

## Probabilidade de maciez da carne de novilhos confinados

### Likelihood of obtaining tender meat from confined calf

Rangel Fernandes Pacheco<sup>1\*</sup> , Jonatas Cattelam<sup>2</sup> , Andrieli Bortolini<sup>2</sup> , Augusto José Pereira<sup>1</sup> , Lucas Milani<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Instituto Federal Farroupilha, Frederico Westphalen, RS, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal da Fronteira Sul, Realeza, PR, Brasil

\*Correspondente - [rangelzootec@hotmail.com](mailto:rangelzootec@hotmail.com)

#### Resumo

Objetivou-se avaliar os principais fatores que influenciam a força de cisalhamento da carne de novilhos confinados e a chance de obtenção de carne macia. Para isso, foram avaliados os artigos de trabalhos científicos realizados no Brasil sobre carcaça e/ou carne de novilhos de corte, publicados entre janeiro de 1999 a abril de 2019. Foram extraídas da literatura informações do material e método e resultados e dos discussão. Para análise dos dados foi utilizado correlação de Pearson, e a estatística *stepwise* para a determinação da proporção do efeito sincronizado das variáveis sobre a força de cisalhamento. Para a determinação da chance de maciez, as carnes foram classificadas como macia quando apresentavam força de cisalhamento inferior a 4,6 kgF/ cm<sup>3</sup> e dura quando superior a 4,6 kgf/ cm<sup>3</sup>, seguido de análise de regressão logística e teste de *ods ratio*. O local em que o estudo foi desenvolvido, o percentual de zebuino no genótipo, o peso inicial da terminação, o percentual de concentrado na dieta, o período de terminação e marmoreio da carne, explicaram 62,45% da variabilidade da força de cisalhamento da carne. Iniciar precocemente a fase de terminação, mesmo que com pesos mais leves; prolongar o tempo de confinamento; elevar a participação de concentrado na dieta e aumentar o grau de marmoreio da carne; são estratégias que efetivamente aumentam a chance de obtenção de carne macia de novilhos confinados. A partir de variáveis de produção (*ante-mortem*), pode-se estimar grande parte da variabilidade da força de cisalhamento, sendo que sua correta manipulação possibilitará incrementos significativos na chance de obtenção de carne macia.

**Palavras-chave:** *ante-mortem*, concentrado, força de cisalhamento, marmoreio, terminação

#### Abstract

The objective was to evaluate the main factors that influence the shear strength of meat from confined steers and the probability of obtaining soft meat. For this purpose, we evaluated the literature on carcass and/or meat of beef steers in Brazil published between January 1999 and April 2019 and extracted the content from three sections for analysis: materials and methods, results, and discussion. Pearson's correlation was used to analyze the data, and the stepwise

Seção: Zootecnia

Recebido

15 de abril de 2020.

Aceito

13 de julho de 2020.

Publicado

29 de setembro de 2020.

[www.revistas.ufg.br/vet](http://www.revistas.ufg.br/vet)

Como citar - disponível no site, na página do artigo.

statistic was used to determine the proportion of the synchronized effect of variables on shear force. For determining the probability of tenderness, meat with a shear force lower than 4.6 kgf/cm<sup>3</sup> was classified as soft; meat with a higher shear force was classified as hard. Following the classification, logistic regression analysis and odds ratio test were performed. The factors of study location, the proportion of zebu background in the genome, finishing weight, the percentage of concentrate in the diet, and finishing period and meat marbling explained 62.45% of the variability in the shear strength of beef. The following strategies were found to increase the chances of effectively obtaining soft meat from confined steers: starting the termination phase early even in animals with lower weights, prolonging the confinement time, increasing concentrate percentage in the diet, and a higher marbling degree. It is possible to estimate a large proportion of shear force variability using the production variables (*ante-mortem*), and the process can be adjusted accordingly to considerable increase the possibility of obtaining soft meat.

**Keywords:** *ante-mortem*, concentrate, shear force, marbling, termination

---

## Introdução

A produção de carne bovina com melhor maciez é um desafio constante na bovinocultura de corte, tendo em vista que é uma das características de maior relevância na aceitação dos consumidores e reflete as decisões tomadas pelos produtores e indústria ao longo da cadeia produtiva. Embora a percepção de maciez pelos consumidores seja bastante subjetiva, há indícios de que valores de força de cisalhamento até 4,6 kgF/cm<sup>3</sup> estão próximos ao limite para classificarmos a carne como macia<sup>(1)</sup>.

Vários são os fatores que influenciam a variável maciez da carne, desde aspectos genéticos<sup>(2)</sup>, características dos sistemas de produção<sup>(3-6)</sup>, aos fatores *post-mortem*<sup>(7)</sup>. Portanto, é imprescindível modelar os principais efeitos que explicam a variação da maciez da carne de bovinos de corte, no intuito de melhor fundamentar as tomadas de decisões no âmbito da criação dos animais.

No Brasil, há volume razoável de publicações científicas relacionados à maciez da carne de bovinos, na grande maioria, terminados em confinamento. A base científica desses estudos é derivada da filosofia newtoniana e cartesiana de pesquisa, a qual analisa um evento a partir de sua decomposição em fatores, que podem ainda ser decompostos em novos fatores até o nível mais baixo<sup>(8)</sup>. Essa forma de pensar faz com que variáveis biológicas complexas e de grande impacto econômico, como a maciez da carne, sejam difíceis de serem compreendidas e manipuladas, em virtude do grande número de efeitos que a influenciam.

Os procedimentos meta-analíticos com o uso de estatísticas multivariadas, nesse contexto, podem auxiliar na melhor compreensão de respostas e modelar as variáveis a partir de resultados de outras características de fácil identificação e controle. Nesta pesquisa, objetivou-se avaliar os principais fatores que influenciam a maciez da carne

e a chance de obtenção de carne macia de novilhos confinados.

## Material e método

Foram avaliados os artigos de trabalhos realizados no Brasil que envolveram estudos de carcaças e carne de novilhos de corte, publicados entre janeiro de 1999 a abril de 2019, e que pudessem ser acessados pelas plataformas de busca SciELO e Google Acadêmicos. Para isso, foi utilizada a seguinte frase: “carcaça e carne de novilhos de corte”, em idioma português e inglês. Possibilitando o acesso a 76 artigos.

Para a elaboração da base de dados, os artigos selecionados deveriam apresentar os seguintes requisitos: (i) os novilhos deveriam ter sido terminados em confinamento; (ii) o artigo deveria informar o grupo genético e/ou raça dos novilhos, o peso ao início da terminação, percentual de concentrado da dieta, período de terminação e características sensoriais da carne; (iii) deveria ter sido avaliada a força de cisalhamento; (iv) a metodologia para determinação das características sensoriais da carne deveria seguir a mesma descrita por Metz *et al.*<sup>(9)</sup>; (v) os artigos deveriam ter todas as variáveis regressoras analisadas na regressão logística desta pesquisa.

Após essa triagem, restaram 35 artigos, sendo cada tratamento dos artigos considerado uma unidade amostral (uma linha) na base de dados (Anexo 1). Para cada unidade amostral, foram retiradas informações do material e métodos e resultados e discussão do respectivo tratamento.

Para a pesquisa, os efeitos e variáveis considerados foram: região em que o estudo foi desenvolvido (Sul - 1, Sudeste - 2, Centro-Oeste - 3, Norte - 4 e Nordeste - 5); predomínio genético (Zebuino - 1; Taurino Continental - 2; Taurino Britânico - 3; Sintético - 4; Cruzado - 5); percentual de sangue zebuino, quando presente, no genótipo; peso ao início da terminação; percentual de concentrado da dieta; período de terminação; idade de abate; peso de abate; peso de carcaça quente; espessura de gordura subcutânea; área de olho de lombo; conformação; força de cisalhamento; marmoreio; suculência; textura e coloração da carne.

A força de cisalhamento foi submetida à correlação linear de Pearson com todas as variáveis que compuseram a base de dados. Foi realizado diagnóstico de multicolinearidade entre as variáveis preditoras através da análise da matriz de correlações de Pearson e das medidas: fator de inflação da variância, índice de condição, autovalores ( $\lambda$ ) e proporções da variância associadas com cada  $\lambda$ <sup>(10)</sup>. As variáveis correlacionadas em até 15% de significância pela correlação de Pearson, e que não demonstravam colinearidade, foram submetidas à estatística *stepwise* para a determinação da proporção do efeito sincronizado das variáveis com a força de cisalhamento, considerando os valores do coeficiente de determinação parcial e total ( $R^2$ ). Na sequência, os dados foram submetidos ao teste de regressão logística pelo procedimento LOGISTIC do SAS. Para isso, a força de cisalhamento foi classificada entre macia, quando demonstrou valor inferior a 4,6 kgF/cm<sup>3</sup>, e não macia, quando superior a 4,6 kgF/cm<sup>3</sup><sup>(1)</sup>. Diversos modelos de regressão múltipla com efeitos lineares, quadráticos e interações entre os efeitos foram testados a partir do método *stepwise*,

em nível de significância de 25% para entrar e 30% para permanecer no modelo<sup>(11)</sup>. A escolha do melhor modelo a ser adotado considerou o teste de Hosmer e Lemeshow de qualidade de ajuste<sup>(11)</sup>. Após o ajuste do modelo (estimação dos parâmetros  $\beta$ 's), foi testada a qualidade do modelo ajustado e a significância individual do conjunto de parâmetros do modelo através do Teste de Razão de Verossimilhança a 5% de significância.

O melhor modelo matemático calculado de regressão múltipla ajustado para a chance do  $i$ -ésimo novilho apresentar carne macia e ser considerado para análise dos dados é descrito por:

$$\left( \frac{P_{ijklmno}}{1-P_{ijklmno}} \right) = \beta_0 + \beta_1\chi_{1i} + \beta_2\chi_{2j} + \beta_3\chi_{3k} + \beta_4\chi_{4l} + \beta_5\chi_{5m} + \beta_6\chi_{6n} + \beta_7\chi_{7o} + \varepsilon_{ijklmno}$$

em que:  $P_{ijklmno}$  é a chance de obtenção de carne macia do novilho  $n$ ; peso vivo ao início da terminação  $i(\chi_{1i})$ , percentual de concentrado na dieta  $j(\chi_{2j})$ , período de terminação  $k(\chi_{3k})$ , idade de abate do novilho  $l(\chi_{4l})$ , grau de marmoreio da carne  $m(\chi_{5m})$ , interação entre período de terminação e percentual de concentrado da dieta  $n(\chi_{6n})$ , interação entre o peso ao início da terminação e o percentual de concentrado da dieta  $(\chi_{7o})$ ;  $\beta$  (0, 1, 2, 3, e 7) são os coeficientes de regressão associados às variáveis regressoras  $\chi_0$ ; e  $\varepsilon_{ijklmno}$  é o erro aleatório associado à cada observação.

Para a interpretação dos coeficientes, utilizou-se a razão de chances (*odds ratio*) estimada por  $OR = \exp(bk)$ , que é a razão das proporções para dois resultados possíveis, ou seja, a razão entre sucesso ( $\pi_j$ ) e fracasso ( $1 - \pi_j$ ) para obtenção ou não de carne macia. As razões entre chances foram baseadas no denominador médio do conjunto de dados para cada modelo. As unidades de mudança das variáveis regressoras foram determinadas de acordo com a experiência dos pesquisadores para a melhor interpretação dos resultados, sendo elas: um mês para a idade de abate; 10 kg para o peso inicial; 5% para o percentual de concentrado na dieta; um dia para o período de terminação; e 0,5 pontos para o grau de marmoreio.

## Resultados

O percentual de sangue zebuino nos genótipos dos novilhos utilizados nas pesquisas que compuseram este estudo é de 42,42% (Tabela 1). Os novilhos apresentavam, em média, 293,8 kg de peso vivo (PV) ao início da terminação e recebiam em torno de 42,6 % de concentrado na dieta (base na matéria seca), com período médio de terminação de 114 dias. A idade e peso de abate foram de 20,7 meses e 430,3 kg de PV, respectivamente. A espessura de gordura subcutânea na carcaça foi de 4,62 mm; o marmoreio da carne com 5,05 pontos e a força de cisalhamento de 5,34 kgF /cm<sup>3</sup>.

A região do Brasil em que a pesquisa foi realizada contribuiu com 2% na variação da força de cisalhamento (Tabela 2). A participação do genótipo zebuino contribuiu com 11,8% da variação da maciez, enquanto 31,4% da variação estiveram relacionados ao percentual de concentrado utilizado nas dietas. O peso ao início da terminação (4,44%),

período de terminação (4,49%), idade de abate (2,39%) e grau de marmoreio da carne (2,89%) explicam 14,21% da variação da força de cisalhamento. Ainda houve interação entre o período de terminação e percentual de concentrado na dieta (2,97%). Somados, esses fatores explicam 62,45% da força de cisalhamento das carnes dos novilhos confinados utilizados nas pesquisas brasileiras nos últimos 20 anos.

**Tabela 1.** Caracterização dos dados utilizados na pesquisa

Variável	n	Média	Desvio-pa- drão	Mínimo	Má- ximo
Percentual de genótipo ze- buíno, %	62	42,42	31,9	0	100
Peso inicial, kg	62	293,8	62,3	163,3	441,8
Percentual de concentrado, %	62	42,6	15,7	20	89
Período de terminação, dias	62	114,1	29,3	47	194
Idade de abate, meses	62	20,7	4,5	11	26
Peso de abate, kg	44	430,3	47,1	340,0	524,3
Espessura de gordura subcutâ- nea, mm	43	4,62	1,61	1,90	8,70
Marmoreio, pontos	62	5,05	2,17	1,60	10,35
Força de cisalhamento, kgF/ cm <sup>3</sup>	62	5,34	2,06	1,92	10,80

Fonte: Elaboração própria.

**Tabela 2.** Coeficiente de determinação parcial e total ( $R^2$ ) das variáveis regressoras que compuseram a equação de regressão logística da força de cisalhamento da carne de novilhos confinados

Factor	$R^2$ - Partial	$R^2$ - Total accumulated
Região da pesquisa	0,0203	0,0203
Percentual de zebuíno	0,1186	0,1389
Peso inicial	0,0441	0,1830
Percentual de concentrado	0,3141	0,4971
Período de terminação	0,0449	0,5420
Idade de abate	0,0239	0,5659
Marmoreio	0,0289	0,5948
Período*Concentrado na dieta	0,0297	0,6245

Fonte: Elaboração própria.

O peso ao início da terminação, percentual de concentrado na dieta, período de terminação, idade de abate dos novilhos e o grau de marmoreio da carne foram os fatores que entraram na equação de regressão logística para explicar a chance de maciez (Tabela 3). Pelo teste de Hosmer e Lemeshow ( $p=0,8176$ ), esse modelo prediz de forma satisfatória a variação nas chances de maciez. Pelo teste de razão de chances, foi possível identificar que, a cada 10 kg a mais no peso inicial da terminação, a partir de 430,3 kg de PV, espera-se redução na chance de maciez de 61,6%. A cada 5% de concentrado na dieta, além dos 42,6% em média recebidos, haverá aumento de 2,7 vezes na chance de obtenção de carne macia. Quanto maior o tempo de confinamento, maior é a chance de maciez na carne. Pela razão de chances, a cada um dia, além dos 114 que os novilhos permanecem no confinamento, espera-se aumento de 2,0 vezes na chance de obtenção de carne macia. A idade teve comportamento inverso, à medida que ela avança, reduz a chance de obtenção de carne macia. Para cada um mês na idade de abate, além dos 20,7 meses de idade, houve redução de 31,9% na chance de maciez da carne. O marmoreio teve efeito positivo, a partir de 5,05 pontos, para o qual a cada incremento de 0,5 pontos, espera-se aumento de 74,5% na chance de maciez.

**Tabela 3.** Chance de maciez em carne de novilhos confinados

Tenderness	Parameter	Standard error	Unidade de mudança	Odds ratio	HLT
Intercept	-70,7282	26,0984		-	0,8176
Peso inicial	-0,0954	0,0494	10 kg	0,385	
Percentual de concentrado	1,9954	0,6701	5%	2,712	
Período de terminação	0,7134	0,2053	1 dia	2,041	
Idade de abate	-0,3842	0,1493	1 mês	0,681	
Marmoreio	1,1134	0,3299	0,5 pontos	1,745	
Período*Concentrado na dieta <sup>3</sup>	-0,0167	0,00468	-	-	
Peso inicial*Concentrado na dieta <sup>4</sup>	0,00271	0,00116	-	-	

<sup>2</sup>= efeito quadrático do percentual de concentrado na dieta; <sup>3</sup>= interação entre o período de terminação e o percentual de concentrado da dieta; <sup>4</sup>= interação entre o peso ao início da terminação e o percentual de concentrado da dieta.

HLT= Hosmer and Lemeshow test

Fonte: Elaboração própria.

## Discussão

As características dos sistemas de produção de grande parte das pesquisas desenvolvidas no Brasil, com bovinos confinados, mostraram resultados que refletem as principais recomendações técnicas que são repassadas aos produtores rurais do país: relação volumoso:concentrado de 60:40; período de terminação de até 120 dias; gordura de cobertura mediana (3 a 6 mm); e peso de abate entre 400 a 450 kg de PV, com ressalvas ao peso de carcaça quente (230 kg se considerar rendimento de aproximadamente 54%), o qual, devido ao baixo peso, poderia ser penalizado em alguns programas

mais exigentes de qualidade de carcaça. As demais variáveis de produção, como, por exemplo, idade de abate, período de terminação em confinamento e espessura de gordura subcutânea, demonstram valores que se enquadrariam em boa parte dos programas de qualidade de carcaça existentes no país e que remuneram acima dos valores usuais de mercado<sup>(12)</sup>.

A média para força de cisalhamento foi acima dos valores considerados entre intermediária e macia, até 4,6 kgF/ cm<sup>3(1)</sup>, indicativo de que grande parte das pesquisas produziram carnes que não são consideradas macias. A alta participação de sangue zebuino nos genótipos está entre as principais causas para a maior força de cisalhamento. Atualmente, estima-se que 80% do rebanho brasileiro são compostos por animais de origem zebuina devido à tolerância ao clima tropical e melhor resistência a ectoparasitas<sup>(13)</sup>. Pacheco *et al.*<sup>(5)</sup> utilizaram metanálise para avaliar as características da carne de vaca de descarte abatidas no Brasil. Por análise de contraste, verificaram que genótipos definidos zebuinos aumentam em 1,05 kgF/ cm<sup>3</sup> a força de cisalhamento em comparação a raças continentais e/ou mestiças. Com a difusão de biotecnologias da reprodução, principalmente a inseminação artificial, essa técnica pode ser empregada na produção de bovinos possibilitando melhora na obtenção de carnes com melhor maciez.

Através dessa técnica, pode-se realizar o cruzamento com animais zebuinos, dispensando o uso de touros, como também possibilita o nascimento de bezerros com melhor capacidade de adaptação ao clima tropical. O efeito significativo do peso ao início da terminação sobre a força de cisalhamento refletiu de forma negativa na chance de maciez, o que está relacionado ao fato de novilhos mais pesados, ao início da terminação, permanecerem por curto período recebendo dietas mais energéticas. Outra hipótese que pode suportar esse resultado está relacionada a diferenças na eficiência alimentar dos novilhos, ou melhor, bovinos mais eficientes demonstram menores taxas de turnover proteico e aumento da taxa de crescimento muscular devido à maior atividade da enzima calpastatina<sup>(14)</sup>. Embora essa enzima contribua para a melhoria do desempenho, permitindo maior peso ao final da terminação, seus efeitos no *post mortem* não favorecem a maciez da carne, tendo em vista que diminui a atividade da calpaína no músculo, afetando, negativamente, a maciez da carne ao diminuir a degradação proteica<sup>(15)</sup>.

O percentual de concentrado foi a variável de maior impacto na força de cisalhamento e a que demonstrou maior interação entre as variáveis testadas. Aumentar a participação de concentrado é a principal estratégia adotada pelos produtores para incrementar o nível de energia das dietas dos bovinos. Embora o grão de milho seja largamente o principal ingrediente energético da dieta, o Brasil apresenta grande potencial produtivo e diversificado na agricultura, o que possibilita que haja outras fontes passíveis de serem empregadas na alimentação de ruminantes, como farelo de trigo, farelo de arroz, grãos de sorgo ou milheto, casca do grão de soja. Esses ingredientes podem ser empregados como alternativas ao milho sem reduzir o nível energético da dieta e com a possibilidade de reduzir os custos produtivos quando o preço do grão de milho estiver elevado. Além das relações do percentual de concentrado com o período de

terminação e nível energético das dietas, também há relação direta com o teor de fibra na alimentação. Esse nutriente é um dos responsáveis por estimular a maior atividade da calpastatina no músculo e, por consequência, tornar a carne menos macia<sup>(6)</sup>.

O período de terminação é reconhecido pelo seu efeito quadrático sobre a maciez da carne, em função da interação com a idade. Há indícios de que a maciez responde positivamente com aumentos no tempo de terminação até 120 e 130 dias<sup>(16, 17)</sup>. Depois disso, a eficiência de ganho de peso diminui juntamente com o avançar da idade, tanto que a qualidade da carne vai reduzindo<sup>(18)</sup>. A idade, por sua vez, demonstra correlação inversa com a maciez e, no presente estudo, teve a mesma representatividade na variabilidade da força de cisalhamento que o tempo de terminação. Isso porque, ao avançar da idade, formam-se “ligações cruzadas” (ligações covalentes intermoleculares) intra e intermoleculares do colágeno, que se tornam estáveis, diminuindo a solubilidade térmica do colágeno e tornando a carne mais resistente<sup>(19)</sup>.

As interações verificadas entre o peso inicial, período de terminação e percentual de concentrado são de grande relevância por afetar, de forma conjunta e sistemática, a variabilidade da força de cisalhamento e a chance de maciez da carne. Contudo, essa avaliação deve ser analisada com bastante parcimônia, considerando também a eficiência econômica do sistema. Cattelan *et al.*<sup>(20)</sup>, em metanálise com artigos científicos publicados no Brasil, relacionaram, por meio de árvore de decisão, os efeitos da idade de abate, do período de terminação e o nível energético da dieta, e verificaram, por fim, ser necessários mais de 145 dias de confinamento para terminação de novilhos superprecoce (até 18 meses de idade). Para reduzir esse período, seriam necessários níveis de concentrado acima de 69% e teores de energia não inferiores a 71% de NDT. Esses resultados evidenciam que produzir carnes macias no Brasil pode representar uma estratégia de alto risco no ponto de vista econômico, o que exige mercado em alta para esse produto diferenciado.

O marmoreio da carne é bastante valorizado na indústria devido à sua relação com a palatabilidade e maciez, principalmente quando essa última é avaliada pelo painel de avaliadores, em virtude do efeito lubrificante e diminuição da tensão entre as camadas de tecido conjuntivo da carne durante a mastigação. No entanto, quando se avalia sua contribuição na força de cisalhamento, seu efeito é menos evidente, com participação no máximo de 5% da variabilidade da maciez<sup>(7)</sup>. A gordura de marmoreio está intimamente relacionada à espessura de gordura na carcaça<sup>(21)</sup>. Quando essa é escassa, o processo de resfriamento da carcaça é mais acelerado devido a menor proteção do músculo contra o resfriamento, com efeitos negativos em grande parte das características qualitativas da carne<sup>(22)</sup>.

## Conclusões

Grande parte da variabilidade de maciez da carne de novilhos confinados pode ser explicada por fatores relacionadas à genética dos animais e às características dos sistemas de produção. Quando o peso inicial na terminação é mais elevado, é comum a redução no percentual de concentrado na dieta e menor período até o abate. Nessas



condições, a chance de obtenção de carne macia é menor. Por outro lado, reduzir a idade de abate dos novilhos e aumentar o grau de marmorização da carne impacta, significativamente, na chance de obtenção de carne macia.

## Referências

1. Belew JB, Brooks JC, McKenna DR, Savell JW. Warner-Bratzler shear evaluation of 40 bovine muscles. *Meat Science*. 2003; 64(4): 507-512. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00242-5](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00242-5)
2. Gregory KE, Cundiff LV, Koch RM, Dikeman ME, Koohmaraie M. Breed effects, retained heterosis, and estimates of genetic and phenotypic parameters for carcass and meat traits of beef cattle. *Journal of Animal Science*. 1994; 72(5): 1174-1183. <https://doi.org/10.2527/1994.7251174x>
3. Kern SA, Pritchard RH, Blair AD, Scramlin SM, Underwood KR. The influence of growth stage on carcass composition and factors associated with marbling development in beef cattle. *Journal of Animal Science*. 2014; 92(11): 5275-5284. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-7891>
4. Duckett SK, Fernandez Rosso C, Volpi Lagreca G, Miller MC, Neel JP, Lewis RM, Swecker WS, Fontenot JP. Effect of frame size and time-on-pasture on steer performance, longissimus muscle fatty acid composition, and tenderness in a forage-finishing system. *Journal of Animal Science*. 2014; 92(10): 4767-4774. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-7411>
5. Pacheco RF, Mayer AR, Vaz MAB, Pötter L, Cattalam J, Callegaro AM, Pizzuti LAD, Brondani IL, Alves Filho DC, Pacheco PS. Qualitative characteristics of meat from cull cows of different genotypes and age class slaughter under different finishing systems: a meta-analytic approach. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 2015; 87(2): 1083-1093. <http://doi.org/10.1590/0001-3765201520140353>
6. Blank CP, Russell J, Lonergan SM, Hansen SL. Influence of feed efficiency classification and growing and finishing diet type on meat tenderness attributes of beef steers. *Journal of Animal Science*. 2017; 95(7): 2986-2992. <https://doi.org/10.2527/jas.2016.1312>
7. Koohmaraie M, Geesink GH. Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Science*. 2006; 74(1): 34-43. <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.025>
8. Pacheco RF, Alves Filho DC, Cattalam J, Mayer AR, Burin M, Pereira LB, Adams SM, Brondani IL. Probability of beef tenderness in confined cows - a meta-analytic approach. *Semina: Ciências Agrárias*. 2019; 40(3): 1309-1318. <http://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n3p1307>
9. Metz PAM, Menezes LFGD, Arboitte MZ, Brondani IL, Restle J, Callegaro AM. Influência do peso ao início da terminação sobre as características de carcaça e da carne de novilhos mestiços Nelore × Charolês. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2009; 38(2): 346-353. <http://doi.org/10.1590/S1516-35982009000200018>
10. Freund RJ, Littell RC, 1991. SAS system for regression. 2nd ed. Cary, NC: SAS Institute Incorporation. 232p
11. Hosmer D, Lemeshow WS, 2013. STURDIVANT, R.X. Wiley series in probability and statistics. Applied logistic regression. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons. 510 p
12. Confederação DA. Agricultura e pecuária do BRASIL – CNA, 2019. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/frigorificos/>. Acesso em 28 de junho de 2019
13. Magnabosco CU, Lopes FB, Fragoso RC, Eifert EC, Valente BD, Rosa GJM, Sainz RD. Accuracy of genomic breeding values for meat tenderness in Polled Nellore cattle. *Journal of Animal Science*. 2016; 94(7): 2752-2760. <https://doi.org/10.2527/jas.2016-0279>

14. Herd RM, Arthur PF. Physiological basis for residual feed intake. *Journal of Animal Science*. 2009; 87(14) Supplement: E64-E71. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1345>
15. Tait RG, Shackelford SD, Wheeler TL, King DA, Casas E, Thallman RM, Smith TP, Bennett GL.  $\mu$ -calpain, calpastatin, and growth hormone receptor genetic effects on preweaning performance, carcass quality traits, and residual variance of tenderness in Angus cattle selected to increase minor haplotype and allele frequencies. *Journal of Animal Science*. 2014; 92(2): 456-466. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7075>
16. Rathmann RJ, Bernhard BC, Swingle RS, Lawrence TE, Nichols WT, Yates DA, Hutcheson JP, Streeter Mn, Brooks JC, Miller MF, Johnson BJ. Effects of zilpaterol hydrochloride and days on the finishing diet on feedlot performance, carcass characteristics, and tenderness in beef heifers. *Journal of Animal Science*. 2012; 90(9): 3301-3311. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4375>
17. Dikeman M. Animal growth and empty body composition. In: C. R. Kerth, editor, *The science of meat quality*. John Wiley & Sons, p. 29-48, 2013. <https://doi.org/10.1002/9781118530726.ch2>
18. Van Koevinger MT, Gill DR, Owens FN, Dolezal HG, Strasia CA. Effects of time on feed on performance of feedlot steers, carcass characteristics, and tenderness and composition of longissimus muscles. *Journal of Animal Science*. 1995; 73(1): 21-28. <https://doi.org/10.2527/1995.73121x>
19. Modzelewska-Kapituła M, Nogalski Z, Kwiatkowska A. Comparison of collagen profile and tenderness of muscles from heifers and single-calf cows. *South African Journal of Animal Science*. 2014; 44(4). <https://doi.org/10.4314/sajas.v44i4.7>
20. Cattalam J, Vale MM, Martini PM, Pacheco RF, Mayer AR, Pacheco PS. Productive characteristics of precocious or super precocious cattle confined. *Amazonian Journal of Plant Research*. 2017; 1: 33-38. <http://doi.org/10.26545/b00004x>
21. Rodrigues LDS, Moura AFD, Pacheco RF, Paula PCD, Brondani IL, Alves Filho DC. Características da carcaça e da carne de vacas de descarte abatidas com distintos pesos e grau de acabamento – abordagem meta-analítica. *Ciência Animal Brasileira*. 2015; 16(4): 508-516. <http://doi.org/10.1590/1089-6891v16i434519>
22. Cattalam J, Argenta FM, Alves Filho DC, Brondani IL, Pacheco PS, Pacheco RF, Mayer AR, Rodrigues LDS, Martini PM, Klein JL. Characteristics of the carcass and quality of meat of male and female calves with different high-grain diets in confinement. *Semina: Ciências Agrárias*. 2018; 39(2): 667-682. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n2p667>
23. Restle J, Vaz FN, Quadros ARBD, Müller L. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 1999; 28(6): 1245-1251. <https://doi.org/10.1590/S1516-35981999000600011>
24. Feijó GLD, Euclides Filho K, Euclides VPB, Figueiredo GRD. Avaliação das carcaças de novilhos F1 Angus-Nelore em pastagens de *Brachiaria decumbens* submetidos a diferentes regimes alimentares. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2001; 30(3) Supplement 1: 1015-1120. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982001000400015>
25. Vaz FN, Restle J, Feijó GLD, Brondani IL, Rosa JRP, Santos APD. Qualidade e composição química da carne de bovinos de corte inteiros ou castrados de diferentes grupos genéticos Charolês x Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2001; 30(2): 518-525. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982001000200031>
26. Vaz FN, Restle J, Vaz RZ, Brondani IL, Bernardes RAC, Faturi C. Efeitos de raça e heterose na composição física da carcaça e na qualidade da carne de novilhos da primeira geração de cruzamento entre Charolês e Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2002; 31(1) Supplement: 376-386. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000200012>
27. Faturi C, Restle J, Brondani IL, Silva JHSD, Arboitte MZ, Carrilho CDO, Peixoto LADO. Características da carcaça e da carne de novilhos de diferentes grupos genéticos alimentados em confinamento com diferentes proporções de grão de aveia e grão de sorgo no concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*.

2002; 31(5): 2024-2035. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000800018>

28. Vaz FN, Restle J. Aspectos qualitativos da carcaça e da carne de machos Braford superprecoces, desmamados aos 72 ou 210 dias de idade. Revista Brasileira de Zootecnia. 2002; 31(5): 2078-2087. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000800023>

29. Vaz FN, Restle J, Pacheco PS, Freitas AKD, Peixoto LADO, Carrilho CDO. Características de carcaça e da carne de novilhos superprecoces de três grupos genéticos, gerados por fêmeas de dois anos. Revista Brasileira de Zootecnia. 2002; 31(5): 1973-1982. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000800013>

30. Costa ECD, Restle J, Brondani IL, Perottoni J, Faturi C, Menezes LFGD. Composição física da carcaça, qualidade da carne e conteúdo de colesterol no músculo *longissimus dorsi* de novilhos Red Angus superprecoces, terminados em confinamento e abatidos com diferentes pesos. Revista Brasileira de Zootecnia. 2002; 31(1) Supplement: 417-428. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000200017>

31. Vaz FN, Restle J. Ganho de peso antes e após os sete meses no desenvolvimento e nas características de carcaça e carne de novilhos charolês abatidos aos dois anos. Revista Brasileira de Zootecnia. 2003; 32(3): 699-708. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982003000300022>

32. Arboitte MZ, Restle J, Alves Filho DC, Brondani IL, Pacheco PS, Menezes LFGD, Perottoni J. Composição física da carcaça, qualidade da carne e conteúdo de colesterol no músculo *longissimus dorsi* de novilhos 5/8 Nelore -3/8 Charolês terminados em confinamento e abatidos em diferentes estádios de maturidade. Revista Brasileira de Zootecnia. 2004; 33(4): 959-968. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000400016>

33. Vaz FN, Restle J, Silva NLQ, Alves Filho DC, Pascoal LL, Brondani IL, Kuss F. Nível de concentrado, variedade da silagem de sorgo e grupo genético sobre a qualidade da carcaça e da carne de novilhos confinados. Revista Brasileira de Zootecnia. 2005; 34(1): 239-248. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000100028>

34. Menezes LFGD, Restle J, Vaz FN, Brondani IL, Alves Filho DC, Freitas AKD, Metz PAM. Composição física da carcaça e qualidade da carne de novilhos de gerações avançadas do cruzamento alternado entre as raças Charolês e Nelore, terminados em confinamento. Revista Brasileira de Zootecnia. 2005; 34(3): 946-956. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000300028>

35. Leite DT, Arboitte MZ, Brondani IL, Restle J, Missio RL, Silveira SRLD. Composição física da carcaça e qualidade da carne de bovinos superjovens inteiros Charolês e mestiços Charolês x Nelore. Acta Scientiarum. Animal Sciences. 2006; 28(4): 461-467. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v28i4.609>

36. Brondani IL, Sampaio AAM, Restle J, Alves Filho DC, Freitas LDS, Amaral GAD, Silveira MFD, Cezimbra IM. Composição física da carcaça e aspectos qualitativos da carne de bovinos de diferentes raças alimentados com diferentes níveis de energia. Revista Brasileira de Zootecnia. 2006; 35(5): 2034-2042. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000700022>

37. Canesin RC, Berchielli TT, Andrade PD, Faturi C. Características da carcaça e da carne de novilhos mantidos em pastagem de capim-marandu submetidos a diferentes estratégias de suplementação. Revista Brasileira de Zootecnia. 2006; 35(6): 2368-2375. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000800024>

38. Climaco SM, Ribeiro ELDA, Rocha MAd, Mizubuti IY, Silva LDDFD, Noro LY, Turini T. Características de carcaça e qualidade de carne de bovinos inteiros ou castrados da raça Nelore, suplementados ou não durante o primeiro inverno. Ciência Rural. 2006; 36(6): 1867-1872. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000600031>

39. Vaz FN, Restle J, Padua JT, Metz Pam MJL, Fernandes JJR. Qualidade da carcaça e da carne de novilhos abatidos com pesos similares, terminados em diferentes sistemas de alimentação. Ciência Animal Brasileira. 2007; 8(1): 31-40. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/vet/article/view/1156>. Acesso em 10 de julho de 2020

40. Ribeiro ELDA, Hernandez JA, Zanella EL, Mizubuti IY, Silva LDDFD, Reeves JJ. Desempenho e

características de carcaça de bovinos de diferentes grupos genéticos. Revista Brasileira de Zootecnia. 2008; 37(9): 1669-1673. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000900020>

41. Cattelam J, Menezes LFG, Ferreira JJ, Restle J, Brondani IL, Arboitte MZ, Paula PC. Composição física da carcaça e qualidade da carne de novilhos e vacas de descarte de diferentes grupos genéticos submetidos a diferentes frequências de alimentação. Ciência Animal Brasileira. 2009; 10(3): 764-775. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/vet/article/view/3450>. Acesso em 11 de julho de 2020

42. Rubiano GAG, Arrigoni MDB, Martins CL, Rodrigues É, Gonçalves HC, Angerami CN. Desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de bovinos superprecoces das raças Canchim, Nelore e seus mestiços. Revista Brasileira de Zootecnia. 2009; 38(12): 2490-2498. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001200027>

43. Silveira MF, Brondani IL, Arboitte MZ, Alves Filho DC, Restle J, Pizzuti LAD, Luz TRR, Retore M. Composição física da carcaça e qualidade da carne de novilhos Charolês e Nelore que receberam diferentes proporções de concentrado na dieta. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia. 2009; 61(2): 467-474. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352009000200026>

44. Missio RL, Brondani IL, Alves Filho DC, Restle J, Arboitte MZ, Segabinazzi LR. Características da carcaça e da carne de tourinhos terminados em confinamento, recebendo diferentes níveis de concentrado na dieta. Revista Brasileira de Zootecnia. 2010; 39(7): 1610-1617. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000700030>

45. Vaz FN, Restle J, Arboite MZ, Pascoal LL, Alves Filho DC, Pacheco RF. Características de carcaça e da carne de novilhos e novilhas superjovens, terminados com suplementação em pastagem cultivada. Ciência Animal Brasileira. 2010; 11(1): 42-52. <https://doi.org/10.5216/cab.v11i1.5131>

46. Menezes LFGD, Restle J, Brondani IL, Silveira MFD, Freitas LDS, Pizzuti LAD. Revista Brasileira de Zootecnia. 2010; 39(3): 667-676. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000300028>

47. Climaco SM, Ribeiro ELDA, Mizubuti IY, Silva LDDFD, Barbosa MAADF, Ramos BMDO, Constantino C. Características de carcaça e qualidade da carne de bovinos de corte de quatro grupos genéticos terminados em confinamento. Revista Brasileira de Zootecnia. 2011; 40(12): 2791-2798. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011001200025>

48. Donicht PAM, Freitas LS, Callegaro AM, Weise MS, Brondani IL. Fat sources in diets for feedlot-finished steers - carcass and meat characteristics. Ciência Animal Brasileira. 2011; 12(3): 487-496. <https://doi.org/10.5216/cab.v12i3.14008>

49. Arboitte MZ, Brondani IL, Deschamps FC, Bertoldi FC, Alves Filho DC, Rumpel LS. Qualidade da carne do músculo *longissimus dorsi* de novilhos superjovens Aberdeen Angus de biótipo pequeno e médio abatidos com o mesmo estágio de acabamento na carcaça. Acta Scientiarum. Animal Sciences. 2011; 33(2): 191-198. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v33i2.10746>

50. Pacheco PS, Restle J, Alves Filho DC, Brondani IL, Pascoal LL, Kuss F, Menezes LFGD, Neiva JNM. Carcass physical composition and meat quality of Charolais cattle of different categories. Revista Brasileira de Zootecnia. 2011; 40(11): 2597-2605. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011001100043>

51. Restle J, Neiva JNM, Resende PLP, Lage ME, Prado CS, Padua JT, Araújo VL. Miotto FRC. Farelo de mesocarpo de babaçu (*Orbygnia* sp.) na terminação de bovinos: composição física da carcaça e qualidade da carne. Ciência Rural. 2012; 42(7): 1271-1277. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cr/2012nahead/a19412cr4988.pdf>. Acesso em 10 de julho de 2020

52. HirariMMG, MenezesLFG, KussF, VonzD, RonsaniR, MartinelloC, NazárioD, SegabinazziL. Características de carcaça e qualidade da carne de novilhos terminados em pastagem de aveia branca. Semina: Ciências Agrárias. 2014; 35(4): 2617-2628. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n4Suplp2617>

53. Menezes LFGD, Segabinazzi LR, Freitas LDS, Restle J, Brondani IL, Callegaro AM, Joner G, Alves Filho

DC. Aspectos qualitativos da carcaça e carne de novilhos superjovens da raça Devon, terminados em pastagem tropical, recebendo diferentes níveis de concentrado. *Semina: Ciências Agrárias*. 2014; 35(3): 1557-1568. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n3p1557>

54. Cattelam J, Brondani IL, Alves Filho DC, Segabinazzi LR, Callegaro AM, Michelon JM. Características de carcaça e qualidade da carne de novilhos confinados em diferentes espaços individuais. *Ciência Animal Brasileira*. 2013; 14(2): 185-198. <https://doi.org/10.5216/cab.v14i2.22703>

55. Barcellos VC, Mottin C, Passetti RAC, Guerreiro A, Eiras CE, Prohman PE, Vital ACP, Prado IN. Carcass characteristics and sensorial evaluation of meat from Nellore steers and crossbred Angus vs. Nellore bulls. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. 2017; 39(4): 437-448. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v39i4.36692>

56. Aranha AS, Andrighetto C, Lupatini GC, Mateus GP, Ducatti C, Roça RO, Martins MB, Santos JAA, Luz PAC, Utsunomiya Ath, Athayde NB. Performance, carcass and meat characteristics of two cattle categories finished on pasture during the dry season with supplementation in different forage allowance. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 2018; 70(2): 517-524. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9576>

## Anexo

### Anexo 1. Artigos utilizados na análise dos dados

Artigo	Número de tratamentos utilizados	Número total de animais
Restle et al. <sup>(23)</sup>	4	24
Feijó et al. <sup>(24)</sup>	4	45
Vaz et al. <sup>(25)</sup>	2	70
Vaz et al. <sup>(26)</sup>	4	463
Faturi et al. <sup>(27)</sup>	4	48
Vaz e Restle <sup>(28)</sup>	2	36
Vaz et al. <sup>(29)</sup>	3	24
Costa et al. <sup>(30)</sup>	4	24
Vaz e Restle <sup>(31)</sup>	4	157
Arboitte et al. <sup>(32)</sup>	3	18
Vaz et al. <sup>(33)</sup>	3	60
Menezes et al. <sup>(34)</sup>	8	78
Leite et al. <sup>(35)</sup>	3	12
Brondani et al. <sup>(36)</sup>	2	16
Canesin et al. <sup>(37)</sup>	3	24
Climaco et al. <sup>(38)</sup>	2	40
Vaz et al. <sup>(49)</sup>	2	12
Ribeiro et al. <sup>(40)</sup>	3	41
Metz et al. <sup>(9)</sup>	2	12
Cattelam et al. <sup>(41)</sup>	1	12
Rubiano et al. <sup>(42)</sup>	4	86
Silveira et al. <sup>(43)</sup>	2	22
Missio et al. <sup>(44)</sup>	4	16
Vaz et al. <sup>(45)</sup>	1	12
Menezes et al. <sup>(46)</sup>	3	17
Climaco et al. <sup>(47)</sup>	4	20
Donicht et al. <sup>(48)</sup>	4	20
Arboitte et al. <sup>(49)</sup>	2	18
Pacheco et al. <sup>(50)</sup>	1	9
Miotto et al. <sup>(51)</sup>	5	30
Hirai et al. <sup>(52)</sup>	3	18
Menezes et al. <sup>(53)</sup>	3	12
Cattelam et al. <sup>(54)</sup>	3	48
Barcellos et al. <sup>(55)</sup>	2	20
Aranha et al. <sup>(56)</sup>	1	18
Total de animais	-	1.582