o menor valor de AIC (AIC = 2840) para prever a EGS a partir do GMD e PCarc. Além disso, não foram observados efeitos de grupo genético, classe sexual ou condição de abate ($P > 0,05$) sobre o intercepto ou sobre o coeficiente associado à variável preditiva GMD. No entanto, interações entre grupo genético e classe sexual foram observadas para o coeficiente associado à variável PCarc. Assim, Assis (2021) sugeriu a seguinte equação para prever a EGS:

$$EGS \text{ (mm)} = -2,37 + 0,709 \times GMD + PCarc \times G$$

$$(R^2 = 0,49, RMSE = 1,67)$$

Eq.6.5,

onde EGS = espessura de gordura subcutânea (mm), GMD = ganho médio diário (kg/dia),

PCarc = peso de carcaça (kg), e G = interação entre os efeitos de grupo genético e classe sexual (se macho não castrado Zebu = 0,0238, se macho castrado Zebu = 0,03043, se fêmea Zebu = 0,03545, se macho não castrado cruzado de corte = 0,02705, se macho castrado cruzado de corte = 0,03368, se fêmea cruzada de corte = 0,03871, se macho não castrado cruzado de leite = 0,01770, se macho castrado cruzado de leite = 0,02433 e se fêmea cruzada de leite = 0,02935).

O modelo proposto é ajustado para o efeito de interação entre grupo genético e classe sexual, bem como para o efeito de taxa de ganho; portanto, a equação proposta considerou indiretamente os efeitos do nível de consumo e do tipo de dieta sobre o PCarc e EGS de bovinos. A variável GMD foi responsável pela maior parte da variação da EGS.

Validação da equação de predição da espessura de gordura subcutânea

Brasileiro (2023) avaliou a qualidade de ajuste da equação de predição da EGS proposta por Assis (2021). O banco de dados de validação foi composto por 43 médias de tratamentos oriundas de 16 trabalhos publicados na literatura (Tabela 6.10). O banco de dados usado na validação não foi incluído no banco de dados usado para ajustar a equação de predição da EGS.

Tabela 6.10 - Estatística descritiva dos dados utilizados para validar o modelo de predição da espessura de gordura de bovinos de corte descrito pela Eq.6.5

Item	n	Peso de carcaça, kg	Ganho médio diário, kg/d
Estudos	16	-	-
Animais	1142	278 ± 30,2	1,36 ± 0,248
<i>Classe sexual</i>			
Machos não castrados	1051	284 ± 24,5	1,38 ± 0,219
Machos castrados	91	237 ± 40,8	1,21 ± 0,407
<i>Grupo genético</i>			
Zebu	939	276 ± 29,5	1,34 ± 0,249
Cruzado de corte	203	287 ± 34,9	1,49 ± 0,212

A análise de validação foi realizada conforme descrito nas seções anteriores deste capítulo. A Eq. 6.5, proposta por Assis (2021), estimou acuradamente a EGS de bovinos de corte (Tabela 6.11; Figura 6.2), pois a hipótese nula de um respectivo intercepto e inclinação igual a 0 e 1 ($P > 0,05$) não foi rejeitada; e

apresentou alto CCC (CCC = 0,76). Ainda, os erros de predição a EGS foram majoritariamente (mais de 71% do QMEP) associados aos erros aleatórios (MoF), em vez da tendência central (SB) e devido à regressão linear ou viés sistemático (MaF).

Tabela 6.11 - Média e estatística descritiva para a relação entre a espessura de gordura subcutânea observada e predita de bovinos de corte

Item*	Espessura de gordura subcutânea	
	Observado	Predito
Média, kg	5,18	5,53
Desvio padrão, kg	0,98	0,903
Máximo, kg	7,55	7,61
Mínimo, kg	3,04	3,49
R ²	-	0,65
CCC	-	0,76
<i>Regressão</i>		
Intercepto		
Estimativa	-	0,29
Erro padrão	-	0,556
P-valor	-	0,610
Inclinação		
Estimativa	-	0,89
Erro padrão	-	0,099
P-valor	-	0,256
QMEP	-	0,45
SB	-	0,12
MaF	-	0,01
MoF	-	0,32

*R² = coeficiente de determinação; CCC = coeficiente de correlação e concordância; QMEP = quadrado médio do erro de predição; SB = viés; MoF = componente relativo ao modelo de flutuação aleatória; MaF = componente relativo à magnitude da flutuação aleatória.

A equação proposta por Assis (2021), Eq.6.5, estimou com acurácia e precisão e, portanto, é recomendada para estimar a EGS de machos não castrados e castrados zebuínos e cruzados de corte. A equação de EGS pode contribuir para a tomada de decisão na pecuária

de corte, permitindo a produção de carcaças mais homogêneas. Contudo, mais estudos devem ser realizados para avaliar a qualidade de ajuste para prever a EGS de outras categorias de bovinos, como machos cruzados de leite e fêmeas zebuínas e cruzadas de corte.

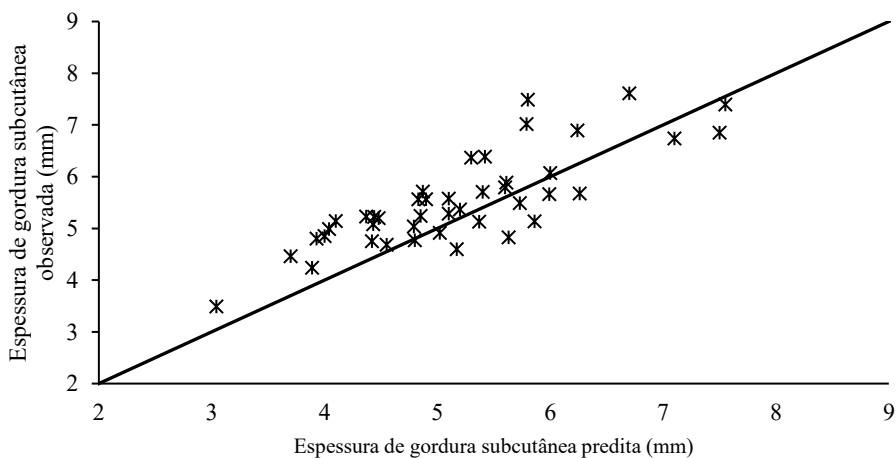


Figura 6.2 - Relação entre a espessura de gordura subcutânea observada e predita de bovinos de corte.

PERDA DE PESO DURANTE O TRANSPORTE

Andrade (2021) avaliou os efeitos do transporte sobre a perda de peso total (kg) e a taxa (kg/h) de perda de peso corporal, bem como a taxa fracional de perda de peso corporal (% peso corporal/h) de bovinos de corte em condições brasileiras. Para isso, foram utilizados 20 machos Nelore não

castrados em crescimento. Resumidamente, todos os animais foram pesados (peso antes do transporte), transportados por 8,45 h em um caminhão comercial de bovinos por 320,9 km e pesados imediatamente após o término do transporte (peso após o transporte). Em seguida, foram calculadas a perda de peso total (kg), a perda de peso em função da duração do transporte (kg/h) e a taxa fracional de perda de peso (% PC/h; Tabela 6.12).

Tabela 6.12 - Perda de peso de bovinos de corte durante o transporte no Brasil, adaptada de Andrade (2020)

Peso corporal (PC)		Perda de peso		
Antes do transporte (kg)	Depois do transporte (kg)	kg	kg/h	% PC/h
274	261	13,0	1,54	0,56
272	265	7,00	0,83	0,31
255	244	11,0	1,3	0,51
250	235	15,0	1,78	0,71
236	229	7,50	0,89	0,38
265	253	12,0	1,42	0,54
273	259	14,0	1,66	0,61
265	250	15,0	1,78	0,67
246	234	12,0	1,42	0,58
241	227	14,0	1,66	0,69
300	283	17,0	2,01	0,67
297	280	17,0	2,01	0,68
252	243	9,00	1,07	0,42
233	221	12,0	1,42	0,61
245	229	16,0	1,89	0,77
302	287	15,0	1,78	0,59
250	239	11,0	1,3	0,52
278	263	15,0	1,78	0,64
230	225	5,00	0,59	0,26
235	223	12,0	1,42	0,60
Média		12,5	1,48	0,57

Em média, a perda de peso experimentada pelos animais foi de: 12,5 kg, 1,48 kg/h e 0,57 % PC/h. Considerando a duração total do transporte (8,45 h), os machos Nelore não castrados em crescimento do estudo de Andrade (2021) perderam aproximadamente 4,80 % PC, em média.

Schwartzkopf-Genswein e Grandin (2019) resumiram estudos realizados na América do Norte, avaliando os efeitos do transporte sobre a produtividade e saúde de bovinos. Os autores relataram que durações de transporte entre 2 e 48 horas resultaram em valores de perda de peso entre 0 e 8% PC. Muitos fatores, como categoria animal, manejo durante embarque e desembarque,

experiência e treinamento dos motoristas, densidade do transporte, condições ambientais e do veículo e distância e duração do transporte foram associados à severidade da perda de peso.

González et al. (2012), avaliando os fatores que afetam a redução do peso de bovinos durante o transporte, relataram perda de PC de 4,90 a 7,94 % PC em bovinos (bezerros, em crescimento, em terminação e descarte) transportados por longas distâncias (> 400 km) durante 11,6 a 14,9 h no Canadá. Ainda, os autores descobriram que bezerros, bovinos em crescimento e de descarte, bem como bovinos embarcados durante a tarde e início da noite, parecem ser mais afetados pelo transporte do que bovinos em terminação e

carregados durante a noite e pela manhã, respectivamente, devido ao maior jejum.

Além disso, perda de peso de 4,6; 6,5 e 7,0% do PC foram observadas em machos castrados transportados por 5, 10 e 15 h, respectivamente (Warriss et al., 1995). Estudos realizados no Chile corroboram com os resultados descritos anteriormente, onde foram relatadas perdas de peso de cerca de 3,5 e 12,5 % PC em bezerras de corte desmamadas, transportados durante viagens curtas (3 h) e longas (63 h), respectivamente (Werner et al., 2013; Bravo et al., 2018).

Assim, os bovinos estarão sujeitos a perda peso quando forem transportados, porém, a taxa de perda de peso (% PC/h) durante o transporte parece ser variável, em que a maior proporção de perda de PC ocorrerá nas primeiras horas de privação de alimentação e água (Knowles et al., 1999; Coffey et al., 2001). As taxas de perda de peso calculadas por Warriss et al. (1995) foram de 0,92, 0,65 e 0,46 % PC/h para machos castrados transportados por 5, 10 e 15 h, respectivamente, enquanto Andrade (2021) descreveu uma taxa média de perda 0,57 % PC/h para machos Nelore não castrados que viajaram por 8,45 h.

Estudos avaliando os efeitos do transporte sobre o desempenho produtivo (principalmente a perda de PC) de bovinos de corte em condições brasileiras são escassos. No entanto, os resultados de Andrade (2021) parecem corroborar com a discussão realizada anteriormente ao longo deste capítulo. Entretanto, deve-se ter cautela ao considerar os resultados aqui apresentados, pois a perda de peso de bovinos devido ao transporte depende de muitos fatores, como categoria animal, manejo e condições ambientais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As equações apresentadas no presente capítulo estimaram corretamente e, portanto, são recomendadas para estimar o PCarc e a EGS de bovinos de corte. Espera-se que essas equações contribuam para a produção de carcaças mais homogêneas e auxiliem na tomada de decisão no sistema de produção de bovinos de corte.

SUMÁRIO DAS EQUAÇÕES E ESTIMATIVAS

As equações descritas abaixo são recomendadas para predição do PCarc e EGS de bovinos de corte.

Peso de carcaça:

Equação linear

$$\text{PCarc (kg)} = -11,03 + \text{CA} + (0,6094 + \text{CS} + \text{GG}) \times \text{PCJ}$$

Eq. 6.1,

onde PCarc = peso da carcaça; CA = condições de abate, se frigorífico comercial = -10,98, se abatedouro experimental = 0; CS = classe sexual, se macho castrado = 0, se macho não castrado = 0,008169 e se fêmea = -0,00612; GG = grupo genético, se Zebu = 0, se cruzado de leite = -0,03301, se cruzado de corte = -0,01595.

Equação não linear

$$\text{cPCarc (kg)} = 0,9391 \times (0,41764 \times \text{PCJ}^{\beta 1})$$

Eq. 6.4,

onde cPCarc = peso de carcaça comercial (kg); PCJ = peso corporal em jejum (kg); $\beta 1$ = efeitos de grupo genético e classe sexual, se macho não castrado Zebu = 1,0583, se macho não castrado cruzado de corte = 1,0561, se macho não castrado cruzado de leite = 1,0479, se macho castrado Zebu = 1,0549, se macho castrado cruzado de corte = 1,0527, se macho castrado cruzado de leite = 1,0445, se fêmea Zebu = 1,0533, se fêmea cruzada de corte = 1,0511, e se fêmea cruzada de leite = 1,0429.

Espessura de gordura subcutânea:

$$\text{EGS (mm)} = -2,37 + 0,709 \times \text{GMD} + \text{PCarc} \times \text{G}$$

Eq.6.5,

onde EGS = espessura de gordura subcutânea (mm), GMD = ganho médio diário (kg/d), PCarc = peso de carcaça (kg), e G = interação entre os efeitos de grupo genético e classe sexual (se macho não castrado Zebu = 0,0238, se macho castrado Zebu = 0,03043, se fêmea Zebu = 0,03545, se macho não castrado cruzado de corte = 0,02705, se macho castrado cruzado de corte = 0,03368, fêmea cruzada de corte = 0,03871, se macho não castrado cruzado de leite = 0,01770, se macho castrado cruzado de leite = 0,02433 e se fêmea cruzada de leite = 0,02935).

Nas Tabelas 6.13 (equação PCarc linear, Eq.6.1), 6.14 (equação PCarc não linear, Eq.6.4) e 6.15 (equação EGS, Eq.6.5), são apresentadas estimativas do PCarc e EGS de bovinos Zebu, cruzados de corte e cruzados de leite de diferentes classes sexuais, abatidos em condições experimentais e comerciais.

Tabela 6.13 - Estimativas de peso de carcaça¹ de bovinos de corte de diferentes pesos corporais em jejum (PCJ), a partir da Eq. 6.1, Benedeti et al. (2021)

Item	Experimental ²			Comercial ²		
	Zebu	Cruzado de corte	Cruzado de leite	Zebu	Cruzado de corte	Cruzado de leite
350 kg de PCJ						
Fêmea, kg	200	195	189	189	184	178
Macho castrado, kg	202	197	191	191	186	180
Macho não castrado, kg	205	200	194	194	189	183
450 kg de PCJ						
Fêmea, kg	260	253	246	249	242	235
Macho castrado, kg	263	256	248	252	245	237
Macho não castrado, kg	267	260	252	256	249	241
550 kg de PCJ						
Fêmea, kg	321	312	303	310	301	292
Macho castrado, kg	324	315	306	313	304	295
Macho não castrado, kg	329	320	310	318	309	299

¹PCarc (kg) = -11,03 + CA + (0,6094 + CS + GG) × PCJ; onde PCarc = peso da carcaça; CA = condições de abate, se frigorífico comercial = -10,98, se abatedouro experimental = 0; CS = classe sexual, se macho castrado = 0, se macho não castrado = 0,008169 e se fêmea = -0,00612; GG = grupo genético, se Zebu = 0, se cruzado de leite = -0,03301, se cruzado de corte = -0,01595; PCJ = peso corporal em jejum.

²Experimental = dados independentes de animais abatidos em condições experimentais; Comercial = dados independentes de animais abatidos em frigorífico comercial.

Tabela 6.14 - Estimativas de peso de carcaça¹ de bovinos de corte de diferentes pesos corporais em jejum (PCJ), a partir das Eq. 6.2 e 6.3

Item	Experimental ²			Comercial ²		
	Zebu	Cruzado de corte	Cruzado de leite	Zebu	Cruzado de corte	Cruzado de leite
350 kg de PCJ						
Fêmea, kg	200	197	188	188	185	176
Macho castrado, kg	202	199	190	189	187	178
Macho não castrado, kg	206	203	194	193	191	182
450 kg de PCJ						
Fêmea, kg	260	257	244	244	241	229
Macho castrado, kg	263	259	247	247	244	232
Macho não castrado, kg	268	265	252	252	249	236
550 kg de PCJ						
Fêmea, kg	322	317	301	302	298	283
Macho castrado, kg	325	320	304	305	301	286
Macho não castrado, kg	332	327	311	312	307	292

¹cPCarc (kg) = 0,9391 × (0,41764 × PCJ^{β1}); onde cPCarc = peso de carcaça comercial (kg); PCJ = peso corporal em jejum (kg); β1 = efeitos de grupo genético e classe sexual, se macho não castrado Zebu = 1,0583, se macho não castrado cruzado de corte = 1,0561, se macho não castrado cruzado de leite = 1,0479, se macho castrado Zebu = 1,0549, se macho castrado cruzado de corte = 1,0527, se macho castrado cruzado de leite = 1,0445, se fêmea Zebu = 1,0533, se fêmea cruzada de corte = 1,0511, e se fêmea cruzada de leite = 1,0429.

²cPCarc = 0,9391 × ePCarc, onde cPCarc = Peso de carcaça comercial (kg).

Tabela 6.15 - Estimativas da espessura de gordura subcutânea¹ de bovinos de corte com diferentes pesos de carcaça (cPCarc) e ganho médio diário (GMD), a partir da Eq. 6.5

Item	Zebu			Cruzado de corte			Cruzado de leite		
	200	260	320	200	260	320	200	260	320
0,5 kg de GMD									
Fêmea, mm	5,07	7,20	9,33	5,73	8,05	10,37	3,85	5,62	7,38
Macho castrado, mm	4,07	5,90	7,72	4,72	6,74	8,76	2,85	4,31	5,77
Macho não castrado, mm	2,74	4,17	5,60	3,39	5,02	6,64	1,52	2,59	3,65
1,0 kg de GMD									
Fêmea, mm	5,43	7,56	9,68	6,08	8,40	10,73	4,21	5,97	7,73
Macho castrado, mm	4,43	6,25	8,08	5,08	7,10	9,12	3,21	4,66	6,12
Macho não castrado, mm	3,10	4,53	5,96	3,75	5,37	7,00	1,88	2,94	4,00
1,5 kg de GMD									
Fêmea, mm	5,78	7,91	10,04	6,44	8,76	11,08	4,56	6,32	8,09
Macho castrado, mm	4,78	6,61	8,43	5,43	7,45	9,47	3,56	5,02	6,48
Macho não castrado, mm	3,45	4,88	6,31	4,10	5,73	7,35	2,23	3,30	4,36

¹ EGS (mm) = $-2,37 + 0,709 \times \text{GMD} + \text{PCarc} \times \text{G}$; onde EGS = espessura de gordura subcutânea (mm), GMD = ganho médio diário (kg/d), PCarc = peso de carcaça (kg), e G = interação entre os efeitos de grupo genético e classe sexual (se macho não castrado Zebu = 0,0238, se macho castrado Zebu = 0,03043, se fêmea Zebu = 0,03545, se macho não castrado cruzado de corte = 0,02705, se macho castrado cruzado de corte = 0,03368, fêmea cruzada de corte = 0,03871, se macho não castrado cruzado de leite = 0,01770, se macho castrado cruzado de leite = 0,02433 e se fêmea cruzada de leite = 0,02935).

REFERÊNCIAS

- Abraham, H. C., Z. L. Carpenter, G. T. King, and O. D. Butler. 1968. Relationships of carcass weight, conformation and carcass measurements and their use in predicting beef carcass cutability. *J Anim Sci.* 27:604–610. doi:0.2527/jas1968.273604x.
- Agricultural Research Council. *The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock*. 1980. Commonwealth Agricultural Bureau. The Gresham Press, London.
- Alves, D. D., M. F. Paulino, A. A. Backes, S. de C. Valadares Filho, and L. N. Rennó. 2004. Características de carcaça de bovinos zebu e cruzados holandês-zebu (F1) nas fases de recria e terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia.* 33:1274–1284. doi:10.1590/S1516-35982004000500020.
- Amaral, P. M., L. D. S. Mariz, D. Zanetti, L. F. Prados, M. I. Marcondes, S. A. Santos, E. Detmann, A. P. Faciola, and S. C. Valadares Filho. 2018. Effect of dietary protein content on performance, feed efficiency and carcass traits of feedlot Nelore and Angus × Nelore cross cattle at different growth stages. *Journal of Agricultural Science.* 156:110–117. doi:10.1017/S0021859617000958.
- Andrade, D. R. de. 2021. *Desempenho e exigências nutricionais de bovinos alimentados com dietas contendo diferentes blends vitamínicos*. Available from: <https://locus.ufv.br/handle/123456789/28052>
- Arboitte, M. Z., J. Restle, D. C. Alves Filho, L. L. Pascoal, P. S. Pacheco, and D. C. Socal. 2004. Características da carcaça de novilhos 5/8 Nelore-3/8 Charolês abatidos em diferentes estádios de desenvolvimento. *Revista Brasileira de Zootecnia.* 33:969–977. doi:10.1590/S1516-35982004000400017.
- Assis, G. J. de F. 2021. *Análise de imagens na caracterização biométrica e avaliação da carcaça de bovinos*. Tese (Doutorado) Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.
- Benedeti, P. D. B., S. C. Valadares Filho, M. L. Chizzotti, M. I. Marcondes, and F. A. de S. Silva. 2021. Development of equations to predict carcass weight, empty body gain, and retained energy of Zebu beef cattle. *Animal.* 15. doi:10.1016/j.animal.2020.100028.
- Berg, R. T., and R. M. Butterfield. 1976. *New concepts of cattle growth*. Macarthur Press, Sydney.

- Bertrand, J. K., R. L. Willham, and P. J. Berger. 1983. Beef, Dairy and Beef × Dairy Carcass Characteristics. *Journal Animal Science*. 57:1440–1448. doi:10.2527/jas1983.5761440x.
- Bethancourt-Garcia, J. A., R. Z. Vaz, F. N. Vaz, W. B. Silva, L. L. Pascoal, F. S. Mendonça, C. C. da Vara, A. J. C. Nuñez, and J. Restle. 2019. Pre-slaughter factors affecting the incidence of severe bruising in cattle carcasses. *Livestock Science*. 222:41–48. doi:10.1016/j.livsci.2019.02.009.
- Bhatt, N., N. Singh, A. Mishra, D. Kandpal, R. Rajneesh, and S. Jamwal. 2021. A detailed review of transportation stress in livestock and its mitigation techniques. *International Journal of Livestock Research*. 1. doi:10.5455/ijlr.20201109102902.
- Bravo, V., C. Gallo, and G. Acosta-Jamett. 2018. Effects of short transport and prolonged fasting in beef calves. *Animals*. 8. doi:10.3390/ani8100170.
- Bruns, K. W., R. H. Pritchard, and D. L. Boggs. 2004. The relationships among body weight, body composition, and intramuscular fat content in steers¹. *Journal Animal Science*. 82:1315–1322. doi:10.2527/2004.8251315x.
- Brasileiro, L.A.A., 2023. *Avaliação de equações na predição de peso de carcaça e espessura de gordura subcutânea em bovinos*. Dissertação (Mestrado). Programa de Mestrado Profissional em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.
- Camfield, P. K., A. H. Brown, P. K. Lewis, L. Y. Rakes, and Z. B. Johnson. 1996. *Effects of Frame Size and Time-on-Feed on Carcass Characteristics, Sensory Attributes, and Fatty Acid Profiles of Steers*.
- Clímaco, S. M., E. L. de A. Ribeiro, I. Y. Mizubuti, L. das D. F. da Silva, M. A. A. de F. Barbosa, and A. M. Bridi. 2011. Desempenho e características de carcaça de bovinos de corte de quatro grupos genéticos terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 40:1562–1567.
- Coffey, K. P., W. K. Coblenz, J. B. Humphry, and F. K. Brazle. 2001. REVIEW: Basic Principles and Economics of Transportation Shrink in Beef Cattle. *Prof Animal Science*. 17:247–255. doi:10.15232/S1080-7446(15)31636-3.
- Costa, D., J. B. R. de Abreu, R. de C. Mourão, J. C. G. da Silva, V. C. Rodrigues, J. C. Sousa, and R. A. F. de S. Marques. 2007. Características de carcaça de novilhos inteiros Nelore e F1 Nelore × Holandês. *Ciência Animal Brasileira*. 8:685–694.
- Costa, E. C. da, J. Restle, F. N. Vaz, D. C. Alves Filho, R. A. L. C. Bernardes, and F. Kuss. 2002. Características da Carcaça de Novilhos Red Angus Superprecoce Abatidos com Diferentes Pesos. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 31:119–128. doi:10.1590/S1516-35982002000100014.
- Crouse, J. D., L. v. Cundiff, R. M. Koch, M. Koochmariaie, and S. C. Seideman. 1989. Comparisons of and Inheritance for Carcass Beef Characteristics and Meat Palatability. *Journal Animal Science*. 67:2661. doi:10.2527/jas1989.67102661x.
- Cruz, G. M. da, R. R. Tullio, S. N. Esteves, M. M. de Alencar, and C. A. Cordeiro. 2004. Peso de abate de machos não-castrados para produção do bovino jovem. 2. Peso, idade e características da carcaça. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 33:646–657. doi:10.1590/S1516-35982004000300013.
- Domínguez-Viveros, J., F. A. Rodríguez-Almeida, G. N. Aguilar-Palma, F. Castillo-Rangel, J. F. Saiz-Pineda, and C. Villegas-Gutiérrez. 2020. Fitting of non-linear models to characterize the growth of five zebu cattle breeds. *Livestock Science*. 242. doi:10.1016/j.livsci.2020.104303.
- Euclides Filho, K., V. P. B. Euclides, G. R. Figueiredo, and et al. 1997. Avaliação de animais Nelore e de seus mestiços com Charolês, Fleckvieh, e Chianina, em três dietas. 2. Características de carcaça. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 26:73–79.
- Fernandes, H. J., M. F. Paulino, R. G. R. Martins, S. de C. Valadares Filho, R. de A. Torres, L. M. Paiva, and A. T. S. da Silva. 2004. Composição corporal de garrotes inteiros de três grupos genéticos nas fases de recria e terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 33:1581–1590. doi:10.1590/S1516-35982004000600026.
- Fitzhugh, H. A., C. R. Long, and T. C. Cartwright. 1975. Systems Analysis of Sources of Genetic and Environmental Variation in Efficiency of Beef Production: Heterosis and Complementarity. *Journal Animal Science*. 40:421–432. doi:10.2527/jas1975.403421x.
- Fortin, A., S. Simpfendorfer, J. T. Reid, H. J. Ayala, R. Anrique, and A. F. Kertz. 1980. Effect of level of energy intake and influence of breed and sex on the chemical composition of cattle. *Journal Animal Science*. 51:604–614. doi:10.2527/jas1980.513604x.

- Gesualdi Júnior, A., M. F. Paulino, S. de C. Valadares Filho, J. F. Coelho da Silva, C. M. Veloso, and P. R. Cecon. 2000. Níveis de concentrado na dieta de novilhos F1 Limousin x Nelore: características de carcaça. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 29:1467–1473. doi:10.1590/S1516-35982000000500027.
- Gomide, L. A. de M., E. M. Ramos, and P. R. Fontes. 2014. *Tecnologia de Abate e tipificação de carcaças*. Segunda. Editora UFV, Viçosa.
- González, L. A., K. S. Schwartzkopf-Genswein, M. Bryan, R. Silasi, and F. Brown. 2012. Factors affecting body weight loss during commercial long haul transport of cattle in North America I. *Journal Animal Science*. 90:3630–3639. doi:10.2527/jas.2011-4786.
- Gray, E. F., F. A. Thrift, and C. W. Absher. 1978. Heterosis Expression for Preweaning Traits under Commercial Beef Cattle Conditions. *Journal Animal Science*. 47:370–374. doi:10.2527/jas1978.472370x.
- Hassen, A., D. E. Wilson, and G. H. Rouse. 1998. *Evaluation of Carcass, Live, and Real-Time Ultrasound Measures in Feedlot Cattle*: I. Assessment of Sex and Breed Effects.
- Hicks, R. B., F. N. Owens, D. R. Gill, and et al. 1987. *The effect of slaughter date on carcass gain and carcass characteristics of feedlot steers*.
- Huertas, S. M., F. van Eerdenburg, A. Gil, and J. Piaggio. 2015. Prevalence of carcass bruises as an indicator of welfare in beef cattle and the relation to the economic impact. *Vet Med Sci*. 1:9–15. doi:10.1002/vms3.2.
- Huertas, S. M., J. Piaggio, S. Huertas, A. Gil, and F. van Eerdenburg. 2010. Transportation of beef cattle to slaughterhouses and how this relates to animal welfare and carcass bruising in an extensive production system. *Animal Welfare*. 19:281–285.
- Jones, S. D. M., A. L. Schaefer, A. K. W. Tong, and B. C. Vincent. 1988. The effects of fasting and transportation on beef cattle. 2. Body component changes, carcass composition and meat quality. *Livestock Production Science*. 20:25–35. doi:10.1016/0301-6226(88)90051-6.
- Jorge, A. M., C. A. de A. Fontes, M. F. Paulino, P. Gomes Júnior, and J. N. Ferreira. 1999. Desempenho produtivo de animais de quatro raças zebuínas, abatidos em três estádios de maturidade: 2. características da carcaça. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 28:381–387. doi:10.1590/S1516-35981999000200023.
- Knowles, T. G., S. N. Brown, J. E. Edwards, A. J. Phillips, and P. D. Warriss. 1999. Effect on young calves of a one-hour feeding stop during a 19-hour road journey. *Veterinary Record*. 144:687–692. doi:10.1136/vr.144.25.687.
- Lage, J. F., P. V. R. Paulino, S. C. V. Filho, E. J. O. Souza, M. S. Duarte, P. D. B. Benedeti, N. K. P. Souza, and R. B. Cox. 2012. Influence of genetic type and level of concentrate in the finishing diet on carcass and meat quality traits in beef heifers. *Meat Science*. 90:770–774. doi:10.1016/j.meatsci.2011.11.012.
- Leme, P. R., S. da L. e Silva, A. S. C. Pereira, S. M. Putrino, D. P. D. Lanna, and J. C. M. Nogueira Filho. 2003. Utilização do bagaço de cana-de-açúcar em dietas com elevada proporção de concentrados para novilhos Nelore em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 32:1786–1791. doi:10.1590/S1516-35982003000700029.
- Lôbo, R. N. B., Jo. A. M. Martins, C. H. M. Malhado, R. M. Filho, and A. A. A. Moura. 2002. Correlações entre características de crescimento, abate e medidas corporais em tourinhos da raça Nelore. *Revista Ciência Agronômica*. 33:5–12.
- Luchiaro Filho, A. 2000. *Pecuária da carne bovina*. R Vieira Gráfica e Editora, São Paulo.
- Marcondes, M. I., S. de C. Valadares Filho, I. M. de Oliveira, P. V. R. Paulino, R. F. D. Valadares, and E. Detmann. 2011. Eficiência alimentar de bovinos puros e mestiços recebendo alto ou baixo nível de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 40:1313–1324. doi:10.1590/S1516-35982011000600021.
- Marques, R. S., R. F. Cooke, C. L. Francisco, and D. W. Bohnert. 2012. Effects of twenty-four hour transport or twenty-four hour feed and water deprivation on physiologic and performance responses of feeder cattle 1. *Journal Animal Science*. 90:5040–5046. doi:10.2527/jas2012-5425.
- May, S. G., H. G. Dolezal, D. R. Gill, F. K. Ray, and D. S. Buchanan. 1992. Effect of days fed, carcass grade traits, and subcutaneous fat removal on postmortem muscle characteristics and beef palatability. *Journal Animal Science*. 70:444–453. doi:10.2527/1992.702444x.

- Mendonça, F. S., R. Z. Vaz, W. S. Leal, J. Restle, L. L. Pascoal, M. B. Vaz, and G. D. Farias. 2016. Genetic group and horns presence in bruises and economic losses in cattle carcasses. *Semina: Ciências Agrárias*. 37:4265–4274. doi:10.5433/1679-0359.2016v37n6p4265.
- Mendonça, F. S., R. Z. Vaz, F. N. Vaz, W. S. Leal, I. D. B. Silveira, J. Restle, A. A. Boligon, and F. F. Cardoso. 2019. Causes of bruising in carcasses of beef cattle during farm, transport, and slaughterhouse handling in Brazil. *Animal Science Journal*. 90:288–296. doi:10.1111/asj.13151.
- Moreira, A. D., G. R. Siqueira, J. F. Lage, J. M. B. Benatti, M. H. Moretti, G. Z. Miguel, I. M. de Oliveira, and F. D. de Resende. 2018. Castration methods in crossbred cattle raised on tropical pasture. *Animal Production Science*. 58:1307. doi:10.1071/AN16580.
- NASEM. 2016. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. Eighth Rev. The National Academies Press, Washington, DC.
- Neto, O. C., V. C. Rodrigues, D. Pereira Borges Da Costa, F. Dias Medeiros, D. H. Vieira, A. M. Camargo, and F. Teixeira De Pádua. 2010. Avaliação de algumas características da carcaça de bovinos e bubalinos. *Revista Brasileira de Medicina Veterinária*. 32:151–160.
- Nour, A. Y. M., M. L. Thonney, and J. R. Stouffer. 1981. Muscle, fat and bone in serially slaughtered large dairy or small beef cattle fed corn or corn silage diets in one of two locations. 52:512–521. doi:10.2527/jas1981.523512x.
- Nour, A. Y. M., M. L. Thonney, J. R. Stouffer, and W. R. C. White Jr. 1983. Changes in carcass weight and characteristics with increasing weight of large and small cattle. *Journal Animal Science*. 57:1154–1165. doi:10.2527/jas1983.5751154x.
- Oliveira, E. A. de, A. A. M. Sampaio, A. R. M. Fernandes, W. Henrique, R. V. Oliveira, and G. M. Ribeiro. 2009. Desempenho e características de carcaça de tourinhos Nelore e Canchim terminados em confinamento recebendo dietas com cana-de-açúcar e dois níveis de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 38:2465–2472. doi:10.1590/S1516-35982009001200024.
- Oliveira, I. M. de, P. V. R. Paulino, S. de C. Valadares Filho, E. Detmann, M. F. Paulino, L. A. de M. Gomide, M. de S. Duarte, and V. R. M. Couto. 2011. Carcass traits of Nelore, F1 Simmental × Nelore and F1 Angus × Nelore steers fed at maintenance or ad libitum with two concentrate levels in the diet. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 40:2938–2946. doi:10.1590/S1516-35982011001200042.
- Owens, F. N., P. Dubeski, and C. F. Hanson. 1993. Factors that alter the growth and development of ruminants. *Journal Animal Science*. 71:3138–3150. doi:10.2527/1993.71113138x.
- Paranhos da Costa, M. J. R., S. M. Huertas, C. Gallo, and O. A. Dalla Costa. 2012. Strategies to promote farm animal welfare in Latin America and their effects on carcass and meat quality traits. *Meat Science*. 92:221–226. doi:10.1016/j.meatsci.2012.03.005.
- Pascoal, L. L., F. N. Vaz, R. Z. Vaz, J. Restle, P. S. Pacheco, and J. P. A. dos Santos. 2011. Relações comerciais entre produtor, indústria e varejo e as implicações na diferenciação e precificação de carne e produtos bovinos não-carcaça. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 40:82–92.
- Paulino, P. V. R., S. de C. Valadares Filho, E. Detmann, R. F. D. Valadares, M. A. Fonseca, and M. I. Marcondes. 2009. Deposição de tecidos e componentes químicos corporais em bovinos Nelore de diferentes classes sexuais. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 38:2516–2524. doi:10.1590/S1516-35982009001200030.
- Paulino, P. V. R., S. de C. Valadares Filho, E. Detmann, R. F. D. Valadares, M. A. Fonseca, R. M. L. Vêras, and D. M. Oliveira. 2008. Desempenho produtivo de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais alimentados com dietas contendo dois níveis de oferta de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 37:1079–1087. doi:10.1590/S1516-35982008000600019.
- Plasse, D., H. Fossi, R. Hoogesteijn, O. Verde, R. Rodríguez, C. M. Rodríguez, and P. Bastidas. 1995. Growth of F1 Bos taurus × Bos indicus versus Bos indicus beef cattle in Venezuela. I. Weights at birth, weaning and 18 months. *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 112:117–132. doi:10.1111/j.1439-0388.1995.tb00548.x.
- Restle, J., L. F. G. de Menezes, M. Z. Arboitte, L. L. Pascoal, P. S. Pacheco, and J. T. Pádua. 2005. Características das partes não-integrantes da carcaça de novilhos 5/8Nelore 3/8Charolês abatidos em três estádios de desenvolvimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 34:1339–1348. doi:10.1590/S1516-35982005000400031.
- Ribeiro, T. R., J. C. Pereira, M. V. M. de Oliveira, A. C. de Queiroz, P. R. Cecon, M. I. Leão, and R. C. de A. e Melo. 2001. Características da Carcaça de Bezerros Holandeses para Produção de Vitelos Recebendo Dietas com Diferentes Níveis de Concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 30:2154–2162. doi:10.1590/S1516-35982001000800026.

- Rocha Junior, V. R., F. V. e Silva, R. C. de Barros, S. T. dos Reis, M. D. da Costa, A. S. Souza, L. A. Caldeira, T. S. de Oliveira, and L. L. dos S. Oliveira. 2010. Desempenho e características de carcaça de bovinos Nelore e mestiços terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. 11:865–875.
- Schwartzkopf-Genswein, K., J. Ahola, L. Edwards-Callaway, D. Hale, and J. Paterson. 2016. SYMPOSIUM PAPER: Transportation issues affecting cattle well-being and considerations for the future. *Professional Animal Scientist*. 32:707–716. doi:10.15232/pas.2016-01517.
- Schwartzkopf-Genswein, K., and T. Grandin. 2019. Cattle transport in North America. In: *Livestock handling and transport*. CABI, UK. p. 153–183.
- Silva, F. A. de S., S. de C. Valadares Filho, L. F. Costa e Silva, J. G. Fernandes, B. C. Lage, M. L. Chizzotti, and T. L. Felix. 2021. Nutrient requirements and evaluation of equations to predict chemical body composition of dairy crossbred steers. *Animal Bioscience*. 34:558–566. doi:10.5713/ajas.19.0829.
- Silva, S. da L. e, P. R. Leme, A. S. C. Pereira, and S. M. Putrino. 2003. Correlações entre características de carcaça avaliadas por ultra-som e pós-abate em novilhos Nelore, alimentados com altas proporções de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 32:1236–1242. doi:10.1590/S1516-35982003000500026.
- Silva, S. da L. e, P. R. Leme, S. M. Putrino, and D. P. D. Lanna. 2006. Alterações nas características de carcaça de tourinhos Nelore, avaliadas por ultra-som. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 35:607–612. doi:10.1590/S1516-35982006000200038.
- Strappini, A. C., K. Frankena, J. H. M. Metz, B. Gallo, and B. Kemp. 2010. Prevalence and risk factors for bruises in Chilean bovine carcasses. *Meat Science*. 86:859–864. doi:10.1016/j.meatsci.2010.07.010.
- Strappini, A. C., K. Frankena, J. H. M. Metz, C. Gallo, and B. Kemp. 2012. Characteristics of bruises in carcasses of cows sourced from farms or from livestock markets. In: *Animal*. Vol. 6. p. 502–509.
- Tarouco, J. U., J. F. P. Lobato, A. K. Tarouco, and G. dos S. Massia. 2005. Relação entre medidas ultra-sônicas e espessura de gordura subcutânea ou área de olho de lombo na carcaça em bovinos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 34:2074–2084. doi:10.1590/S1516-35982005000600033.
- Tedeschi, L. O. 2006. Assessment of the adequacy of mathematical models. *Agric Syst*. 89:225–247. doi:10.1016/j.agsy.2005.11.004.
- Valadares Filho, S. de C., L. F. Costa e Silva, M. P. Gionbelli, P. P. Rotta, M. I. Marcondes, M. L. Chizzotti, and L. F. Prados. 2016. *Nutrient Requirements of Zebu and Crossbred Cattle - BR-CORTE*. 3 rd. Suprema Gráfica Ltda.
- Van Engen, N. K., and J. F. Coetzee. 2018. Effects of transportation on cattle health and production: A review. *Anim Health Res Rev*. 19:142–154. doi:10.1017/S1466252318000075.
- Vaz, F. N., and J. Restle. 2000. Aspectos qualitativos da carcaça e da carne de machos Hereford, inteiros ou castrados, abatidos aos quatorze meses. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 29:1894–1901. doi:10.1590/S1516-35982000000600040.
- Vaz, F. N., J. Restle, M. Z. Arboitte, L. L. Pascoal, C. Faturi, and G. Joner. 2010. Fatores relacionados ao rendimento de carcaça de novilhos ou novilhas superjovens, terminados em pastagem cultivada. *Ciência Animal Brasileira*. 11. doi:10.5216/cab.v11i1.6747.
- Véras, A. S. C., S. de C. Valadares Filho, J. F. Coelho da Silva, M. F. Paulino, P. R. Cecon, R. F. D. Valadares, M. de A. Ferreira, and C. M. S. Fontes. 2001. Efeito do nível de concentrado sobre o peso dos órgãos internos e do conteúdo gastrointestinal de bovinos Nelore não-castrados. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 30:1120–1126. doi:10.1590/S1516-35982001000400029.
- Vittori, A., A. C. de Queiroz, F. D. de Resende, A. Gesualdi Júnior, G. F. Alleoni, A. G. Razook, L. A. de Figueiredo, and A. C. L. de S. Gesualdi. 2006. Características de carcaça de bovinos de diferentes grupos genéticos, castrados e não-castrados, em fase de terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 35:2085–2092. doi:10.1590/S1516-35982006000700028.
- Waldo, D. R., G. A. Varga, G. B. Huntington, B. P. Glenn, and H. F. Tyrrell. 1990. Energy components of growth in Holstein steers fed formaldehyde- and formic acid-treated alfalfa or orchard grass silages at equalized intakes of dry matter. *Journal Animal Science*. 68:3792. doi:10.2527/1990.68113792x.
- Warriss, P., S. Brown, T. Knowles, S. Kestin, J. Edwards, S. Dolan, and A. Phillips. 1995. Effects on cattle of transport by road for up to 15 hours. *Veterinary Record*. 136:319–323. doi:10.1136/vr.136.13.319.

- Werner, M., C. Hepp, C. Soto, P. Gallardo, H. Bustamante, and C. Gallo. 2013. Effects of a long distance transport and subsequent recovery in recently weaned crossbred beef calves in Southern Chile. *Livestock Science*. 152:42–46. doi:10.1016/j.livsci.2012.12.007.
- Williams, J. L., I. Aguilar, R. Rekaya, and J. K. Bertrand. 2010. Estimation of breed and heterosis effects for growth and carcass traits in cattle using published crossbreeding studies. *Journal Animal Science*. 88:460–466. doi:10.2527/jas.2008-1628.
- Yar, M. K., M. H. Jaspal, S. Ali, M. Ijaz, I. H. Badar, and J. Hussain. 2022. Carcass characteristics and prediction of individual cuts and boneless yield of *Bos indicus* and *Bos indicus* × *Bos taurus* bulls differing in age. *Livestock Science*. 264. doi:10.1016/j.livsci.2022.105041.
- Zanardi, E., S. de Luca, G. L. Alborali, A. Ianieri, M. O. Varrà, C. Romeo, and S. Ghidini. 2022. Relationship between Bruises on Carcasses of Beef Cattle and Transport-Related Factors. *Animals*. 12. doi:10.3390/ani12151997

