UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



Tese

Sistemas de cruzamento de vacas de corte envolvendo as raças Angus, Hereford, Nelore e Caracu: Crescimento, eficiência produtiva, reprodutiva, qualidade da carne e avaliação bioeconômica

Fábio Souza Mendonça

Pelotas, 2019

Fábio Souza Mendonça

Sistemas de cruzamento de vacas de corte envolvendo as raças Angus, Hereford, Nelore e Caracu: Crescimento, eficiência produtiva, reprodutiva, qualidade da carne e avaliação bioeconômica

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal de Pelotas como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciências, Área de Concentração: Genética e Melhoramento Animal.

Orientador: Prof. PhD. Fernando Flores Cardoso

Co-orientador: Prof. D. Sc. Ricardo Zambarda Vaz

M539s Mendonça, Fábio Souza

Sistemas de cruzamento de vacas de corte envolvendo as raças Angus, Hereford, Nelore e Caracu: Crescimento, eficiência produtiva, reprodutiva, qualidade da carne e avaliação bioeconômica / Fábio Souza Mendonça; Fernando Flores Cardoso, orientador; Ricardo Zambarda Vaz, coorientador. — Pelotas, 2019.

156 f.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2019.

1. Ciclo de cria. 2. Efeitos genéticos. 3. Heterose. 4. Melhoramento animal. 5. Taurinos e zebuínos. I. Cardoso, Fernando Flores, orient. II. Vaz, Ricardo Zambarda, coorient. III. Título.

CDD: 636.2

Fábio Souza Mendonça

Sistemas de cruzamento de vacas de corte envolvendo as raças Angus, Hereford, Nelore e Caracu: Crescimento, eficiência produtiva, reprodutiva, qualidade da carne e avaliação bioeconômica

Tese aprovada, como requisito parcial, para obtenção de título em Doutor em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 22/02/2019

Banca Examinadora:

Prof. PhD. Fernando Flores Cardoso (Orientador) – Doutor em Zootecnia pela Michigan State University.

Prof. Dr. Nelson José Laurino Dionello – Doutor em Biotecnologia pela Universidade Federal de Pelotas.

Prof^a. Dr^a. Arione Augusti Boligon – Doutora em Genética e Melhoramento Animal pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

Prof. Dr. Rafael Aldrighi Tavares – Doutor em Ciências pela Universidade Federal de Pelotas.

Dr. Leandro Lunardini Cardoso – Doutor em Zootecnia pela Universidade Federal do

Rio Grande do Sul.

Dedico este trabalho à minha filha Ana Clara.

Agradecimentos

Aos meus pais Sérgio e Nádia, pela educação e pelo incentivo ao estudo que permitiram minha formação pessoal e profissional.

A minha querida família, Émilen e Ana Clara pelo amor, incentivo e paciência, principalmente no final deste ciclo.

A meu orientador Fernando Flores Cardoso, por dedicar seu tempo e paciência em me orientar, pela atenção, ensinamentos e, sobretudo pela ética e responsabilidade com a pesquisa.

A Universidade Federal de Pelotas e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade de desenvolver este trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pelos ensinamentos.

A Embrapa Pecuária Sul pela concessão da área física.

Aos colegas do Laboratório de Bioinformática e Estatística Genômica – LABEGEN - pelo saudável convívio durante este período.

As bancas de qualificação e defesa pelas contribuições feitas ao trabalho.

Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Obrigado.

"Se o conhecimento pode criar problemas, não é através da ignorância que podemos solucioná-los" (ISAAC ASIMOV)

Resumo

MENDONÇA, Fábio Souza. Sistemas de cruzamento de vacas de corte envolvendo as raças Angus, Hereford, Nelore e Caracu: Crescimento, eficiência produtiva, reprodutiva, qualidade da carne e avaliação bioeconômica. 2019. 156 f. Tese (Doutorado em Ciências) — Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2019.

Este trabalho teve por objetivos avaliar os efeitos genéticos diretos, maternos e de heterose de parâmetros de crescimento, características produtivas, reprodutivas, qualidade de carcaça e carne e por fim comparar parâmetros produtivos e econômicos de vacas de cria puras e cruzadas criadas no sul do Brasil. O rebanho de vacas de corte dos grupos genéticos Angus (A), Hereford (H), Nelore (N), $A \times H$ (AH), $H \times A$ (HA), $A \times N$ (AN), $N \times A$ (NA) e Caracu (C) $\times A$ (CA) foi avaliado. No primeiro artigo foram avaliados os parâmetros da curva de crescimento, as estimativas de consumo de energia presente na pastagem e a eficiência da vaca; no segundo artigo foi avaliada a qualidade da carcaça e da carne e; no terceiro foram avaliadas características reprodutivas e desenvolvido um modelo bioeconômico para comparar parâmetros produtivos e econômicos dos rebanhos de cada grupo genético. Vacas cruzadas tiveram maior peso maduro, taxa de crescimento, maior produção de leite, bezerros mais pesados, consumiram mais energia, mas tiveram maior eficiência em transformar energia em quilogramas de bezerro. Maior peso de abate e de carcaca foi observado nas vacas cruzadas AH; maior rendimento de carcaça e área do músculo longissimus nas vacas zebuínas puras e cruzadas (exceto AOL da N); maior escore de gordura na carcaça em vacas N; maior espessura de gordura no músculo em vacas NA, N e A; maior escore de marmoreio em vacas CA e A; maior valores de pH em vacas A; menor textura nas vacas cruzadas taurinas AH, CA e HA; menor umidade e maior extrato etéreo em vacas CA; menor luminosidade da gordura foi verificado no grupo AN; menor intensidade de vermelho na gordura nos grupos CA, HA e H; menor intensidade de amarelo na gordura nos grupos HA, AH, A e CA; menor intensidade de vermelho e amarelo no músculo das vacas H. Maior peso do bezerro ao desmame foi observado em vacas NA, NA e CA; maior peso da vaca ao desmame nas vacas AN, NA, HA, CA, H e H; vacas AN ainda apresentaram maior razão entre peso do bezerro e da vaca ao desmame, menor intervalo entre partos e maior fertilidade real; as mesticas zebuínas ainda apresentaram maior taxa de nascimento, sobrevivência e stayability, o que resultou em maior eficiência produtiva e econômica. A maioria das características do

presente estudo foram influenciadas positivamente pelos efeitos de heterose taurino x zebuíno. O crescimento e a eficiência produtiva de vacas de cria podem ser melhorados através do uso cruzamentos; o uso de cruzamento envolvendo a raça C é uma alternativa para promover melhorias na qualidade da carne como maior maciez e marmoreio e menor gordura subcutânea; a utilização de cruzamentos envolvendo taurino x zebuíno promovem melhorias nas características reprodutivas e consequentemente, melhoram a eficiência produtiva e econômica em sistemas de cria no Sul do Brasil.

Palavras-chave: Ciclo de cria, efeitos genéticos, heterose, melhoramento animal, taurinos, zebuínos.

Abstract

MENDONÇA, Fábio Souza. Crossbreeding systems of beef cows from Angus, Hereford, Nelore and Caracu breeds: Growth, productive and reproductive efficiency, meat quality and bioeconomic evaluation. 2019. 156 f. Tese (Doutorado em Ciências) — Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas. 2019.

The objective of this study was to evaluate the direct, maternal and heterosis genetic effects of growth parameters, productive, reproductive characteristics, carcass and meat quality, and finally to compare the productive and economic parameters of purebred and crossbred cows raised in southern Brazil . The herd of beef cows from the genetic groups Angus (A), Hereford (H), Nelore (N), $A \times H$ (AH), $H \times A$ (HA), $A \times N$ (AN), $N \times A$) and Caracu (C) \times A (CA) was evaluated. In the first paper, the parameters of the growth curve, the estimates of energy intake in the pasture and the cow efficiency were evaluated; in the second paper the carcass and meat quality was evaluated; in the third paper the reproductive traits were evaluated and a bioeconomic model was developed to compare productive and economic parameters of the herds of each genetic group. In general, crossbred cows were heavier at maturity, matured earlier, produced more milk, weaned heavier calves, and were predicted to consume more energy. Thus, they were more efficient than purebred cows, despite their greater predicted feed intake. Higher slaughter and carcass weight were observed in crossbred AH cows; higher carcass yield and longissimus muscle area in purebred and crossbred zebu cows (except AOL from N); higher carcass fat score in N cows; higher subcutaneous fat thickness in the muscle in NA, N and A cows; higher marbling score in CA and A cows; higher pH values in cows A; lower texture in taurines; lower moisture and higher ethereal extract in CA cows; lower fat luminosity was verified in group AN; lower intensity of red in fat in the CA, HA and H groups; lower intensity of yellow in the fat in the HA, AH, A and CA groups; lower intensity of red and yellow in the muscle of the H cows. Greater weaning weight calf was observed in NA, NA and CA cows; greater weight weaning cow in AN, NA, HA, CA, H and H cows; AN cows still had a higher ratio between calf and cow weaning weight, lower calving interval and higher real fertility; the zebu crossbreds still had a higher rate of birth, survival and stayability, which resulted in greater productive and economic efficiency. Most of the traits of the present study were positively influenced by the effects of taurine x zebuine heterosis. The growth and cow efficiency can be improved through the use of crosses; the use of crossbreeding involving the purebred C is an alternative to promote improvements in meat quality such as greater tenderness and marbling and lower subcutaneous fat; the use of crosses involving taurine x zebuíno promote improvements in the reproductive traits and, consequently, improve the productive and economic efficiency in breeding systems in the South of Brazil.

Key Words: animal breeding, cow-calf production, genetic effects, heterosis, indicine, taurine.

Lista de figuras

| Figure 1 | Body weights from birth to maturity of beef animals plotted | 62 |
|----------|---|----|
| | against their age | |

Lista de tabelas

Cap. 1 – Crossbreeding in beef cow-calf growth and efficiency: Evaluation of Angus, Caracu, Hereford and Nelore breed direct, maternal and heterosis effects

| Table 1 | Genetic effects coefficients for breed groups in the study: g_j^i = individual additive effect, g_j^m = maternal additive effect, h_j^i = individual heterosis; with subscripts A = Angus, C = Caracu, H = Hereford, N = Nelore, t = taurine breed crosses, and z = taurine-indicine crosses. | 63 |
|---------|---|----|
| Table 2 | Estimated breed group means for mature weight (A), maturing rate (k), total milk yield (TMY), 210-day weight (WW), predicted energy intake (EI), and cow efficiency | 64 |
| Table 3 | (CE) Estimates and standard errors of breed additive and heterosis effects on for mature weight (A), maturing rate (k), total milk yield (TMY), 210-day weight (WW), predicted energy intake (EI), and cow efficiency (CE) | 65 |

Cap. 2 – Cruzamentos e qualidade de carcaça e carne de vacas de descarte: Avaliação dos efeitos diretos, maternos e de heterose das raças Angus, Caracu, Hereford e Nelore

- Tabela 1 Efeito dos coeficientes genéticos para dentro de cada grupo 96 racial usado neste estudo: g_j^i = efeito individual aditivo, g_j^m = efeito materno aditivo, h_j^i = heterose individual; com sobrescritos A = Angus, C = Caracu, H = Hereford, N = Nelore, t = cruzamento taurinos/taurino, e z = cruzamento taurino/zebuíno.

 Tabela 2 Média e erro padrão (EP) estimados por grupo genéticos para 97
- Tabela 2 Média e erro padrão (EP) estimados por grupo genéticos para 97 as variáveis Peso de abate (PA), Peso de carcaça quente (PC), Rendimento de carcaça (RC) e Área do músculo longíssimus dorsi (AOL).
- Tabela 3 Estimativas e erros padrões de efeitos aditivos e heteroticos 98 das variáveis Peso de abate (PA), Peso de carcaça quente (PC) e Rendimento de carcaça (RC) e Área do músculo

| Tabela 4 | Média e erro padrão (EP) estimados por grupo genéticos para as variáveis Escore de gordura na carcaça (EGC), Espessura | 99 |
|-------------|---|-----|
| Tabela 5 | de gordura no músculo (EGM) e MARM (Marmoreio). Estimativas e erros padrões de efeitos aditivos e heteroticos das variáveis Escore de gordura na carcaça (EGC), Espessura de gordura no músculo (EGM) e MARM (Marmoreio). | 100 |
| Tabela 6 | Média e erro padrão (EP) estimados por grupo genéticos para as variáveis pH da carne, Capacidade de retenção de água (CRA), Textura (TEXT), Umidade (UMI) e Extrato etério (EE). | 101 |
| Tabela 7 | Estimativas e erros padrões de efeitos aditivos e heteroticos das variáveis pH da carne, Capacidade de retenção de água (CRA), Textura (TEXT), Umidade (UMI) e Extrato etério (EE). | 102 |
| Tabela 8 | Média e erro padrão (EP) estimados por grupo genéticos para as variáveis Luminosidade (L*), Intensidade de vermelho (A*) e Intensidade de Amarelo (B*) para cor da gordura e da carne. | 103 |
| Tabela 9 | Estimativas e erros padrões de efeitos aditivos e heteroticos das variáveis Luminosidade (L*), Intensidade de vermelho (A*) e Intensidade de Amarelo (B*) para cor da gordura e da carne. | 104 |
| Avaliação d | uzamentos sobre características reprodutivas e bioeconômic los efeitos diretos, maternos e de heterose das raças Angus, reford e Nelore | as: |
| Tabela 1 | Estrutura do rebanho (% em relação ao rebanho simulado de 10.000 fêmeas) para cada grupo genético, estimado através da matriz de Leslie (1945, 1948) para as categorias vacas acasaladas (Vacas), bezerros, novilhas até um ano (Novilhas_1), novilhas de dois anos (novilhas_2), novilhas de descarte (Novilhas_d), vacas de descarte de seis dentes (Vacas_6), vacas de descarte de oito dentes (Vacas_8) e idade média do rebanho (Idd_reb). | 131 |
| Tabela 2 | Efeito dos coeficientes genéticos para dentro de cada grupo racial usado neste estudo: g_j^i = efeito individual aditivo, g_j^m = efeito materno aditivo, h_j^i = heterose individual; com sobrescritos A = Angus, C = Caracu, H = Hereford, N = Nelore, t = cruzamento taurinos/taurino, e z = cruzamento taurino/zebuíno. | 132 |
| Tabela 3 | Estimativas e erros padrões das variáveis Peso do bezerro ao desmame (PBD), Razão do peso ao desmame (RBV), Eficiência individual (EI), Intervalo entre partos (IEP) e Fertilidade real (FR). | 133 |
| Tabela 4 | Estimativas e erros padrões de efeitos aditivos e heteroticos das variáveis Peso do bezerro ao desmame (PBD), Peso da vaca ao desmame (PVD), Razão do peso ao desmame (RPD), Intervalo entre partos (IEP) e Fertilidade real (FR). | 134 |
| Tabela 5 | Estimativas das probabilidades para as variáveis de resposta binomial Taxa de nascimento (TN), taxa de sobrevivência no rebanho (TS) e Stayability (STAY). | 135 |

| Tabela 6 | Estimativas e erros padrões de efeitos aditivos e heteroticos das variáveis de resposta binomial Taxa de nascimento (TN), taxa de sobrevivência no rebanho (TS) e Stayability (STAY). | 136 |
|----------|---|-----|
| Tabela 7 | Custos (R\$) do sistema de produção de ciclo de cria simulado para um rebanho de 10.000 fêmeas de acordo com o grupo genético. | 137 |
| Tabela 8 | Receitas (R\$) do sistema de produção de ciclo de cria simulado para um rebanho de 10.000 fêmeas de acordo com o grupo genético. | 138 |
| Tabela 9 | Parâmetros produtivos e econômicos do sistema de ciclo de cria de acordo com os grupos genéticos. | 139 |

Sumário

| 1 Introdução | 13 |
|---|---------|
| Objetivos | 16 |
| Hipóteses: | 17 |
| 2 Revisão Bibliográfica | 18 |
| 2.1 Crescimento animal | 18 |
| 2.2 Eficiência produtiva | 20 |
| 2.3 Eficiência reprodutiva | 23 |
| 2.4 Qualidade da carcaça e carne | 25 |
| 2.5 Avaliação bioeconômica | 35 |
| CAP1. Crossbreeding in beef cow-calf growth and efficiency: Evaluation of Angus, Caracu, Hereford and Nelore breed direct, maternal and heterosis effects | |
| INTRODUCTION | 41 |
| MATERIAL AND METHODS | 42 |
| RESULTS | 47 |
| DISCUSSION | 48 |
| CONCLUSION | 54 |
| CAP 2. Cruzamentos e qualidade de carcaça e carne de vacas de descarte: Avaliação dos e | efeitos |
| diretos, maternos e de heterose das raças Angus, Caracu, Hereford e Nelore | 66 |
| INTRODUÇÃO | 71 |
| MATERIAL E MÉTODOS | 71 |
| RESULTADOS | 77 |
| DISCUSSÃO | 79 |
| CONCLUSÃO | 86 |
| CAP 3. Cruzamentos sobre características reprodutivas e bioeconômicas: Avaliação dos e diretos, maternos e de heterose das raças Angus, Caracu, Hereford e Nelore | |
| INTRODUÇÃO | 110 |
| | |

| | MATERIAL E MÉTODOS | 111 |
|----|------------------------|-----|
| | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 119 |
| | CONCLUSÃO | 126 |
| CC | DNSIDERAÇÕES FINAIS | 140 |
| | | |

1 Introdução

O Brasil apresenta grande extensão territorial, permitindo a criação de diversas raças bovinas e o uso do cruzamento para explorar a complementaridade entre as mesmas, visando a produção de animais que atendam as necessidades dos mercados consumidores de carne (MACHADO et al., 2014). Uma importante alternativa para aumentar índices produtivos na pecuária é a utilização do sistema de cruzamentos, que combinado com a seleção, permite rapidamente a adequação de genótipos em diferentes ambientes ou sistemas de produção (TEIXEIRA et al., 2006).

O ciclo de cria se caracteriza pela produção de bezerros assumindo grande importância dentro da pecuária, principalmente pelos baixos índices de produtividade do rebanho nacional. As características de maior importância desta fase são precocidade sexual, fertilidade, intervalo de parto, produção de leite, habilidade materna, rusticidade e tamanho adulto da vaca (CUBAS et al., 2001), tendo estas características baixa herdabilidade, porém respondendo melhor ao cruzamento através do incremento da heterose (ROSO & FRIES, 2000).

De modo geral, a utilização da melhor estratégia genética para produção de carne bovina em determinada região depende da caracterização biológica das raças disponíveis e da obtenção de estimativas das diferenças raciais e da heterose para as características de interesse econômico (PEROTTO et al., 1998). No sul do Brasil, o cruzamento com raças zebuínas (Nelore, Brahman, Tabapuã, etc.) tem sido empregado para combinar características de fertilidade, adaptabilidade e resistência à parasitas do zebu com a habilidade

materna, produtividade e qualidade de carne das raças britânicas, em especial Angus e Hereford. Entretanto, o uso indiscriminado desses cruzamentos ocasionou em grande desuniformidade dos rebanhos da região sul e consequentemente falta de padrão nas carcaças e na qualidade da carne (NUNES, 2011).

Uma alternativa muito importante e pouco pesquisada para melhorar o aporte de carne de qualidade para o mercado interno é aprimorar o aproveitamento das fêmeas de descarte que representam 48,8% das reses abatidas no Brasil (ANUALPEC, 2015). A terminação de vacas de descarte no sul do Brasil se faz normalmente em condições de pastagem nativa, principalmente em razão da menor remuneração da carcaça em relação à de novilhos, justificado pelos frigoríficos pela menor qualidade da carcaça e carne desta categoria em relação aos novilhos. No entanto, diversos estudos não têm demonstrado diferenças marcantes entre a carcaça de fêmeas de descarte e novilhos com adequada gordura de acabamento (FERREIRA et al.,2009; PASCOAL et al., 2009), assim como entre a carne destas categorias (CATTELAM et al., 2009; VAZ et al., 2010). Além disso, o menor valor pago pela carcaça de vacas de descarte normalmente não é repassado ao varejista e o mercado consumidor não têm diferenciação entre cortes das duas categorias, beneficiando a comercialização do ponto de vista da indústria (MISSIO et al., 2013).

A maciez tem sido identificada como um fator limitante da qualidade da carne proveniente de animais com elevada percentagem de sangue zebuíno.

Por outro lado, raças britânicas que produzem carne macia, têm um desempenho inferior aos animais cruzados em ambientes menos favoráveis.

A heterose envolvendo cruzamentos entre *Bos taurus x Bos indicus* já foi evidenciada em diversas pesquisas no Brasil, com resultados satisfatórios principalmente para características produtivas como o ganho de peso do nascimento a desmama (PEROTTO et al., 1998); características de carcaça (VAZ et al., 2012; PEROTTO et al., 2000) e produção leiteira (RODRIGUES et al., 2014). No entanto, tais diferenças produtivas implicam em custos de produção variáveis entre os animais fazendo-se necessário, para que o produtor administre seu sistema como uma empresa, o conhecimento de quanto custa, para ele, produzir aquele bem (grupo racial, neste caso específico), ou seja, o produtor precisa saber qual o custo de produção de um determinado animal ou grupo racial.

Estudar benefícios e custos associados a diferentes sistemas de cruzamento empregados como tecnologia para aumento da produção de uma empresa agrícola é tarefa indispensável para uma boa administração, podendo o produtor, fixar diretrizes e controlar distorções, possibilitando a sobrevivência do sistema de produção de gado de corte em um mercado cada vez mais competitivo e exigente.

Objetivos

Objetivos Gerais:

 Avaliar o uso de cruzamentos como alternativa para melhoria da eficiência produtiva, reprodutiva, qualidade da carne, e eficiência econômica de vacas de corte criadas em condições alimentares extensivas em pastagens naturais do sul do Brasil.

Objetivos Específicos:

- Avaliar os parâmetros da curva de crescimento de vacas puras e cruzadas do nascimento até o descarte.
- Avaliar a eficiência produtiva de vacas através da razão entre o peso de bezerro a desmama e o consumo energético estimado através de equações da literatura.
- Avaliar as características de qualidade da carcaça e da carne de vacas de descarte puras e cruzadas.
- Avaliar as características reprodutivas das vacas durante o ciclo de cria.
- Estimar os efeitos genéticos aditivo direto, materno e de heterose das raças Angus, Caracu, Hereford e Nelore sobre as características citadas anteriormente.
- Comparar parâmetros produtivos e econômicos de cada grupo racial, através de um modelo bioeconômico desenvolvido.

Hipóteses:

- Vacas cruzadas aproveitando-se do efeito da heterose apresentam maior eficiência em características produtivas e reprodutivas quando comparadas a vacas puras.
- Vacas de cruzamento taurino x zebuíno apresentam maior intensidade de heterose que vacas cruzadas taurino x taurino.
- Vacas puras ou cruzadas taurinas produzem carne com melhor qualidade.
- Os rebanhos constituídos de vacas cruzadas apresentam maior eficiência produtiva, porém maiores custos de produção.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Crescimento animal

No atual sistema de produção de carne, torna-se imprescindível não só para os pesquisadores, mas também para os pecuaristas, o conhecimento das características de crescimento dos animais, pois estas representam uma relação direta com a eficiência produtiva da vida do animal (ARAÚJO *et al.*, 2012; ESPIGOLAN *et al.*, 2012; BAHASHWAN *et al.*, 2015). O crescimento animal pode ser obtido como uma mudança do peso corporal em determinadas idades como peso ao nascimento, peso ao desmame, peso ao sobreano, peso ao abate ou relacionando os pesos corporais em diferentes idades utilizando modelos não lineares (SALEM *et al.*, 2013). De acordo com Berg e Butterfield (1976), o tecido ósseo apresenta maiores taxas de crescimento no estágio mais novo do animal, seguido pelo tecido muscular, enquanto o tecido adiposo é depositado no estágio mais avançado de desenvolvimento.

Os modelos não lineares têm se mostrado adequado para relacionar medidas de peso em função da idade dos animais, tendo em vista que essas funções sintetizam um grande número de medidas tomadas na vida dos animais em alguns poucos parâmetros derivados através das funções de crescimento (KAPS et al., 2000). Essas funções têm a capacidade de fornecer uma descrição confiável através da interpretação dos parâmetros de crescimento estimados (BAHASHWAN et al., 2015). Segundo Tedeschi et al., (2000a), os parâmetros com interpretação biológica são representados principalmente pelo peso assintótico superior (A), que representa o peso à

maturidade, e pela taxa de maturidade (k), que indica a velocidade de crescimento. Os demais parâmetros são considerados constantes matemáticas que auxiliam na determinação da forma da curva.

O conhecimento dos parâmetros de crescimento podem ser utilizadas como uma ferramenta confiável para a seleção (TEDESCHI *et al.*, 2000a) podendo, por exemplo, selecionar animais com maior velocidade de crescimento sem alterar o peso adulto, ao invés de selecionar animais cada vez maiores, que demandam maior energia de mantença. Segundo De-Lima-Silva *et al.* (2011) os parâmetros podem ser utilizados também em análises bioeconômicas como, por exemplo, estimar a idade ideal de abate do animal, ou seja, o momento em que a curva de crescimento médio dos animais atinge o seu máximo, representando a maturidade. Este ponto é indicado como ideal para abate ou descarte do animal, uma vez que, após este período o consumo será destinado a manutenção, aumentando a conversão alimentar e consequentemente aumentando os custos de alimentação.

No sul do Brasil, o cruzamento com raças zebuínas (Nelore, Brahman, Tabapuã, etc.) tem sido empregado para combinar características de fertilidade, adaptabilidade e resistência à parasitas do zebu com a habilidade materna, produtividade e qualidade de carne das raças britânicas, em especial Angus e Hereford (RODRIGUES *et al.*, 2014). Contudo, as diferenças entre as características fenotípicas peculiares de cada raça ou cruzamento como tamanho corporal, produção de leite e crescimento, implicam diretamente na demanda energética de cada fenótipo para expressar sua capacidade produtiva (ANDERSON *et al.*, 1983). Logicamente, vacas com maiores tamanhos

corporais produzem bezerros também mais pesados, no entanto com maior demanda energética fazendo-se necessário a identificação de animais com maior eficiência em termos de crescimento (TEDESCHI *et al.*,2000b).

A utilização de modelos não lineares para predizer o crescimento de bovinos podem resumir informações importantes para compreender o fenômeno biológico do crescimento, principalmente quando se trabalha com diferentes composições raciais que determinam o tamanho corporal do animal e, consequentemente, as exigências energéticas (TEDESCHI *et al.*, 2000a).

As primeiras funções utilizadas para estimar os parâmetros de crescimento em bovinos foram descritas por Brody (1945) e Richards (1959). No entanto, atualmente existem mais três modelos com frequente utilização na literatura: Gompertz, Logístico e Von Bertalanffy (GANO et al., 2015), os quais, dependendo da situação, apresentam alguma diferenças quanto a qualidade de ajuste dos dados, avaliadas geralmente por critérios de convergência ou não das análises, quadrado médio do erro e coeficiente de determinação do modelo (FREITAS, 2005; SALEM *et al.*, 2013; BAHASHWAN *et al.*, 2015).

2.2 Eficiência produtiva

Um dos critérios mais consagrados para avaliar a eficiência de vacas de cria é constituído pelo peso de seu bezerro no momento da desmama. O desenvolvimento do bezerro do nascimento à desmama é influenciado principalmente pela produção de leite da vaca, bem como pela habilidade do bezerro em aproveitar os nutrientes disponíveis (ROVIRA, 1974; DE

MENDONÇA et al., 2002). A produção leiteira da vaca é influenciada por fatores não genéticos como idade e alimentação, mas também por fatores genéticos, diferenciando-se principalmente entre raças ou cruzamentos (RODRIGUES et al., 2014).

Estudos têm demonstrado que 60% da variação de peso do bezerro é afetado pela produção de leite da vaca, haja vista que o leite é a principal fonte de nutrientes para o bezerro durante o primeiro período de sua vida (RUTLEDGE et al., 1971; ALBUQUERQUE et al., 1993; MILLER E WILTON, 1999; MACNEIL E MOTT, 2006).

Em sistemas de cria, a maior parte da receita bruta é proveniente da venda de bezerros após o desmame. Neste cenário, pecuaristas têm dado bastante enfoque na seleção de reprodutores visando a produção de bezerros mais pesados. Entretanto este método pode significar um viés econômico visto que vacas que produzem bezerros mais pesados produzem, consequentemente, mais leite resultando em maiores requerimentos de energia e manutenção das matrizes (FERRELL E JENKINS, 1985; MONTAÑO-BERMUDEZ et al., 1990).

Com as despesas de alimentação representando 60% do custo anual da vaca (FALCONER et al., 1999; PATERSON, 2003), a seleção para aumentar a produção de leite e o peso do bezerro pode não ser a melhor alternativa genética do ponto de vista econômico. A característica eficiência individual pode ser uma alternativa para avaliar matrizes mais eficientes, pois quantifica o peso do bezerro em relação ao peso da vaca (MCMANUS et al., 2002).

Entretanto, é importante ressaltar que a seleção baseada neste fenótipo pode ser complicada pela medição de dois fenótipos em diferentes indivíduos e, consequentemente, gerando confundimento de efeitos genéticos individuais e maternos (MACNEIL, 2005).

O conceito de eficiência de produção pode ser definido como o maior valor produzido com o menor custo possível, sendo as variáveis de entrada (input) e saída (output), os fatores mais importantes em uma gestão. Em bovinos de corte, esta relação pode ser mais bem compreendida através da relação entre kg de bezerro produzido (output) e o custo energético (input) demandado pela vaca que permita tal produção (MACNEIL et al., 2017).

A eficiência da produção de carne bovina é altamente dependente da eficiência biológica das vacas, uma vez que a quantidade de carne produzida por um determinado sistema produtivo é dependente do número de bezerros nascidos e criados por ciclo produtivo e da habilidade da vaca em reproduzir anualmente (GROSSI et al., 2008; WALMSLEY et al., 2016). Além disso, a habilidade de permanência da vaca em reprodução no rebanho também é um potencial fator, pois os custos de produção são diluídos à medida que aumenta a longevidade da vaca no rebanho e através do maior número de progênies produzidas por vaca (DELAND E NEWMAN, 1991).

A produtividade materna começa com o nascimento de um bezerro até que este se torne uma vaca madura capaz de realizar um desmame anual, com intervalo de partos não superior a 365 dias. No entanto, a capacidade da vaca de atingir esse objetivo é determinada não apenas pela disponibilidade de

alimentos, mas também pela forma como os nutrientes são utilizados entre as funções corporais concorrentes como crescimento, lactação e reprodução subsequente (WALMSLEY et al., 2016). Além disso, o desempenho da progênie, através do ambiente materno, isto é, a produção de leite, e a genética têm papel importante na eficiência materna (MACNEIL E MOTT, 2006).

2.3 Eficiência reprodutiva

As características reprodutivas são as principais determinantes da eficiência biológica e econômica dos sistemas de produção de carne bovina (BALDI et al., 2008; BRUMATTI et al., 2011; LAUREANO et al., 2011). Os baixos índices reprodutivos são limitantes para obtenção de um maior desfrute do rebanho, e, do ponto de vista genético, limitam o processo de seleção devido ao menor número de animais disponíveis para reposição. Entretanto, ainda são limitadas as características reprodutivas utilizadas nos programas de seleção, principalmente pela baixa herdabilidade (MERCADANTE et al., 2000; YOKOO et al., 2012) e pela dificuldade de mensuração (BOLIGON et al., 2008).

O cruzamento entre raças bovinas é uma das ferramentas do melhoramento genético que pode contribuir de maneira mais rápida para o aumento de produtividade (ALENCAR et al., 1997), sobretudo em características em que a heterose pode ser explorada com maior intensidade

como o caso das reprodutivas, que apresentam geralmente baixos coeficientes de herdabilidade, conforme comentado anteriormente.

O uso do intervalo de partos nos processos de seleção tem sido um excelente parâmetro (ALENCAR et al., 1984), pois representa uma forma simples e eficaz de medir a eficiência reprodutiva em bovinos, ao combinar num único valor, o intervalo do parto a reconcepção e o tempo de gestação (LESMEISTER et al., 1973; CAMPELLO et al., 1999). O valor do intervalo médio de partos de um rebanho determina o número total de bezerros produzidos no rebanho.

A fertilidade real, uma forma de avaliação de matrizes envolvendo eficiência reprodutiva e habilidade materna, quantifica a produção em quilogramas de bezerro desmamado por ano efetivo. A fertilidade real é obtida através da multiplicação do peso do bezerro ao desmame por 365 (dias), dividido pelo intervalo de parto (CAMPELLO et al., 1999; MCMANUS et al., 2002). Os primeiros estudos no Brasil a avaliarem fertilidade real foram publicados por Mercadante et al. (1996) e Gonçalves et al. (1996), no qual os autores verificaram, respectivamente, valores de 141 kg e 151 kg para raça Nelore. Após isso, Campello et al. (1999) relataram valores para fertilidade real em vacas Nelore de 184 kg.

A taxa de natalidade é considerada o principal índice produtivo dentro de sistemas de cria resultando diretamente na taxa de desfrute do rebanho (GOTTSCHALL E LOBATO, 1996; SIMEONE E LOBATO, 1996; BERETTA et al., 2001). Segundo Soares de Lima e Montossi (2016), o produto final do

sistema de cria dependerá diretamente do nascimento ou não do bezerro. Seguindo essa lógica, quando o diagnóstico de gestação da vaca for positivo o produto final do processo será um bezerro no desmame e a vaca será mantida no rebanho como reprodutora. Por outro lado, se vaca estiver vazia, a mesma se transformará no produto final e, como resultado de descarte, será substituída por outra matriz para compor o rebanho a fim de mantê-lo estável.

Recentemente, os programas de melhoramento genético buscam novos critérios de seleção, a fim de melhorar a precocidade sexual e longevidade das fêmeas. A habilidade de permanência da matriz no rebanho (stayability) foi definida por Hudson e Van Vleck (1981) como a capacidade da vaca para permanecer no rebanho até uma idade específica. Atualmente, em bovinos de corte a stayability é definida como "sucesso" para vacas que atingiram pelo menos três partos aos 76 meses de idade ou, caso contrário, "fracasso" é atribuído às vacas que não satisfazem esses pré-requisitos (SILVA et al., 2003).

2.4 Qualidade da carcaça e carne

A carne bovina é uma das proteínas mais consumidas no mundo. O mercado consumidor da carne bovina tornou-se cada vez mais exigente em relação às características da carne devido, principalmente, a fatores negativos associados ao consumo da carne vermelha (MUCHENJE et al., 2009). Apesar de a carne bovina ser considerada um alimento de alto valor nutritivo, rico em aminoácidos essenciais, lipídios, vitaminas e sais minerais (COSTA et al.,

2002), existe uma relação midiática negativa entre o consumo da carne bovina e doenças cardíacas, câncer intestinal, obesidade, entre outras, conforme revisão de Daley et al. (2010).

Segundo Dikeman et al. (2005), a maioria das características relacionadas a qualidade da carne é influenciada por efeitos ambientais, bem como por componentes genéticos. Neste cenário, a utilização de ferramentas genéticas como cruzamentos constitui uma boa alternativa para melhorar a qualidade da carne bovina. Dessa forma uma avaliação das principais características relacionadas à qualidade da carne bovina comparando as principais raças e cruzamentos pode trazer uma resposta bastante útil para os criadores e/ou terminadores de vacas de descarte, visto que grande parte do consumo interno brasileiro é feito a partir da carne de vacas de descarte que representam 48,8 % dos animas abatidos no Brasil (ANUALPEC. 2015). Do ponto de vista genético, esses resultados também permitem enfatizar o conhecimento à cerca da qualidade da carne de vacas de descarte, visando o aprimoramento genético desta categoria para características carniceiras e, consequentemente, a difusão do potencial dos animais mais qualificados.

O aspecto mais importante relacionado ao uso de cruzamentos, para melhorar características de carcaça, refere-se à habilidade de combinação geral de duas raças, conhecido como complementariedade (CARPENTER, 1973). Segundo Perotto et al. (2000) isto significa que a carcaça do animal cruzado pode ser otimizada pela combinação das características desejadas das raças progenitoras. Por outro lado, não se pode esperar grande resposta

da heterose para características quantitativas da carcaça, porque as mesmas, geralmente, apresentam alta herdabilidade (CARPENTER, 1973).

Entre as características avaliadas pré abate o peso de abate, é definido pelo peso do animal vivo com um determinado grau de acabamento desejado pelo mercado (PASCOAL et al., 2011). Após o abate, toma-se o peso de carcaça quente, que segundo Portaria N. 612 de 05 de outubro de 1989 define: "Entende-se por carcaça o bovino abatido, sangrado, esfolado, eviscerado, desprovido de cabeça, patas, rabada, glândula mamária (na fêmea), verga, exceto suas raízes e testículos (no macho). Após sua divisão em meiascarcaças, retiram-se ainda os rins, gorduras perirrenal e inguinal, "ferida de sangria", medula espinhal, diafragma e seus pilares. A cabeça é separada da carcaça entre o osso occipital e a primeira vértebra cervical (atlas). As patas dianteiras são seccionadas à altura da articulação carpo-metacarpiana e as traseiras na tarso-metatarsiana.". Estes dois dados (peso de abate e peso de carcaça) são importantes também para calcular o rendimento de carcaça, obtido através da razão entre o peso de carcaça e o peso de abate, necessário para complementar o desempenho do animal durante o seu desenvolvimento (JORGE et al., 1997).

O rendimento de carcaça é afetado principalmente pela maturidade fisiológica, tipo de dieta, ou seja, pelo grau de acabamento das carcaças como também por fatores genéticos (JORGE et al., 1997; PEROTO et al., 2000). Em relação à fatores genéticos, animais zebuínos, geralmente apresentam maior rendimento de carcaça, principalmente por razão de menor tamanho relativo de

patas, cabeça, couro e trato digestivo, ou seja, componentes não carcaça (WHELLER et al., 1996; RESTLE et al., 1999; LOPES et al., 2012).

A área do músculo *Longissimus thoracis* é uma medida que tem sido usada como indicativo de desenvolvimento muscular animal (PRADO et al., 2004), sendo afetada diretamente pelo peso do animal (LEME et al., 2000). Desta forma diversos estudos relatam maiores áreas do músculo *Longissimus thoracis* em animais de maior tamanho como continentais são superiores às raças puras (DERUEN et al., 1992; RESTLE et al., 2002), e assim como animais cruzados possuem maior área do músculo *Longissimus thoracis* sobre raças puras (PRADO et al., 2004; PACHECO et al., 2005; RÍOS-UTRERA et al., 2005).

Apesar de a gordura muitas vezes ser rejeitada pelos consumidores, um limite de deposição mínima de gordura na carcaça possui grande importância para os pecuaristas, empresas abatedoras como também para os consumidores de carne. Para o pecuarista, um grau mínimo de acabamento dos animais é exigido, e quando isto não ocorre, o problema é percebido durante a classificação de gordura da carcaça podendo o pecuarista ser penalizado ou em outros casos, perdendo uma possível bonificação (PASCOAL et al., 2011). Outro fator negativo é que a remuneração feita pelos frigoríficos aos pecuaristas é realizada pelo peso de carcaça, que é menor em animais com menor deposição de gordura.

Para os frigoríficos, carcaças com baixa deposição de gordura resultam também em maiores perdas econômicas ocasionadas principalmente pelas

perdas de água por gotejamento e evaporação superficial durante a cadeia do frio (RESTLE et al., 1997; ALVES et al., 2005). Estudos brasileiros relatam perdas de peso de carcaças durante o resfriamento em torno de 0,40% à 2,23% (MÜLLER, 1987; RESTLE et al., 1997; ARBOITTE et al., 2004). Apesar dos valores parecerem baixos, uma perda de 2% significa que a cada 100 carcaças que entram na câmara de resfriamento 98 saem. As principais causas dessas perdas são a falta de isolamento térmico propiciado pela ausência de gordura subcutânea da carcaça evitando a "queima da carne" que ocasiona também o escurecimento (MÜLLER, 1987).

Durante o processo de resfriamento da carcaça ocorrem as mudanças superficiais do tecido conjuntivo decorrentes das perdas de água, resultando no aumento da concentração de sais na superfície, causando a oxidação das mioglobinas. Em locais onde há maior cobertura de gordura, o processo de oxidação torna-se mais lento, não sendo suficiente para promover mudanças até o momento da comercialização do produto (LAWRIE, 2005). Finalmente, o consumidor pode ser afetado pela ausência de gordura dos animais. A carne proveniente de animas com deposição de gordura insuficiente tem menor qualidade afetando o valor de pH final e também a maciez, suculência, cor e sabor (ALVES et al., 2005).

A deposição de gordura intramuscular, avaliada muitas vezes como uma escala visual chamada de marmoreio, é uma característica muito importante que melhora aspectos organolépticos da carne, conferindo principalmente maior suculência e sabor (MÜLLER, 1987). Os principais fatores que afetam essa característica estão ligados ao nível energético da dieta dos animais e

enéticos. Gregory et al. (1994) e Smith et al. (2009) verificaram valores altos nas escalas de marmoreio em carcaças de animais terminados em altos níveis de grão. Com relação ao fator genético, estudos mostram que as raças de origem britânicas apresentam maior deposição de gordura intramuscular que zebuínos (MOLETTA E RESTLE, 1996; BRONDANI et al., 2006).

A deposição de gordura, bem como, fatores relacionados ao estresse pré-abate podem afetar os valores de pH final das carcaças. Durante o período pré-abate os animais permanecem por um determinado período em jejum de alimentos, com objetivo de evitar riscos de contaminação nas carcaças durante o período de evisceração na linha de abate. Somado a isso, nesse período é provável um determinado nível de estresse dos animais em detrimento dos mesmos serem submetidos a uma série de eventos não familiares, como transporte, agrupamentos de animais de diferentes lotes, fome, barulhos estranhos entre outros (MENDONÇA et al., 2018ab). Os animais possuem mecanismos fisiológicos de adaptação à condições adversas, no entanto, o custo desses mecanismos podem ocasionar esgotamento parcial ou total das reservas de glicogênio muscular acarretando em uma redução do acido lático e o rápido estabelecimento do rigor mortis. Para Lawrie (2005), a combinação desses eventos modifica a conversão padrão de músculo em carne, tornando a carne mais e mais escura - a chamada carne DFD (escura, firme, seca) devido ao pH final se manter acima de 6,0 (VILJOEN et al., 2002; WULF et al., 2002).

Os valores altos de pH também influenciam diretamente na capacidade de retenção de água da carne (VAZ et al., 2007). Carne com menos capacidade de retenção de água implica em perdas do valor nutritivo através

da perda de exudato, resultando em carne mais seca e menos macia (REARDON et al., 2010). Problemas relacionados à baixa capacidade de retenção de água também podem trazer prejuízos econômicos para frigoríficos e varejistas em decorrência de maiores perdas por gotejamento (REARDON et al., 2010). A capacidade de retenção de água é afetada também pela quantidade de gordura na carcaça, de modo que carcaças com maior deposição de gordura diminuem a quantidade de água retida devido a esta não se ligar com a gordura (CLIMACO et al., 2006).

A maciez da carne é considerada a principal característica organoléptica da carne bovina, porém a inconsistência da característica tem-se mostrado um grande problema enfrentado pelos elos da cadeia produtiva da carne (HADLICH et al., 2006). Entre os fatores que influenciam a maciez podem ser destacados a genética, raça, fatores ambientais como idade, alimentação e também fatores postmortem, principalmente os ligados ao processo enzimático (BELEW et al., 2003; ALVES et al. 2005). Entre os fatores genéticos, a carne de bovinos de origem zebuína era identificada como dura porque estes animais eram abatidos com idade mais avançada se comparado às raças precoces taurinas.

A carne proveniente dos zebuínos poderia ser justificada como mais dura pela relação positiva existente entre a idade de abate e ligações cruzadas de colágeno nos músculos, o que prejudica a maciez da carne (KUSS et al., 2010). Além do componente idade, a menor deposição de gordura na carcaça e a ausência de gordura intramuscular dos zebuínos também prejudicaria a

maciez da carne devido ao resfriamento mais rápido das carcaças causando encurtamento dos sarcômeros (ALVES et al., 2005).

Com a intensificação dos sistemas produtivos que permitiram a redução da idade de abate e grau de acabamento ideal, os zebuínos ainda não são capazes de produzir carne com maior ou similar maciez que os taurinos, o que pode ser atribuído ao processo enzimático postmortem. Segundo Wheeler et al. (1990), as diferenças de maciez da carne de taurinos e zebuínos podem ser atribuídas a maiores concentrações e atividade de enzimas calpastatina no músculo dos zebuínos. Tais enzimas são responsáveis pela inibição de outro grupo de enzimas presente no músculo: as calpaínas. Estas enzimas atuam positivamente a favor da maciez, pois durante os processos proteolíticos, elas são responsáveis pela degradação das fibras musculares. Para Koohmaraie (1992), 15% da variabilidade na maciez da carne bovina se deve às diferenças em marmoreio e colágeno, sendo o restante devido às variações nas alterações no processo enzimático post-mortem.

Crouse et al. (1989) avaliaram durante quatro anos as características qualitativas da carne de 422 bovinos taurinos Hereford e Angus cruzados com zebuínos Brahman e Sahiwal com diferentes composições genéticas zebuíno:taurino (0:100, 25:75, 50:50 e 75:25). Os autores observaram que à medida que aumentava a composição de zebuíno nos animais, aumentava também a força de cisalhamento (P<0,01) e diminuição nas notas para maciez dos painéis de degustação. Segundo os autores, tais resultados devem-se aos fatos de ocorrer menor fragmentação da miofibrila, assim como, existir maior percentual de tecido conectivo na carne dos zebuínos.

Jonhson et al. (1990), ao trabalharem com bovinos Angus e Brahman, também observaram diminuição na maciez e aumento da força de cisalhamento na carne dos animais com maior composição genética zebuína. No Brasil, Restle et al. (1999) avaliaram a maciez da carne de bovinos Hereford puros e cruzados com Nelore nas seguintes proporções 5/8H+3/8N, 1/2H+1/2N e 1/4H+3/4N. Os autores observaram em ambas metodologias (avaliação sensorial e força de cizalhamento) que a maciez da carne diminuiu proporcionalmente com o aumento da composição genética de zebuínos.

A suculência da carne é percebida pelo consumidor através de duas formas: a primeira percepção é com relação à umidade durante os primeiros processos de mastigação e, o segundo, é uma suculência sustentada pelo efeito estimulante da gordura sobre a salivação (LARWIE, 2005). Segundo Vaz et al. (2007), a suculência da carne está relacionada à menor perda de líquidos da carcaça após o abate e durante a estocagem da carne. Isso porque, a gordura subcutânea atua como isolante térmico nas carcaças durante o processo de refrigeração, evitando perdas de água por gotejamento e evaporação, conforme discutido anteriormente. Entretanto, existe uma relação inversa entre extrato etéreo e umidade na carne, de forma que quando aumentada a concentração de extrato etéreo, ocorre diminuição da umidade na carne (RODRIGUES et al., 2004). Isso porque a água se localiza mais nos músculos que na gordura, devido ao músculo possuir alta proporção de proteína, que exerce maior atração sobre a água (VAZ et al., 2001).

A cor da carne é o fator mais importante que afeta a aceitação do consumidor, decisão de compra e satisfação do produto carne (MUCHENJE et

al., 2009). As determinações da cor da gordura e carne realizadas utilizando o método da Comissão Internacional do Sistema de Cores de l'Eclairage (CIE) avalia três principais parâmetros: A luminosidade (L*) mede a refletância da luz sendo 0 = preto e 100 branco, é influenciada principalmente pela quantidade de água na superfície do corte (PURCHAS, 1990). A intensidade da cor vermelha (a*) mede vermelho positivo e verde negativo e, a intensidade da cor amarela (b*) que mede para o lado positivo a cor amarelo e para o negativo azul.

A cor da carne pode ser afetada por diversas características como idade do animal, dieta e nível de atividade física (BUABLITS et al., 2004; RODRIGUES et al., 2004; COSTA et al., 2008; FERNANDES et al., 2008; FERNANDES et al., 2009). A mioglobina é a proteína responsável pela cor vermelha da carne quando se liga a molécula de oxigênio (oximioglobina). Nesse sentido quanto maior a atividade do músculo mais oxigênio é demandado pelo animal produzindo maiores teores de mioglobina no músculo ocasionando maior vermelhidão na carne oriunda desses animais (MUCHENJE et al., 2009). Geralmente a carne de animais mais velhos também possuem maior saturação de vermelho (a*), pois a mioglobima torna-se menos eficiente em reter oxigênio no músculo sendo produzido em níveis mais altos (MUCHENJE et al., 2009). Müller (1987) comenta que o consumidor rejeita a carne com coloração mais escura. A cor também possui relação com o pH da carne após resfriamento (FERNANDES et al., 2008). Conforme comentado anteriormente, a coloração da carne é mais escura quando o pH é mais alto, principalmente como o caso de carnes DFD.

Entre as características da cor da gordura destaca-se com maior importância a intensidade de amarelo ou b* (MUCHENJE et al., 2009). Tal parâmetro é influenciado principalmente pelo tipo de dieta, na qual a alimentação baseada a pasto produz maior intensidade de amarelo na carne devido a alta concentração de pigmentos betacarotenos presente nos volumosos verdes que são depositados na gordura (FERNANDES et al., 2008; MUCHENJE et al.; 2009; DALEY et al., 2010). Segundo Baublits et al. (2004), os consumidores frequentemente percebem a coloração amarelada da gordura e associam tal características a um animal velho ou doente.

2.5 Avaliação bioeconômica

Além de possuir o maior rebanho bovino comercial do mundo, a disponibilidade de grandes extensões de pastagens, possibilita ao Brasil que sistemas de produção extensivos tornem-se competitivos neste cenário, como resultado de custos de produção mais baixos (JORGE JR et al., 2006). Entretanto, é comum nesses sistemas os baixos índices produtivos e, sobretudo, econômicos que muitas vezes passa despercebido pelo pecuarista devido principalmente à carência de controle dos mesmos.

Indiferentemente, o Rio Grande do Sul, um estado com foco na produção de bovinos de corte, possui diferentes tipos de sistemas de produção. Por suas características históricas associadas a questões ambientais, tem como base a produção extensiva, com a alimentação baseada em pastagens naturais (GONÇALVES et al., 2017). Esta produção, apesar de apresentar

baixos desempenhos reprodutivos no ciclo de cria (DE SOUSA E SILVA et al., 2014), determinantes de baixas rentabilidades (OIAGEN et al., 2009), ainda possui grande importância econômica, social e cultural.

A fase da cria é longa e onerosa e, consequentemente, de menor retorno econômico para o produtor, principalmente pela grande mobilização de terras e rebanhos em relação ao seu produto final, o bezerro (CORRÊA et al., 2009). Segundo Oliveira et al. (2006), as receitas da fase de cria não correspondem somente a produção de bezerros ao desmame, pois ocorre também a comercialização das vacas falhadas no rebanho, que dependendo principalmente do nível de recursos alimentares, podem ter dois destinos: ser descartada e comercializada magra após o resultado negativo do diagnóstico de gestação ou, ser encaminhada para o processo de terminação visando sua comercialização gorda ao abate. Beretta et al. (2002b), ao avaliarem o sistema tradicional verificaram ser a comercialização de vacas de descarte, a maior contribuição das receitas desse sistema.

Segundo Gonçalves et al. (2017), as propriedades rurais devem ser avaliadas como empresas, porém existe ainda uma dificuldade associado a resistência dos pecuaristas no controle de custos e na avaliação dos resultados econômicos, os quais deveriam auxiliar na tomada de decisão. Para tanto, a modelagem de sistemas produtivos em função de dados coletados no campo, é alternativa para auxiliar na avaliação de resultados e na tomada de decisão sobre alternativas de produção e suas viabilidades dentro dos sistemas produtivos (FONTOURA-JÚNIOR et al., 2007).

O processo de modelagem dentro da pecuária possibilita comparar diferentes índices zootécnicos, como também em diferentes ciclos produtivos (cria, recria, ciclo completo), permitindo visualizar a eficiência ou ineficiência biológica e econômica do processo (BERETTA et., 2001; 2002a; 2002b).

No Uruguai, Soares de Lima e Montossi (2016) desenvolveram um modelo bioeconômico para avaliar a influência da taxa de desmame sobre a margem bruta para um sistema de cria de bovinos de corte para alguns países. Os autores observaram pouca variação na margem bruta com aumento da taxa desmame de 70% até 90%, justificando tal resultado ser dependente do alto preço da vaca gorda de descarte em relação ao preço do bezerro no Brasil (90%). Por outro lado, nos Estados Unidos da América, onde os preços da vaca gorda representam 34% do preço do bezerro, cada ponto aumentado na taxa de desmame, significa um aumento no lucro de R\$10,80 por hectare. No Uruguai onde o preço da vaca gorda representa 68% do bezerro, o indicador acima simularia R\$ 2,80 de aumento no lucro por hectare.

Em nosso país, onde os preços das vacas de descarte são relativamente altos em relação aos bezerros, diferentemente de outros países mais desenvolvidos, a vaca não pode ser considerada como um subproduto dentro dos sistemas de cria brasileiros. Nesse cenário, investimentos em tecnologias onerosas de intensificação para aumentar a eficiência da vaca para produção de bezerros podem não ser considerados uma boa alternativa do ponto de vista econômico, visto que o retorno econômico pelo aumento de taxa de prenhez pode ser quase nulo.

3 Capítulo 1

CAP1. Crossbreeding in beef cow-calf growth and efficiency: Evaluation of Angus, Caracu, Hereford and Nelore breed direct, maternal and heterosis effects

Artigo submetido à revista Translational Animal Science

ISSN: 2573-2102

Running head: Growth and efficiency of beef cows

Crossbreeding in beef cow-calf growth and efficiency: evaluation of Angus,
Caracu, Hereford and Nelore breed direct, maternal and heterosis effects

F. S. Mendonça*², M. D. MacNeil†, W. S. Leal*, R. C. C. Azambuja*‡, P. R. Rodrigues*‡, F. F. Cardoso*§

* Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Pelotas, 96010-900, Pelotas, Brasil

† Delta G, 145 Ice Cave Rd., Miles City, Montana, MT, United States; and Department of Animal Wildlife and Grassland Sciences, University of the Free State, P.O Box 339, Bloemfontein 9300, South Africa

‡ Serviço de Aprendizagem Rural (SENAR), 90050-390, Porto Alegre, Brazil

§ Embrapa Pecuária Sul, Rodovia BR-153, Km 632,9 Vila Industrial, Zona Rural, Caixa Postal 242, CEP: 96401-970, Bagé, RS, Brazil

²Corresponding author: Fábio Souza Mendonça. Email: <u>fsmzootecnista@gmail.com</u>

ABSTRACT: The objective of this study was to determine breed additive and heterosis 1 2 effects on growth curves, milk yield (TMY), calf weaning weight (WW), predicted energy intake (EI) and cow efficiency (CE) of purebred and crossbred beef cows raised 3 in southern Brazil. The data were from 175 purebred and crossbred cows representing 4 5 eight genetic groups: Angus (A), Hereford (H), Nelore (N), A x H (AH), H x A (HA), A x N (AN), N x A (NA) and Caracu (C) x A (CA). Growth of the cows was modeled 6 using the nonlinear Brody function; machine milking was used to assess TMY. 7 Weaning weight was linearly adjusted to 210 d. Energy intake was predicted with an 8 9 equation in which the independent variables were estimates of parameters of the Brody 10 function and TMY. The ratio between WW to EI estimated CE. Taurine-indicine heterosis effects were significant for all traits, and greater than those for taurine breed 11 crosses. In general, crossbred cows were heavier at maturity, matured earlier, produced 12 13 more milk, weaned heavier calves, and were predicted to consume more energy. Thus, they were more efficient than purebred cows, despite their greater predicted feed intake. 14 15 Among the purebreds, A cows matured most rapidly, weighed the least at maturity, 16 produced the most milk, weaned the heaviest calves, were predicted to consume the least energy; and were therefore most efficient among the breeds that were evaluated. 17 18 These results are useful as inputs to bio-economic models that can be used to predict 19 productive economic outcomes from crossbreeding facilitate and and to recommendations for beef producers of southern Brazil and other similar subtropical 20 21 climatic regions.

Key words: Energy requirement, genetic effects, indicine, maternal ability, taurine.

INTRODUCTION

The diversity of breeds and crosses raised in cow-calf production systems results in phenotypic differences related to biological type, weight, growth and milk yield within and between herds (Calegare et al., 2007; 2009; Kippert et al., 2008, Rodrigues et al., 2014). These differences may produce economically relevant outcomes, like weaning weight (Muniz and Queiroz, 1998; Rodrigues et al., 2014; Walmsley et al., 2016). However, they are also indicative of costs to maintain the cow herd (Green et al., 1991; Montaño-Bermudez et al., 1990). Dickerson (1969, 1973) presented models that facilitate describing these differences as genetic effects that can be used to simulate a variety of crosses and crossbreeding systems.

In Brazil, pasture-based production systems predominate and measuring feed consumed by the cows is not feasible. However, energy intake by cows can be estimated from their body weight mass and milk production (Anderson et al., 1983). Nonlinear equations, characterized by relatively few parameters to which biological interpretations can be straightforwardly ascribed, have been shown to adequately describe the growth of cattle (Bahashwan et al., 2015; Gano et al., 2015). Such equations can be integrated into simulation models that allow for evaluation of trade-offs such as those that exist between feed consumed and weaning weight produced in cow-calf production systems. Therefore, the objective of the present study was to compare growth curve parameters estimated through non-linear model, milk production, calf weaning weight, predicted energy intake and efficiency for different breed groups of cows raised under extensive grazing conditions of southern Brazil. A second objective was to predict breed-specific

genetic effects on these traits in order to facilitate use of the results in simulation modeling.

MATERIAL AND METHODS

All experimental procedures that involved animals were approved by the Committee for Ethics in Animal Experimentation from the Federal University of Pelotas (Pelotas, Brazil; Process CEEA N° . 8250-2015).

The study was conducted at Embrapa South Livestock Center of the Brazilian Agricultural Research Corporation, near the city of Bagé, Rio Grande do Sul, Southern Brazil. The region has a subtropical climate, with an average annual temperature of 17.6°C, ranging between 12.5°C in June and 24°C January, and with extremes of –4°C and 41°C. Average annual rainfall is 1,350 mm, with approximately 25%, 34%, 25%, and 16% occurring in autumn, winter, spring, and summer, respectively.

The data originated from 175 cows of the following breed groups: 31 Angus (A), 14 Hereford (H), 12 Nelore (N), 16 A × H (AH), 29 H × A (HA), 15 A × N (AN), 24 N × A (NA) and 34 Caracu (C) × A (CA). Breed of sire was first identified in crossbred groups. The cows were born between August and November of 2006 to 2009. Within each breed group, the cows were randomly divided and mated to either Brangus (BN) or Braford (BO) bulls from 2008 to 2012. Only BN bulls were used from 2013 to 2015. Calves were born between September and December each year.

Growth parameters

The cows had an average of 19.2 body weight records starting at birth, bimonthly thereafter through two years of age when they were first exposed, and subsequently when their calves were weaned (Figure 1). The weights were measured using a Tru-Test XR3000 electronic scale (Tru-Test Group, Auckland, New Zealand) with a maximum capacity of 1,500 kg and precision of 100 g.

The Brody (1964) equation [1] describing the nonlinear growth curve of each cow was fit using the NLS function of R.

75
$$W = A(1 - Be|-kt)$$
 [1]

In this equation W (kg) is the weight at age t (days); A (kg) is the asymptotic weight when age t tends to infinity; B is the integration constant, and k is the maturing rate. The interpretation of the function parameters is as follows (Fitzhugh, 1976; Freetly et al., 2011): Estimates of A are interpreted as mature size. Estimates of k describe the rate that growth occurs with the change in size (parameter B).

Milk Yield

Milk production (MY) was measured using a Fockink ATBVF200 milking machine (Grupo Fockink, Panambi/RS, Brazil) at 3 different times during lactation: beginning (18–58 d), middle (92–135 d), and end (152–242 d). These measures were transformed to estimate the milk yield in 24 h as proposed by Restle et al. (2003):

$$MY = MMY \times \frac{60}{3} \times 24$$
 [2.1]

where *MY* = estimated 24-h milk yield in kg/day,*MMY* = measured milk yield, kg, and *IM* = time interval in minutes between the last suckling and milking. For all cows, a lactation curve for each lactation was fit to the model proposed by Jenkins and Ferrell (1984):

$$MY_w = \frac{W}{ae^{kw}}$$
 [2.2]

- where $MY_w = \text{milk}$ yield in 24 h corrected to 4% of fat content observed at the w^{th} week after calving, a = curve scale parameter, e = exponential function, k = curve shape parameter, and w = lactation length in weeks.
- Estimates of the parameters *a* and *k* were used, following Jenkins and Ferrell (1984), to calculate the total production during 210 d (or 30 wk) of lactation (TMY):

97
$$TMY = \frac{-7}{ak} \times \left(30e^{-k30} + \frac{1}{ke^{-k30}} - \frac{1}{k}\right)$$
 [2.3]

Calf weaning weight

98

At weaning, calves ranged in age from 133 to 249 days and their weights were corrected to 210 d of age using the following equation:

$$WW = \left(\frac{WW - BW}{WA}\right) \times 210 + BW$$
 [3]

- where WW = weaning weight in kg corrected to 210 d of age, WW = observed weaning weight, BW = birth weight, and WA = age at the weaning day in days.
- 104 Energy intake
- Equations for predicting EI in total digestible nutrient (TDN) as a function of body weight and milk were those proposed by Anderson et al. (1983) and validated by Kirkpatrick et al. (1985):

108
$$Y = 4.6631 + 0.0030W + 0.0010\Delta W + 0.0127(0.022TMY)$$
 [4.1]

109
$$Y = 4.6631 + 0.0030(Wt) + 0.0127(0.022TMY)$$
 [4.2]

where Y = TDN consumed/day; W = average weight of the cow in period t, $\Delta W = \text{the}$ change in weight over that period, and TMY = total milk yield for the 210 d lactation period. Equation [4.1] was used to measure the energy intake of growing cows (<2035)

days) and equation [4.2] for cows with stabilized mature weight (≥2035 days). Daily energy intake in TDN was transformed to annual kcal of metabolizable energy (ME) as follows:

116
$$ME = TDN \times 3.608 \times 365$$
 [4.3]

117 Cow efficiency was estimated as the ratio of WW to the EI of the cow (Lin, 1978).

Statistical models

119

Parameter estimates for the growth curve of each cow (A and k) were considered dependent variables (Y_{ijk}) and analyzed with the following model using "R" (R Core Team, 2018):

123
$$Y_{ijkl} = \mu + BG_i + CS_j + CY_k + e_{ijkl} [5.1]$$

- where: Y_{ijkl} = growth parameters (A and k) of the cows, μ = overall mean, BG_i = the fixed effect of the ith breed group, CS_j = the fixed effect of the jth season of birth (early, late), CY_k = the fixed effect of the kth birth year (2006 to 2009) and e_{ijkl} = the random residual effect attributable to the lth cow.
- Traits that were recorded from progeny of the cows (TMY, WW, EI and CE) had repaeated measures over time relative to the cows. Thus, additional parameters were introduced into the model:

131
$$Y_{ijklmnop} = \mu + BG_i + CS_j + CY_k + S_l + CO_m + BS_n + RC_o + e_{ijklmnop}$$
 [5.2]

where: $Y_{ijklmnop}$ = was a dependent variable (TMY, WW, EI or CE), μ = overall mean, BG_i = the fixed effect of the ith breed group, CS_j = the fixed effect of the jth calving

season (early, late), CY_k = the fixed effect of the kth year of birth (2009 up to 2015), S_l = the fixed effect of the lth sex of calf (Male, Female), CO_m = the fixed effect of the mth age of cow/calving order combination which was defined as: first calving 3-yr-old cows (3.1), first calving 4-yr-old cows (4.1), second calving 4-yr-old cows (4.2), second calving 4-yr-old cows that were first mated and pregnant at 18 mo (4.18), second calving 5-yr-old cows (5.2), third calving 5-yr-old cows (5.3), second calving 6-yr-old cow (6.2), third calving 6-yr-old cow (6.3), fourth calving 6-yr-old cow (6.4), third calving 7-yr-old (7.3), fourth calving 7-yr-old (7.4), fifth calving 7-yr-old (7.5), fourth calving 8-yr-old (8.4), fifth calving 8-yr-old (8.5), sixth calving 8-yr-old (8.6), sixth calving 9-yr-old (9.6), and seventh calving 9-yr-old (9.7), BS_n = the fixed effect of the nth breed of sire (BO, BN), RC_o = the random effect of the oth cow on time, and $e_{ijklmnop}$ = the random residual effect attributable to the pth calf.

For the analysis of genetic coefficients, the BG effects were replaced by a series of linear regression effects using *lm* function of the R Software, according to the following statistical model:

149
$$BG_i = b_1 g_A^i + b_2 g_C^i + b_3 g_H^i + b_4 g_A^m + b_5 g_H^m + b_6 h_t^i + b_7 h_z^i [5.3]$$

In the foregoing equation, g_j^i represent the cow individual proportion of jth breed for A = Angus, C = Caracu, and H = Hereford in each ith BG; likewise, g_j^m represent the breed proportion of the dams of cows in each BG; the h^i represent the individual heterosis effects which were assumed to be proportional to expected individual heterozygosity (Gregory and Cundiff, 1980). The heterosis effects were further partitioned into whether the heterozygosity resulted from the combination of alleles from a taurine breed and an indicine breed (subscript z) or from two taurine breeds

(subscript t). This formulation for model parameters identification required restrictions that were imposed by setting the Nelore breed direct and maternal additive effects to zero in order to obtain a unique solution. The genetic expectations of each BG are shown in Table 1. Finally, b_1 , b_2 , b_3 = individual additive breed effects of Angus, Caracu and Hereford coefficients, respectively; b_4 , b_5 = maternal additive breed effects of Angus and Hereford coefficients, respectively; b_6 , b_7 = individual heterosis coefficients as expressed by crosses of taurine breeds and of taurine and indicine breeds, respectively. Predicted means were estimated and compared applying the R/base contrast function to direct and maternal additive and individual heterosis effects, and fractional coefficients (Max et al., 2013) that are appropriate to the BGs.

168 RESULTS

Greater values of the A parameter were observed for the AN, HA and CA crossbred cows compared to the purebred A cows, while the AN and CA cows had a greater maturing rate compared to N and H cows (Table 2). Despite, an overall trend for larger crossbred cows, except for H that also had a large mature weight, there was great variability in body weight and growth within breed group, such that most of the comparisons were not significant (P > 0.10). Individual additive effects were positive for A, but only the H breed effect was significant indicating a 63.9 kg increase relative to g_N^i (Table 3). Estimates of maternal effects on A were negative, but no significant differences were identified. The h_z^i effect significantly increased mature weight by 34.8 kg. And, likewise, the parameter k increased by 0.00025 kg due to the h_z^i effect, resulting in earlier maturation of taurine × indicine crossbred cows (Table 3).

Greater TMY was observed for AH, AN, and CA cows compared to HA, A, H and N cows (Table 2). This was mostly due to significant h_z^i and h_t^i effects of 207 and 194 kg of milk in a 210 days lactation (Table 3). The H breed had negative individual and positive maternal effect on TMY. This resulted in the surprising greater milk production of AH cows (i.e., daughters of H dams) than their HA contemporaries (Table 2). Crossbred AN and CA cows produced heavier calves than purebreds A, N and H and also the crossbred HA cows (Table 2). The h_z^i effect was positive on WW (Table 3) increasing milk production by 9.7%. The g_H^i and g_C^i also affected WW, respectively, with differences of -11.1% and +12.1% in comparison to g_N^i .

Purebred N cows consumed on average less energy than the crossbreds, but were less efficient at transforming energy consumed in calf production, except that HA breed group was similar in efficiency to the N breed (Table 2). The AN, AH and CA cows despite larger consumption of energy had the greatest efficiency in converting this energy intake into WW. When the data were partitioned into genetic coefficients, significant effects were observed of the g_C^i , g_H^i and h_Z^i coefficients for annual EI (Table 3). Regarding CE, unfavorable g_H^i and favorable h_Z^i effects were observed (Table 3). The g_H^i effect increased kcal intake by 2.9% compared to g_N^i . This result combined with negative g_H^i effect on WW explains the observed 11.1% decrease in CE that was attributed to g_H^i . Despite increasing EI, the positive effect of h_Z^i on WW resulted in a favorable increase in CE of 7.4%.

201 DISCUSSION

Use of genetic resources through crossbreeding systems has as main objective to exploit genetic differences between breeds, heterosis, and complementarity to improve

the performance of animals raised in different environmental conditions. (Perotto et al., 2000; Prayaga, 2003). Therefore, we measured cow performance and estimated energy intake to identify crosses that are characterized by a favorable balance of outputs and inputs in order to improve economic return to production systems in southern Brazil; an essential feature of successful crossbreeding systems (Trematore et al., 1998).

Growth parameters

Growth traits have a direct relationship with the productive life of animals (Araújo et al., 2012; Espigolan et al., 2012; Bahashwan et al., 2015). Therefore, they have been long recognized as important to all animal scientists, regardless of specialization, who are concerned with the effects of their research and recommendations on lifetime production efficiency (Fitzhugh. 1976). Herein body weights were related to age using nonlinear model, since these models have the advantage of summarizing several measurements taken during the life of the animal in few parameters with straightforward interpretations (Marinho et al., 2013; Bahashwan et al., 2015).

In the present study, the model of Brody (1964) was chosen because it has been shown appropriate to describe the growth of beef cattle (Brown et al., 1976 De Lima Silva et al., 2011; Marinho et al., 2013; Lopes et al., 2016). Here cow growth was modeled using mature weight and maturing rate parameters indicating trends for greater size and earlier maturation of crossbreds (except H in A parameter) compared to purebred cows (Table 2). Similar results have been found previously (Muniz and Queiroz, 1998; Trematore et al., 1998; Kippert et al., 2008). Nevertheless, there was also substantial variation in mature weight (cv= 13.3%) and maturing rate (cv= 19.7%)

within breed groups and just the most extreme differences could be declared significant. Evidence clearly points to taurine \times indicine crossbred cows attaining greater mature size and maturing earlier than their purebred counterparts as h_z^i effects on mature weight and maturing rate were positive 7.8% and 19.2%, respectively (Table 3), Likewise, Nelsen et al. (1982) found positive individual heterosis effects on mature weight in crosses between Angus, Brahman, Hereford, Holstein and Jersey. However, contrary to the present results, Nelsen et al. (1982) did not find evidence of heterosis for maturing rate.

The fact that h_z^i was greater than h_t^i for growth parameters (A and k) may be related to the dominance theory, assuming that the genetic distance between the parental breeds is proportional to the magnitude of heterosis (Kippert et al., 2008; Brandt et al., 2010; Schiermiester et al., 2015) and that the distance between taurine and zebu breeds is greater than the distance between taurine breeds (Roso and Fries, 2000; Decker et al., 2014).

The g_H^i effect was significant and increased weight at maturity by 14.3% relative to N and thus the greater mature weight of H among purebred cows (Table 3). These results suggest use of H in systems that target larger cows. Although the presence of maternal effects, mainly due to the uterine environment and milk production (Muniz and Queiroz, 1998), are well established, their effects on parameters of the Brody growth curve were not detected (Table 3). However, most of the weights were recorded after weaning when maternal effects are no longer expected (Meyer, 1992).

The primary purpose to include TMY and WW in the present work was to assess EI and CE. Therefore, only key results for these traits are discussed here with a more

detailed assessment of the studied population found elsewhere (Rodrigues et al., 2014; Leal et al., 2018). Greater TMY and WW observed in the crossbred (AH, AN and CA) relative to purebred cows (except AH vs. A and N for WW) were mainly due to heterosis effects; with h_z^i slightly greater than h_t^i for both traits (Tables 2 and 3). These results agree with previous studies in which cows with greater milk yield had heavier calves at weaning (Miller and Wilton, 1999; MacNeil and Mott, 2006; Rodrigues et al., 2014). This also confirms the positive effect of crossbreeding on productive traits of economic importance, such as WW for cow/calf systems.

Adapted animals, especially under extensive conditions with exclusively pasture feeding, may generate not only productive advantages but also economic benefits for the beef cattle production system. Thus, the success of the beef production depends on an appropriate matching of the genetic resources with the particular nutritional environment (Kress and MacNeil, 1999; Calegare et al., 2009; Walmsley et al., 2016). Here, EI was predicted as a function of cow weight, weight change, and milk production. Thus, genetic effects that affected these traits also had some impact on EI. Jenkins and Ferrell (1983) established that although heterosis and complementarity potentially increased productive traits, crossbreeding also had the potential to increase herd energy requirements. Calegare et al. (2007) also observed that crossbred cows (Nelore x Angus or Nelore x Simmental) were 46 kg heavier and presented a 10% increase in EI in relation to N cows.

Adaptation of the N breed to restricted nutritional environments in tropical climate may be an advantage to reduce the energetic requirements of the herd (Calegare et al., 2009). However, it is believed that despite the extensive conditions of the present study, the cows did not suffer from critical nutritional conditions that could provide an

adaptive advantage to N cows. In fact, another benefit of crossbreeding is that heterosis has potentially larger effect in poor environments with feed restrictions (Cunningham, 1982), such as the case of the present study in which cows were reared in extensive native pasture grazing systems.

Cow efficiency

According to MacNeil et al. (2017) cow efficiency can be measured in a number of ways including by the ratio between the mass of calf produced and the feed inputs required to maintain the cow and allow her to provide for her calf. Thus, cow efficiency was measured in the present study as the ratio of WW and predicted EI. This allowed an estimation of productive efficiency in an environment where it was not feasible to directly measure feed intake.

One might expect that larger animals with greater energy requirements could be less efficient in an extensive environment, based exclusively on natural grazing (Lopez de Torre et al, 1992). According Dickerson (1992), the higher maintenance requirements of heavier breeding females reduce the efficiency at the herd level. On the other hand, Pang et al. (1999) evaluating through simulations the effects of cows size (mature cow weights of 450, 550 and 650 kg) concluded that when comparisons of cow size were made at a constant calf weaning age (200 d), the small size cows had the lowest bioeconomic efficiency.

In the present study, even though there significant differences observed in parameter A among the breed groups, mature size was not the single cause of breed differences in cow performance and efficiency. A broader interpretation is necessary, considering the different selection histories of breeds and selection intensities for

weaning weight, milk yield and reproductive performance (Morris and Wilton, 1976). Probably because we did not have continental breeds in our breed groups, there were no major differences between cow weights (Table 2), as was the case of other similar studies (Laster et al., 1976; Nadarajah et al., 1984). In our case, AN cows were the heaviest, produced more milk, and had greater predicted EI, but were also more efficient (Table 2), as result of a positive effect of h_z^i (Table 3). Thus, the extra WW was more than sufficient to offset the higher EI of AN cows.

Although the H had a large mature size, it had moderate EI, as a result of producing less milk, which in turn negatively affected WW. The negative value of the g_H^i effect to CE indicates less efficient production as the proportion of H increased. Although A cows weighed less at maturity, they produced calves with intermediate WW and thus were more efficient than H cows.

The results presented in this study are useful to parameterize bio-economic models in terms of expected means and variability of designed crossbreeding systems (MacNeil et al., 1994) and to predict their productive and economical benefits. Because estimates were derived from genetic coefficients (Equation [5.3]), model predictions could be generalized to evaluate systems including breed groups other than the ones in the present study as long as the coefficients are within the evaluated range. The development of such predictions tools would be instrumental to make reliable crossbreeding recommendations for beef producers of southern Brazil and other similar subtropical climate regions.

| 319 | CONCLUSION |
|-----------------------------------|---|
| 320 | Crossbred cows on average have larger mature weight and faster maturing rate |
| 321 | due to heterotic effects that are also dependent on the distance between the parental |
| 322 | breeds. As an exception, purebred H cows showed similar mature weight to crossbreds. |
| 323 | Crossbred cows produced greater amount of milk and heavier calves, being these |
| 324 | traits also influenced by heterosis; however, less dependent of the distance of the breeds |
| 325 | involved in the crossing. Among purebreds, the A cows produced heavier calves that H |
| 326 | cows at weaning with the N breed being intermediate. |
| 327 | The effect of taurine-indicine heterosis increased energy intake (input) and calf |
| 328 | weight at weaning (output); however, the greater relative increases in outputs resulted in |
| 329 | greater efficiency of the crossbred cows. |
| 330 | LITERATURE CITED |
| 331 | Anderson, V. L., C. Lorna Jost, A. Dinkel and M. A. Brown. 1983. Prediction of daily |
| 332 | total digestible nutrient requirement of beef cows in northern climates. J. Anim. |
| 333 | Sci. 56:271–279. |
| 334 | Araújo, R. O., C. R. Marcondes, M. C. F. Damé, A. D. V. Garnero, R. J. Gunsk, D. M. |
| | |
| 335 | Everlingi and P. R N. Rorato. 2012. Classical nonlinear models to describe the |
| 335336 | Everlingi and P. R N. Rorato. 2012. Classical nonlinear models to describe the growth curve for Murrah buffalo breed. Cienc. Rural. 42:520–525. |
| | |
| 336 | growth curve for Murrah buffalo breed. Cienc. Rural. 42:520–525. |

- Brandt, H., A. Mullenhoff, C. Lambertz, G. Erhardt and M. Gauly. 2010. Estimation of
- genetic and crossbreeding parameters for preweaning traits in German Angus and
- Simmental beef cattle and the reciprocal crosses. J. Anim. Sci. 88:80–86.
- 343 Brody, S. Bioenergetics and Growth. Hafner Publishing Company Inc. 1964. New
- York, NY. Inc., New York, NY.
- Brown, J. E., H. A. Fitzhugh and T. C. Cartwright. 1976. A comparison of nonlinear
- models for describing weight-age relationships in cattle. J. Anim. Sci. 42:810–
- 347 818.
- 348 Calegare L., M. M. Alencar, I. U. Packer and D. P. D. Lanna. 2007. Energy
- requirements and cow/calf efficiency of Nellore and Continental and British Bos
- taurus × Nellore crosses. J. Anim. Sci. 85:2413–2422.
- 351 Calegare L., M. M. Alencar, I. U. Packer and D. P. D. Lanna. 2009. Cow/calf
- preweaning efficiency of Nellore and Bos taurus × Bos indicus crosses. J. Anim.
- 353 Sci. 87:740–747.
- Cunningham, E. P. 1982. The genetic basis of heterosis. In Proc. of the 2nd World
- Congress on Genetics Applied to Livestock Production. 6:190-205.
- Decker, J. E., S. D. McKay, M. M. Rolf, J. W. Kim, A. M. Alcala, T. S. Sonstegard, O.
- Hanotte, A. Go"therstro, C. M. Seabury, L. Praharani, M. E. Babar, L. C. A.
- Regitano, M. A. Yildiz, M. P. Heaton, W. Liu, C Lei, J. M. Reecy, S. U. Rehman,
- R. D. Schnabell and J. F. Taylor. 2014. Worldwide Patterns of Ancestry,
- Divergence, and Admixture in Domesticated Cattle. Plos Genetics. 10:1-10.

- De Lima Silva, F., M. M. De Alencar, A. R. De Freitas, I. U. Packer and G. B. Mourão.
- 2011. Curvas de crescimento em vacas de corte de diferentes tipos
- biológicos. Pesq. Agropec. Bras. 46:262–271.
- Dickerson, G. E. 1969. Experimental approaches in utilising breed resources. Anim.
- 365 Breed. Abstr. 37:191–202.
- Dickerson, G. E. 1973. Inbreeding and heterosis in animals. In 'Proceedings of the
- Animal Breeding and Genetics Symposium in Honour of Dr. J. L. Lush'. p 54–77.
- 368 (Champaign, IL).
- Dickerson, G. E. 1982. Principles in establishing breeding objectives. In: R.A. Barton
- and W.C. Smith (Ed.), Proc. Wld. Congr. on Sheep and Cattle Breed. 1:9.
- Espigolan, R., F. Baldi, A. A. Boligon, G. Banchero, G. Brito, A. La Manna, F.
- Montossi, E. Fernandez and L. G. Albuquerque. 2013. Aplicação de modelos não-
- lineares para descrever a evolução de características de crescimento e carcaça em
- bovinos da raça Hereford. Cienc. Rural. 43:513–519.
- Ferrell, C. L. and T. G. Jenkins. 1985. Cow type and the nutritional environment:
- nutritional aspects. J. Anim. Sci. 61:725–741.
- 377 Fitzhugh H. A. Jr. 1976. Analysis of growth curves and strategies for altering their
- shape. J. Anim. Sci. 42:1036–1051.
- Freetly, H. C., L. A. Kuehn and L. V. Cundiff. 2011. Growth curves of crossbred cows
- sired by Hereford, Angus, Belgian Blue, Brahman, Boran, and Tuli bulls, and the
- fraction of mature body weight and height at puberty. J. Anim. Sci. 89:2373–
- 382 2379.

- Gano, G., M. Blanco, I. Casasús, X. Cortés-Lacruz, and D. Villalba. 2015. Comparison
- of B-splines and non-linear functions to describe growth patterns and predict
- mature weight of female beef cattle. Animal Prod. Sci. 56:1787–1796.
- Green, R. D., L. V. Cundiff, G. E. Dickerson and T. G. Jenkins. 1991. Output/input
- differences among nonpregnant, lactating bos indicus-bos taurus and bos taurus-
- 388 *bos taurus* f₁ cross cows. J. Anim. Sci. 69:3156–3166.
- 389 Gregory K. E. and L. V. Cundiff. 1980. Crossbreeding in beef cattle: Evaluation of
- 390 systems. J. Anim. Sci. 51:1224–1242.
- Jenkins, T. G. and C. L. Ferrell. 1983. Nutrient Requirements to Maintain Weight of
- Mature, Nonlactating, Nonpregrant Cows of Four Diverse Breed Types. J. Anim.
- 393 Sci. 56:761–770.
- Jenkins, T. G. and C. L. Ferrell. 1984. A note on lactation curves of crossbred cows.
- 395 Anim. Sci. 39:479–482.
- Kippert, C. J., P. R. N. Rorato, J. S. Lopes, T. Weber and A. A. Boligon. 2008. Efeitos
- 397 genéticos aditivos diretos e maternos e heterozigóticos sobre os desempenhos pré
- e pós-desmama em uma população multirracial Aberdeen Angus× Nelore. Rev.
- 399 Bras. Zootec. 37:1383–1391.
- 400 Kirkpatrick, B. W., C. A. Dinkel, J. J. Rutledge and E. R. Hauser. 1985. Prediction
- 401 equations of beef cow efficiency. J Anim Sci, 60:964-969.
- 402 Kress, D. D. and M. D. MacNeil. 1999. Crossbreeding for Beef Cattle for Western
- 403 Range Environments. In *WCC-1* Committee Publications (pp. 1-21).

- Laster, D. B., G. M. Smith and K. E. Gregory. 1976. Characterization of Biological
- Types of Cattle IV. Postweaning Growth and Puberty of Heifers. J. Anim.
- 406 *Sci.* 43(1):63-70.
- Leal, W. S., M. D. MacNeil, H. C. Carvalho, R. Z. Vaz and F. F. Cardoso. 2018. Direct
- and maternal breed additive and heterosis effects on growth traits of beef cattle
- raised in southern Brazil, J. Anim. Sci. 96:2536–2544.
- 410 Lin, C. I. 1980. Relative Efficiency of Selection Methods for Improvement of Feed
- 411 Efficiency. J. Dairy Sci. 63:491–494.
- Lopes, F. B., C. U. Magnabosco, F. M. De Souza, A. S. De Assis, L. C. Brunes, E.
- 413 Cerrados and C. P. D. Brasil. 2016. Análises de dados longitudinais em bovinos
- Nelore Mocho por meio de modelos não lineares. Arch. Zootec. 65:123–129.
- Lopez de Torre, G., J. J. Candotti, A. Reverter, M. M. Bellido, P. Vasco, J. J. Gorciao
- and J. S. Brinks. 1992. Effects of growt,h curve parameters on calf efficiency. J.
- 417 Anim. Sci., 70:2668-2672.
- 418 MacNeil, M. D., S. Newman and R. M. Enns. 1994. Stewart-Smith, J. Relative
- economic values for Canadian beef production using specialized sire and dam
- 420 lines. Can. J. Anim. Sci. 74:411–417.
- 421 MacNeil, M. D. and T. B. Mott. 2006. Genetic analysis of gain from birth to weaning,
- milk production, and udder conformation in Line 1 Hereford cattle. J. Anim.
- 423 Sci. 84:1639–1645.

- 424 MacNeil, M. D., M. C. Mokolobate, M. M. Scholtz, F. J. Jordaan and F. W. C. Neser.
- 425 2017. Alternative approaches to evaluation of cow efficiency. S. Afr. J. Anim. Sci.
- 426 47:118–123.
- 427 Marinho, K. N. D. S., A. R. D. Freitas, A. J. D. S. Falcão and F. E. F. Dias. 2013.
- Nonlinear models for fitting growth curves of Nellore cows reared in the Amazon
- 429 Biome. Rev. Bras. Zootec. 42:645–650.
- 430 Max, K., W. Steve, W. Jed, F. James and T. Thorn. 2013. Contrast: A collection of
- contrast methods. R package version 0.19.
- 432 Meyer, K. 1992. Variance components due to direct and maternal effects for growth
- traits of Australian beef cattle. Livest. Prod. Sci. 31:179-204.
- 434 Miller, S. P. and Wilton, J. W. 1999. Genetic relationships among direct and maternal
- components of milk yield and maternal weaning gain in a multibreed beef herd. J.
- 436 Anim. Sci. 77:1155–1161.
- 437 Montaño-Bermudez, M., M. K. Nielsen and G. H. Deutscher. 1990. Energy
- requirements for maintenance of crossbred beef cattle with different genetic
- 439 potential for milk. J. Anim. Sci. 68:2279–2288.
- 440 Morris C. A. and J. W. Wilton. 1976. Influence of body size on the biological efficiency
- of cows: a review. Can. J. Anim. Sci. 56: 613-617.
- Muniz, C. A. D. S. D. and S. A. D. Queiroz. 1998. Avaliação do peso à desmama e do
- ganho médio de peso de bezerros cruzados, no Estado do Mato Grosso do
- 444 Sul. Rev. Bras. Zootec. 27:504–512.

- Nadarajah, K., T. J. Marlowe and D. R. Notter. 1984. Growth Patterns of Angus,
- Charolais, Charolais× Angus and Holstein× Angus Cows from Birth to Maturity
- 447 1, 2, 3. J.Anim. Sci. 59(4):957-966.
- Nelsen, T., C. R. Long and T. C. Cartwright. 1982. Postinflection growth in straightbred
- and crossbred cattle. I. Heterosis for weight, height and maturing rate. J. Anim.
- 450 Sci. 55:280–292.
- Pang, H., M. H. Makarechian and J. A. Basarab. 1999. A simulation study on the effects
- of cow size and milk production on bioeconomic efficiency of range beef cattle. J.
- 453 Appl. Anim. Res. 16:119-128.
- 454 Prayaga, K. C. 2003. Evaluation of beef cattle genotypes and estimation of direct and
- maternal genetic effects in a tropical environment. 1. Growth traits. Aust. J. Agric.
- 456 Res. 54:1013–1025.
- 457 Perotto, D., A. C. Cubas, J. L. Moletta and C. Lesskiu. 2000. Heterose sobre os pesos de
- bovinos Canchim e Aberdeen Angus e de seus cruzamentos recíprocos. Pesq.
- 459 Agropec. Bras. 35:2511–2520.
- 460 R Core Team (2018) 'R: a language and environment for statistical computing.' (R
- 461 Foundation for Statistical Computing: Vienna) Available at https://www.R-
- project.org/ [Verified April 2018].
- Restle, J., P. S. Pacheco, J. L. Moletta, I. L. Brondani and L. Cerdótes. 2003. Genetic
- group and postpartum nutritional level on the milk yield and composition of beef
- cows. Rev. Bras. Zootec. 32:585–597.

- Rodrigues P. F., L. M. Menezes, R. C. C. Azambuja, R. W. Suñé, I. D. Barbosa Silveira
 and F. F. Cardoso. 2014. Milk yield and composition from Angus and Angus-
- 468 cross beef cows raised in southern Brazil. J. Anim. Sci. 92:2668–2676.
- Roso, V. N. and L. A. Fries. 2000. Avaliação das Heteroses Materna e Individual sobre
- o Ganho de Peso do Nascimento ao Desmame em Bovinos Angus x Nelore. Rev.
- 471 Bras. Zootec. 29:732–737.
- 472 Schiermiester, L. N., R. M. Thallman, L. A. Kuehn, S. D. Kachman and M. L. Spangler.
- 473 2015. Estimation of breed-specific heterosis effects for birth, weaning, and
- 474 yearling weight in cattle. J. Anim. Sci. 93:46–52.
- Trematore, R. L., M. D. Alencar, P. F. Barbosa, J. D. A. L. Oliveira and M. A. D.
- Almeida. 1998. Estimativas de efeitos aditivos e heteróticos para características de
- 477 crescimento pré-desmama em bovinos Charolês-Nelore. Rev. Bras
- 478 Zootec. 27:87–94.
- Walmsley, B. J., S. J. Lee, P. F. Parnell and W. S. Pitchford. 2016. A review of factors
- influencing key biological components of maternal productivity in temperate beef
- 481 cattle. Anim. Prod. Sci. 58:1–19.

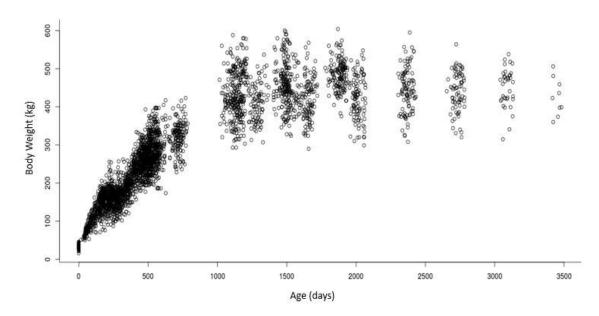


Figure 1. Body weights from birth to maturity of beef animals plotted against their age.

Table 1. Genetic effects coefficients for breed groups in the study: g_j^i = individual additive effect, g_j^m = maternal additive effect, h_j^i = individual heterosis; with subscripts A = Angus, C = Caracu, H = Hereford, N = Nelore, t = taurine breed crosses, and z = taurine-indicine crosses.

| Dunad annum ¹ | Genetic effects | | | | | | | | |
|----------------------------|-----------------|---------------|---------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Breed group ¹ | g_A^i | $g_{\it C}^i$ | g_H^i | g_N^i | g_A^m | g_H^m | g_N^m | h_z^i | h_t^i |
| Angus (A) | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Hereford (H) | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Nelore (N) | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| AH | 0.5 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| HA | 0.5 | 0 | 0.5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| NA | 0.5 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| AN | 0.5 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CA | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| ¹ Breed of sire | is ia | lentified | by | the first | syml | bol in | crossł | ored gi | oups. |

Table 2. Estimated breed group means for mature weight (A), maturing rate (k), total milk yield (TMY), 210-day weight (WW), predicted energy intake (EI), and cow efficiency (CE).

| Breed group | A | k (x 10 ⁻³) | TMY | WW | EI | $CE(x 10^{-2})$ |
|--------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| Angus (A) | 433.7 ± 11.5 b | 1.54 ± 0.06 ab | $1098. \pm 78.b$ | 201.9 ± 8.9 bc | $8238. \pm 57.c$ | $2.46 \pm 0.11b$ |
| Hereford (H) | $467.7 \pm 16.2 \text{ ab}$ | $1.44 \pm 0.08 \ bc$ | $1060. \pm 91.b$ | $186.8 \pm 10.4c$ | $8283. \pm 71bc$ | $2.26 \pm 0.12c$ |
| Nelore (N) | $445.9 \pm 18.2 \text{ ab}$ | 1.30 ± 0.09 c | $1012. \pm 98.b$ | 194.1 ± 11.2 bc | $8150. \pm 79.c$ | 2.40 ± 0.13 bc |
| AH | $465.0 \pm 28.3 \text{ ab}$ | $1.62 \pm 0.14 \text{ abc}$ | $1427. \pm 127.a$ | $221.6 \pm 14.5ab$ | $8435. \pm 116.abc$ | $2.64 \pm 0.17ab$ |
| HA | $472.1 \pm 11.5 \text{ a}$ | $1.60 \pm 0.12 \text{ ab}$ | $1120. \pm 80.b$ | 196.3 ± 9.1 bc | $8343. \pm 56.b$ | 2.37 ± 0.11 bc |
| AN | $492.1 \pm 15.8 a$ | 1.72 ± 0.06 a | $1356. \pm 88.a$ | $224.3 \pm 9.9a$ | $8516. \pm 68.a$ | $2.66 \pm 0.12a$ |
| NA | $457.0 \pm 24.7 \text{ ab}$ | 1.62 ± 0.12 ab | $1168. \pm 112.ab$ | $215.6 \pm 12.7ab$ | $8318. \pm 98.abc$ | $2.61 \pm 0.14ab$ |
| Caracu x A | $466.4 \pm 10.2 \text{ a}$ | 1.62 ± 0.12 a | $1312. \pm 78.a$ | $221.5 \pm 8.7a$ | $8405. \pm 53.ab$ | $2.65 \pm 0.11a$ |

Breed of sire is identified by the first symbol in crossbred groups. Means within column not sharing a common suffix are significantly different (P<0.05) by contrast t test.

Table 3. Estimates and standard errors of breed additive and heterosis effects on for mature weight (A), maturing rate (k), total milk yield (TMY), 210-day weight (WW), predicted energy intake (EI), and cow efficiency (CE).

| Genetic effect ¹ | A | k (x 10 ⁻⁴) | TMY | WW | EI | $CE(x 10^{-3})$ |
|--|-------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| g_A^i | 22.8 ± 40.6 | 3.4 ± 2.0 | $275. \pm 221.$ | 16.6 ± 16.4 | $286. \pm 129.$ | 1.16 ± 1.94 |
| $g_{\scriptscriptstyle C}^i$ | 54.4 ± 32.1 | 2.7 ± 1.6 | $314. \pm 115.**$ | $26.4 \pm 13.1*$ | 363. ± 118.** | 2.18 ± 1.54 |
| • | 63.9 ± 28.1 * | 2.2 ± 1.4 | $-70. \pm 101.$ | $-23.9 \pm 11.5*$ | $240. \pm 103.*$ | $-3.60 \pm 1.36**$ |
| $egin{array}{c} g_H^t \ g_A^m \end{array}$ | -35.1 ± 31.6 | -1.0 ± 1.6 | $-189. \pm 110.$ | -8.7 ± 12.6 | $-198. \pm 115.$ | -0.54 ± 1.48 |
| \mathcal{g}_H^m | -42.1 ± 25.0 | -0.8 ± 1.3 | $118. \pm 88.$ | 16.6 ± 10.1 | $-106. \pm 91.$ | 2.24 ± 1.18 |
| h_z^i | $34.8 \pm 14.7*$ | $2.5 \pm 0.7***$ | $207. \pm 52.***$ | $21.9 \pm 5.9***$ | $223. \pm 53.***$ | $2.06 \pm 0.69**$ |
| h_t^i | 17.9 ± 19.0 | $1.2 \pm 1.0***$ | $194. \pm 68.**$ | 14.6 ± 7.7 | $128. \pm 69.$ | 1.40 ± 0.91 |

^{*** (}P<0.001); ** (P<0.01); * (P<0.05).

 $^{^{1}}g^{i}$ = individual additive effect, g^{m} = maternal additive effect, h^{i} = individual heterosis; with subscripts A = Angus, H = Hereford, C = Caracu, z = taurine-indicine t0 = t1 = t2 = t3 = t4 = t4 = t4 = t3 = t4 = t4



CAP 2. Cruzamentos e qualidade de carcaça e carne de vacas de descarte: Avaliação dos efeitos diretos, maternos e de heterose das raças Angus, Caracu, Hereford e Nelore

Artigo formatado conforme as normas da revista Journal of Animal Science

ISSN: 0021 - 8812

- 1 CRUZAMENTOS E QUALIDADE DE CARCAÇA E CARNE DE VACAS DE
- DESCARTE: AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DIRETOS, MATERNOS E DE
- 3 HETEROSE DAS RAÇAS ANGUS, CARACU, HEREFORD E NELORE
- **RESUMO:** Objetivou-se no presente estudo avaliar os efeitos genéticos diretos, 4 maternos e de heterose de características de carcaça e carne de vacas puras e cruzadas 5 criadas no sul do Brasil. Um rebanho de vacas de corte dos grupos genéticos Angus (A), 6 Hereford (H), Nelore (N), $A \times H$ (AH), $H \times A$ (HA), $A \times N$ (AN), $N \times A$ (NA) e Caracu 7 8 (C) × A (CA) foram abatidas para a obtenção das seguintes características de carcaça e carne: peso de abate (PA), peso de carcaça quente (PC), rendimento de carcaça (RC), 9 Área do músculo Longissimus thoracis (AOL), escore de gordura na carcaça (EGC), 10 espessura de gordura subcutânea (EGS), escore de marmoreio (MARM), valor de pH, 11 capacidade de retenção de água (CRA), textura da carne (TEXT), umidade (UMI), 12 extrato etéreo (EE) e parâmetros (L*, A* e B*) relacionados à cor da gordura e da 13 14 carne. Maior PA e PC foi observado nas vacas cruzadas AH, com efeito de heterose taurino x taurino. O RC e AOL foi maior nas vacas zebuínas puras e cruzadas (exceto 15 16 AOL da N), sendo a AOL afetada pela heterose taurino x zebuíno. O EGC foi maior em 17 vacas N e o EGS foi maior em vacas NA, N e A, sendo ambas características afetadas negativamente pelos efeitos genéticos individuais das raças Caracu e H. O MARM foi 18 maior no grupo CA e A. Apesar de estarem dentro da normalidade, os valores de pH 19 20 foram mais altos na raça A e relação ao grupo AN. Menor TEXT foi observado nos grupos cruzados taurinos AH, CA e HA com efeitos positivos de heterose taurino x 21 22 taurino. Menor UMI e maior EE foi observado no grupo CA, ocorrendo efeito genético da raca A e heterose taurino x taurino para redução de UMI além do efeito de heterose 23

taurino x zebuíno para redução do EE. Com relação a cor da gordura, menor L* foi

verificado no grupo AN; menor A* nos grupos CA, HA e H e; menor B* nos grupos 25 HA, AH, A e CA. Os parâmetros de cor da gordura também foram afetadas pelos efeitos 26 genéticos de heterose taurino x zebuíno reduzindo L*, e aumentando A* e B*. A 27 respeito da cor da carne foi verificado ausência de diferença em L*; menor A* e B* na 28 carne das vacas H. Os parâmetros da cor da carne foram afetados também pelos efeitos 29 genéticos maternos da raça H reduzindo A* e B*, e também pelos efeitos maternos da 30 raça A reduzindo B*. Conclui-se que é possível aumentar PA e PC e maciez com 31 utilização de cruzamento entre taurinos, como aumentar RC e AOL utilizando zebuínos 32 puros ou cruzados. As carcaças das vacas N possuem melhor acabamento de gordura, 33 34 porém menor MARM. A carne das vacas CA possui pouca gordura subcutânea, maior gordura intramuscular, coloração adequada e melhor maciez. Estes resultados fazem 35 deste grupo genético uma alternativa de cruzamento para desfrutar da heterose sem 36 37 perder a qualidade da carne proveniente das raças taurinas.

Palavras-chave: Efeitos genéticos, maciez da carne, taurinos, zebuínos.

ABSTRACT: The objective of this study was to determine breed additive and heterosis 39 40 effects on carcass and meat traits of purebred and crossbred beef cows raised in southern Brazil. A herd of cows from the genetic groups Angus (A), Hereford (H), 41 42 Nelore (N), $A \times H$ (AH), $H \times A$ (HA), $A \times N$ (AN), $N \times A$ (NA) and Caracu (C) $\times A$ (CA) were slaughtered and evaluated for the following carcass and meat traits: slaughter 43 weight (PA), hot carcass weight (PC), carcass yield (RC), Longissimus dorsi muscle 44 45 area (AOL), pH value, water holding capacity (CRA), meat texture (TEXT), meat moisture (UMI), ethereal extract (EE), carcass fat score (EGC), marbling escore 46 (MARM) subcutaneous fat thickness (EGS) and parameters (L *, A * and B *) related 47 48 to fat and meat color. Higher PA and PC were observed in crossbred AH cows with taurine x taurine heterosis effect. The RC and AOL was higher in indicine cows (except 49 AOL from N), and AOL was affected by taurine x indicine heterosis. The EGC was 50 51 higher in N cows and EGS was higher in NA, N and A cows, both of which were negatively affected by the individual genetic effects of Caracu and H. The MARM was 52 higher in the CA and A cows. Although they were within normal range, pH values were 53 higher in breed A and in relation to AN cows. Lower TEXT was observed in the taurine 54 groups AH, CA and HA with positive effects of taurine x taurine heterosis. Lower UMI 55 and higher EE were observed in the CA group, with a genetic effect of breed A and 56 taurine x taurine heterosis to reduce UMI as well the effect of taurine x indicine 57 heterosis to EE reduction. Regarding the fat color, lower L * was verified in the AN 58 group; lower A * in the groups CA, HA and H e; lower B * in the HA, AH, A and CA 59 groups. Fat color parameters were also affected by the genetic effects of taurine x 60 indicine heterosis, reducing L*, and increasing A* and B*. Regarding the meat color, 61 62 was verified absence of difference in L *; lower A * and B * in the H meat. The meat color parameters were also affected by the maternal genetic effects of the H breed 63

reducing A * and B *, and also by the maternal effects of the A breed reducing B *. It is 64 concluded that it is possible to increase PA and PC and tenderness with cross-taurine 65 use, as well as CR and AOL can be increased using pure or crossed zebu. The N cow 66 carcasses have a greater subcutaneous fat cover, but lower MARM. Meat from CA cows 67 has less subcutaneous fat, more intramuscular fat, suitable beef color and desirable 68 tenderness. These results make of this genetic group an alternative of crossing to take 69 advantage of the heterosis without losing the quality of the meat coming from the 70 taurine breeds. 71

72 **Key words:** Genetic effect, tenderness, indicine, taurine.

INTRODUÇÃO

Os benefícios dos sistemas de cruzamentos de bovinos de corte, principalmente relacionados à heterose já estão bem esclarecidos e documentados, sendo a habilidade materna, qualidade da carcaça/carne e ganho de peso, exemplos de características que bovinos cruzados são superiores aos puros (Perotto et al., 2000; Vaz et al., 2012; Rodrigues et al., 2014; Leal et al., 2018). No entanto, ainda existe uma determinada incerteza, por parte dos produtores comerciais, ao selecionarem reprodutores devido à inexistência de avaliação genética de animais de diferentes raças ou cruzamentos comparáveis entre si. Uma alternativa viável e de fácil interpretação pode ser obtida através do uso combinado dos efeitos diretos, maternos e de heterose de raças puras e cruzadas em uma única análise. Identificar vacas de descarte que produzem carne de melhor qualidade pode ser uma alternativa interessante visto que esta categoria abastece basicamente o mercado interno e representa 48,8% do abate de reses no Brasil (Anualpec, 2015). Assim, objetivo-se no presente estudo avaliar os efeitos diretos individuais e maternos e heterose sobre características da carcaça e carne de vacas puras e cruzadas envolvendo as raças Angus, Caracu, Hereford e Nelores criadas em sistema exclusivamente de pastejo no sul do Brasil.

90

91

92

93

94

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos experimentais envolvendo animais foram aprovados pelo Comitê de Ética e Experimentação Animal da Universidade Federal de Pelotas (Pelotas, Brasil; Processo CEEA Nº. 8250-2015).

O estudo foi conduzido na Embrapa Pecuária Sul, município de Bagé, Rio Grande do Sul, Brasil. A região tem um clima subtropical, com temperatura média anual de 17,6 °C, variando entre 12,5 °C em junho e 24 °C de janeiro, e com extremos de –4 °C e 41 °C. A precipitação média anual é de 1.350 mm, com aproximadamente 25%, 34%, 25% e 16% ocorrendo no outono, inverno, primavera e verão, respectivamente.

Os dados são provenientes de 169 vacas dos seguintes grupos raciais: 31 Angus

(A), 14 Hereford (H), 12 Nelore (N), 16 A × H (AH), 29 H × A (HA), 15 A × N (AN),

24 N × A (NA) e 34 Caracu (C) × A (CA). A raça do touro foi identificada como o

primeiro símbolo nos grupos de cruzamentos.

Todas as vacas foram mantidas num mesmo local para terminação quando apresentavam diagnóstico gestacional negativo e foram abatidas quando apresentavam o mínimo de 3 mm de gordura subcutânea no músculo *Longissimus thoracis*, avaliado por ultrassonografia. No dia anterior ao carregamento dos animais para o abatedouro, os pesos corporais de abate (PA) foram tomados usando uma balança digital modelo Tru-Test XR3000 (Tru-Test Group, Auckland, New Zealand), com capacidade máxima de 1.500 kg e precisão de 100 g.

Coleta e preparo das amostras

Após o abate e a permanência das carcaças em câmara fria por um período de 24 horas com temperatura de 5°C, foram coletadas amostras do músculo *Longissimus thoracis* entre a 12 e a 13° costelas e levados para o laboratório de Ciência e Tecnologia da Carne da Embrapa Pecuária Sul em Bagé-RS. No dia anterior de cada análise das

carnes, as amostras eram descongeladas por um período de 24 horas a temperatura média de 4°C. Todas as avaliações foram realizadas no músculo *Longissimus thoracis*.

Características de carcaça e carne

As avaliações do escore de acabamento na carcaça (EGC) foram tomadas imediatamente após o abate dos animais, sendo realizados através de escores visuais de 1 a 5 em que 1 representa gordura ausente e 5 gordura excessiva. O rendimento de carcaça (RC) foi obtido através da razão entre peso de carcaça quente (PC) e PA, multiplicado por 100. Os valores de pH das carcaças foram mensurados no músculo, aproximadamente 24 h após o abate por meio de um phmetro com eletrodo penetrante.

As determinações da cor da gordura e carne foram realizadas com colorímetro Minolta CR-300, calibrado para um padrão branco, utilizando o método da Comissão Internacional do Sistema de Cores de I'Eclairage (CIE), avaliando os parâmetros de luminosidade (L* 0 = preto; 100 = branco), intensidade da cor vermelha (a*, mede vermelho positivo e verde negativo) e intensidade da cor amarela (b*, mede amarelo positivo e azul negativo).

A espessura da gordura subcutânea (EGS) foi avaliada com o auxílio de um paquímetro digital em uma amostra do músculo. O grau de marmorização (MARM) foi obtido através de escores visuais com o auxílio de uma escala de seis valores: leve, pequeno, modesto, moderado, pouco abundante e moderadamente abundante (AMSA, 2001). A área do músculo *Longissimus thoracis* (AOL) foi obtida através de desenho do contorno do músculo em um papel vegetal transparente a partir do qual foi calculado o número de quadrados correspondente a 1 cm².

A capacidade de retenção de água (CRA) foi determinada através de uma porção do músculo previamente moída, da qual foi coletado 2 g de amostra e colocado no meio de duas folhas de papel de filtro entre duas superfícies, sobrepostas por um peso de 10 kg por um período de 5 minutos, estimado da seguinte equação (Hamm, 1960):

$$CRA(\%) = \frac{PF}{PI} \times 100$$

em que: CRA = capacidade de retenção de água, PF= peso final (depois do sobreposto) e PI= peso inicial (antes do sobreposto).

A textura da carne (TEXT) foi avaliada através da força de cisalhamento (força em quilogramas necessária para seccionar as fibras musculares), na qual amostras de aproximadamente 3 cm de espessura foram obtidas através de secção transversal do músculo. Após o descongelamento, as amostras foram desossadas e assadas sobre uma grelha em forno elétrico a uma temperatura de 180°C até atingir no ponto geométrico médio a temperatura 70°C. Após o resfriamento das amostras, foram retirados sete cilindros de cada amostra no sentido da fibra (livre de gorduras e nervos) com o auxílio de uma furadeira acoplada a uma sonda de 1,27 cm de diâmetro. A TEXT foi registrada pelo aparelho, "Texture Analyser TA-500", equipado com célula de carne "Warner-Bratzler" (AMSA, 1995).

Amostras de 1,5 g de carne previamente moídas e dispostas em sachês de Teflon identificados e levados em cadinhos para estufa pelo período de 3 horas a uma temperatura de 105°C. Após este período, as amostras foram colocadas em dessecador contendo sílica por 15 minutos. Posteriormente, os sachês foram levados para extração por 20 minutos em éter de petróleo sob pressão de nitrogênio em aparelho marca Ankon XT-20 Fat Analyzer. Após a extração, foram novamente levados à estufa por 30

minutos a uma temperatura de 105°C e para o dessecador com sílica por um mais 15 minutos (AOCS, 2009). A percentagem de extrato etéreo (EE) foi obtida utilizando a seguinte equação:

$$EE(\%) = \frac{S1 - S2}{S1} \times 100$$

em que: EE = extrato etéreo, S1 = peso do sachê antes da extração e S2 =peso do sachê
 depois da extração.

Para avaliar a umidade da carne (UMI), foram coletados 1,5 g de uma amostra de músculo previamente moída, armazenada em sachês de teflon, previamente seco em estufa a 105°C por 3 horas, para secagem em dessecador com sílica por 15 minutos (Instituto Adolfo Lutz, 2008). A percentagem de UMI da carne de cada amostra foi obtida pela diferença entre os pesos antes e depois da secagem, utilizando a seguinte equação:

$$UMI(\%) = \frac{P1 - P2}{P1} \times 100$$

onde: UMI= umidade da carne, P1 = peso da amostra antes da secagem, e P2 = peso da amostra depois da secagem.

Análises estatísticas

175 As características de carcaça e carne bovina foram consideradas variáveis 176 dependentes (Y_{ijklm}) e analisadas com o seguinte modelo usando "R" (R Core Team, 177 2018):

$$Y_{ijklm} = \mu + GR_i + EN_j + AN_k + DA_l + e_{ijklm}$$

em que: $Y_{ijklm} =$ são as características de carcaça e carne bovina, $\mu =$ é a media geral, $GR_i =$ é o efeito fixo do ith grupo racial, $EN_j =$ é o efeito fixo do jth estação de nascimento (cedo, tarde), $AN_k =$ é o efeito do kth ano de nascimento (2006 to 2009), $DA_l =$ é o efeito da lth data de abate, e $e_{ijklm} =$ é o efeito aleatório residual atribuído a lth vaca.

Para a análise dos coeficientes genéticos, os efeitos do GR foram substituídos por uma série de efeitos de regressão linear usando a função lm do Software R, de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$GR_i = b_1 g_A^i + b_2 g_C^i + b_3 g_H^i + b_4 g_A^m + b_5 g_H^m + b_6 h_t^i + b_7 h_Z^i$$

Na equação anterior, g_j^i representa a proporção individual da vaca da j^{th} raça sendo A = Angus, C = Caracu, e H = Hereford em cada i^{th} GR; da mesma forma, g_j^m representa a proporção da raça da mãe da vaca de cada GR; h^i representam os efeitos de heterose individuais que foram assumidos como proporcionais à heterozigose individual esperada (Gregory e Cundiff, 1980). Os efeitos da heterose foram subdivididos quando a heterozigose resultou da combinação de alelos de uma raça taurina e uma raça zebuína (subscrito z) ou de duas raças taurinas (subscrito t). As expectativas genéticas para cada grupo genético são apresentados na Tabela 1. Finalmente, b_1, b_2, b_3 = efeito aditivo individual dos coeficientes das raças Angus, Caracu e Hereford, respectivamente; b_4, b_5 = são os efeitos genéticos aditivos maternos dos coeficientes das raças Angus and Hereford; b_6, b_7 = coeficientes de heterose individuais, expressos por cruzamentos de raças taurinas e de raças taurina com zebuína, respectivamente. As médias previstas foram estimadas e comparadas aplicando a função de contraste R/base aos efeitos aditivos individuais, maternos e de heteroses individuais, e coeficientes fracionais (Max et al., 2013) que são apropriados para os GRs.

RESULTADOS

Maior média de PA foi observada em animais do grupo genético AH, os quais diferiram dos demais (Tabela 2). As vacas deste mesmo grupo também apresentaram maior PC, porém diferiram (P<0,05) apenas dos grupos A, H, N e NA. Na Tabela 2, encontram-se também as médias de RC, onde vacas dos grupos genéticos N e NA foram superiores (P<0,05) às vacas dos grupos A, H, CA, HA, AH (exceto H que foi significativamente igual ao NA). Apesar da raça N apresentar menor AOL, diferindo (P<0,05) de todos os grupos genéticos (exceto A), o cruzamento envolvendo zebuíno, resultou em maiores AOL dos grupos NA e NA, como efeito de heterose. Quando os efeitos genéticos foram derivados (Tabela 3), foi observado incremento (P<0,05) no PA pelos efeitos g_A^i e h_t^i ; incremento (P<0,05) no PC pelo efeito h_t^i ; redução (P<0,05) no RC pelos efeitos g_A^i e g_C^i ; e incremento (P<0,05) na AOL pelo efeito h_z^i .

Vacas da raça N tiveram maior pontuação de EGC, apresentando maior média (P<0,05) em relação aos grupos H, CA e HA (Tabela 4). Com relação a variável EGS do contrafilé, foi verificada maior (P<0,05) espessura de gordura nos animais da NA e A em relação aos grupos H, CA e HA. Os grupos genéticos CA e A, apresentaram maior média de MARM, diferindo (P<0,05) das vacas dos grupos HA, NA e AN. Na Tabela 5 são apresentados os coeficientes genéticos, na qual os efeitos $g_C^i = g_H^i$ resultaram em decréscimo (P<0,05) de EGC e EGS.

As médias de pH na carne, apesar de se encontrarem dentro dos limites de valores padrões para não comprometer a qualidade da carne (Viljoen et al., 2002; Wulf et al., 2002), apresentaram algumas diferenças (P<0,05) entre os grupos genéticos (Tabela 6) sendo os valores mais altos de pH para o grupo A diferindo (P<0,05) apenas

do grupo AN. Não foram observadas diferenças (P>0,05) para as médias de CRA entre os grupos genéticos, porém ocorreram diferenças em relação às variáveis TEXT, UMI e EE (Tabela 6). Foi verificado carne com TEXT mais macia nas vacas cruzadas envolvendo raças taurinas (AH e HA) e taurina/adaptada (CA), este último apresentando também carne com menor (P<0,05) teor de UMI em relação aos demais grupos genéticos e maior teor de EE, diferindo (P<0,05) dos grupos H, NA e NA. Quando derivados os coeficientes genéticos (Tabela 7) foi possível observar a TEXT foi influenciada pelos efeitos g_A^i e h_t^i proporcionando maior maciez da carne. O menor teor de UMI do grupo genético CA pode ser explicado pelo efeito negativo g_C^i . Apesar do teor de EE não apresentar diferenças (P>0,05) entre N puro com os cruzados zebuínos (AN e NA) foi observado efeito g_Z^h para redução do teor de EE.

Na Tabela 8 são apresentadas as médias dos parâmetros relacionados à cor da gordura e da carne. Maior L* da gordura (P<0,05) foi observado nos grupos genéticos A, H, CA e HA em relação apenas ao grupo AN que apresentou maior (P<0,05) A* da gordura diferindo dos grupos A, H, CA, HA e AH. O grupo genético AN, com o recíproco (NA), também apresentaram gordura com maior valor de B*, diferindo (P<0,05) dos cruzamentos taurinos x taurino (AH e HA), adaptado x taurino (CA) e da raça A. Quando derivados os coeficientes genéticos (Tabela 9) foram observados efeitos de h_t^i sobre os parâmetros da cor da gordura, reduzindo L*, aumentando A* e, juntamente com efeito g_H^i , reduzindo o parâmetro B*.

O parâmetro L* da carne não foi afetado pelo grupo genético, porém A* e B* apresentaram algumas diferenças sendo a carne da raça H com menor intensidade de A* e B*, podendo ser explicado em partes pelos efeitos maternos negativos da raça H.

DISCUSSÃO

O uso de biotecnologias aplicadas ao melhoramento, entre elas o sistema de cruzamento em bovinos, tem por objetivo explorar principalmente a heterose e complementariedade entre as raças para melhoria da eficiência da pecuária em diferentes condições ambientais (Koch et al., 1976; Perotto et al., 2000; Prayaga, 2003). Desta forma, essa ferramenta genética foi utilizada para avaliar as diferenças entre raças e cruzamentos para melhor suporte de informações à respeito da produção de carne de qualidade.

Características da carcaça e da carne

Vacas do grupo genético AH apresentaram maior PA, sendo diferente (P<0,05) das demais raças e cruzamentos avaliados. Isso se deve, em partes, pelo efeito de heterose taurinos x taurinos, resultando em um acréscimo de 45,89 kg. Para características terminais, esperar-se-ia, ao analisar os resultados da Tabela 3, que as vacas do grupo genético HA fossem tão pesadas quanto as AH, porém foi constatado efeito materno negativo da raça Angus (presente somente nas vacas HA) e positivo da raça Hereford (presente em AH), que explica a superioridade de peso deste último grupamento. Essa inferioridade no PA pode ter ocorrida também pelo menor acabamento de gordura do grupo HA em relação ao grupo AH, que apesar de não ter ocorrido diferenças estatísticas, foi constatado menor teor de gordura em todas variáveis avaliadas (EGC, EGS, MARM e EE).

A superioridade no PA do grupo AH resultou em maior PC, diferindo dos grupos A, H, N e NA. Esse resultado também teve efeito (P<0,05) de heterose taurinos

x taurinos. Diferentemente dos resultados obtidos neste estudo, Williams et al. (2008), comparando os efeitos de heterose em diferentes tipos biológicos, observaram maiores efeitos de heterose sobre o PC em cruzamentos entre taurinos x zebuínos (42,04 kg) do que nos cruzamentos taurinos x taurinos (10,34 kg). Esta mesma tendência foi relatada por DeRouen et al. (1992), na qual os cruzamentos taurinos x zebuínos apresentaram 59,6 kg de heterose contra 39,4 kg nos cruzamentos taurinos x taurinos.

Com relação aos RC, foi observado superioridade dos animais com grau de sangue parcial ou total zebuíno (N, NA e AN). Quando derivados os coeficientes genéticos, ocorreu redução (P<0,05) de RC pelos efeitos individuais das raças A e C. A superioridade de RC de animais zebuínos em relação à taurinos se deve principalmente pelo menor tamanho relativo de patas, cabeça, couro e trato digestivo, ou seja, componentes não carcaça (Wheller et al., 1996; Restle et al., 1999; Lopes et al., 2012). Com exceção da raça Nelore, foi observado que animais cujo cruzamento resultou em maior RC (AN e NA) também resultou em maior AOL. Esperar-se-ia que houvesse também esta relação entre RC e PC, pois o rendimento eleva-se com o aumento do peso corporal, devido à desaceleração mais precoce do crescimento das vísceras, em relação aos tecidos da carcaça (Jorge et al., 1997).

A superioridade da AOL dos cruzamentos taurinos x zebuínos se deve também pelo efeito da complementariedade e heterose (P<0,05, Tabela 3), onde se acentua com o maior distanciamento genético das raças progenitoras (Roso e Fries, 2000). DeRouen et al. (1992) e Williams et al. (2008) também relataram efeitos positivos maiores de heterose para AOL em cruzamentos taurinos x zebuínos do que taurinos x taurinos. Para eliminar a relação entre PC e AOL alguns trabalhos sugerem o ajuste da AOL para um peso de carcaça constante (Leme et al., 2000; Restle et al., 2002; Arboitte et al., 2004;

Pacheco et al., 2005). No entanto, no presente estudo optou-se por avaliar a AOL sem qualquer tipo de ajuste, uma vez que este tipo de correção tende a mascarar os efeitos de heterose (Alende et al., 1980).

Maior e menor médias de acabamento por escores visuais na carcaça (EGC) foi observado nas raças puras N e H, respectivamente (Tabela 4). A adaptação da raça N à ambientes nutricionais restritos pode ser uma vantagem para reduzir as exigências nutricionais no rebanho (Calegare et al., 2009). Desta forma, devido as condições extensivas do presente estudo, de alimentação exclusivamente à pasto, somando-se ainda o menor PA da raça N, é provável uma vantagem de exigência energética, das vacas da raça N em relação as demais raças e cruzamentos, resultando em maior acabamento de gordura na carcaça. Apesar de não ocorrer diferenças (P<0,05) na maioria dos grupos genéticos, a raça N apresentou também EGM superior (6,25 mm). Similar a raça N, as vacas cruzadas NA e puras A também apresentaram EGM superiores, com 6,12 mm e 6,31 mm, respectivamente. Os efeitos aditivos individuais negativos (P<0,05) da raça H e C explicam em parte o melhor EGC e EGM da raça N, uma vez que as comparações dos coeficientes genéticos são feitas a partir da raça N, usada como intercepto nos modelos (Tabela 5).

Poucas diferenças (P<0,05) de MARM foram observadas entre os grupos genéticos no presente estudo (Tabela 4). Isso se deve provavelmente ao sistema alimentar exclusivamente a pasto no qual os animais foram terminados, onde o baixo nível energético não é suficiente para depositar gordura intramuscular, a qual aumenta com a quantidade de grãos na dieta (Gregory et al., 1994; Smith et al., 2009). Com exceção do EE, as demais características relacionadas à gordura (de acabamento e

MARM) estudadas no presente rebanho, não sofreram efeitos de heterose, como relatado em outros estudos (Ríos-Utrera et al., 2006; Williams et al., 2009).

A menor CRA implica em redução do valor nutritivo pela perda de exudado, resultando em carne mais seca e menos macia (Reardon et al., 2010). Entretanto, no presente estudo o CRA foi igual (P>0,05) entre os grupos genéticos, possivelmente em virtude dos valores de pH estarem dentro dos limites, não causando alterações na carne como "DFD" (do inglês Dark, Firm and Dry) produzida a partir de pH acima de 6,0 (Viljoen et al., 2002; Wulf et al., 2002). A formação de ácido lático na carne e, consequentemente, a redução do pH durante a glicólise *post-mortem* são responsáveis pela diminuição da capacidade da carne em reter água durante a aplicação de forças como cortes e aquecimento (Bouton et al., 1971; Vaz et al., 2007).

A maciez da carne, uma das principais características da carne bovina, mensurada no presente estudo através do método direto força de cisalhamento, resultou em diferenças entre os grupos genéticos, principalmente entre zebuínos e taurinos (Tabela 6). Desta forma, a carne proveniente dos grupos genéticos taurinos AH, CA e AH necessitaram de menos força para o rompimento das fibras musculares, apresentando assim, carne mais macia. Por outro lado, os grupos N, NA, AN e H necessitaram de uma força maior, resultando numa carne com maior dureza. Com exceção da raça H, os zebuínos tanto puros como cruzados apresentaram carne mais dura que os cruzamentos taurinos.

Uma justificativa presumível para a maior dureza dos zebuínos é o menor teor de MARM, que favorece o resfriamento mais rápido das massas musculares, provocando o encurtamento dos sarcômeros (unidades contráteis dos músculos) e, consequentemente, o endurecimento da carne (Alves et al., 2005). Por outro lado, Nishimura et al. (1999),

estudaram a relação entre maciez e gordura na carne, relataram que a maciez começa a ser influenciada pela gordura a medida que os animais atingem graus elevados (acima de 8%) de deposição de gordura. Acredita-se que no presente estudo o fator preponderante que contribuiu para maior maciez da carne dos taurinos é o fato de existir maior concentração e atividade das enzimas do grupo calpastatina no músculo dos zebuínos (Wheeler et al., 1990). Isso faz com que ocorra maior inibição do grupo de enzimas calpaínas, que atuam nos processos proteolíticos *postmortem* em nível muscular causando a degradação das fibras musculares contribuindo para maior maciez na carne (Whipple et al., 1990).

Crouse et al. (1989) em estudo durante quatro anos no Clay Center em Nebraska, avaliaram a carne de 422 bovinos provenientes do cruzamentos de taurinos (H ou A) com zebuínos (Brahman e Sahiwal) em diferentes proporções zebuínos:taurinos (0:100, 25:75, 50:50 e 75:25). Os autores observaram que à medida que aumentava o grau de sangue zebuíno nos animais aumentava também a força de cisalhamento (P<0,01), com diminuição nas notas para maciez dos painéis de degustação. Os autores ainda observaram tendências de decréscimo no PC e MARM com o aumento da composião genética zebuína. Johnson et al. (1990), ao trabalharem com bovinos A e Brahman, abatidos em estágios similares de deposição de gordura subcutânea, também observaram diminuição na maciez e aumento da força de cisalhamento na carne dos animais com maior grau de sangue zebuíno. Em semelhante estudo no Brasil, Restle et al. (1999) usando H e N, também relatam perda dos parâmetros da maciez da carne bovina com o incremento da composição genética zebuína. No presente estudo ocorreu também efeito dos coeficientes genéticos sobre a TEXT da carne, indicando que o aumento da composição genética A resulta em diminuição da TEXT ou aumento da

maciez em relação ao N (Tabela 7), corroborando menor (P<0,05) TEXT da raça A em comparação a N (Tabela 6). Na Tabela 7, se observa também o efeito (P<0,05) de heterose sobre a TEXT, que indica redução da textura com a utilização de cruzamentos taurinos x taurinos.

As médias dos teores de UMI e EE apresentados na Tabela 6 indicam diferenças entre os grupos genéticos. Menor teor de UMI foi encontrado na carne proveniente do cruzamento CA, diferindo (P<0,05) dos demais grupos genéticos. É provável que esta diferença esteja relacionada ao teor de EE que foi maior no grupo CA. Isso porque a água se localiza mais nos músculos que na gordura, de modo que carcaças com maior teor de gordura apresentam carne com menor UMI (Rodrigues et al., 2004). Isso se deve ao fato do músculo possuir alta proporção de proteína que exerce maior atração sobre a água (Vaz et al., 2001).

Outra relação plausível para os resultados do presente estudo é que, se confrontarmos os resultados da Tabela 4 com os da Tabela 6, observa-se que os grupos genéticos (CA, A e AH) que apresentaram maior MARM também produziram carne com maior ter de EE, relação esta também verificada por outros autores (Chamapgne el al., 1969; Vaz et al., 2001). Isso se deve ao fato de que a porção do músculo usada para extração de gordura por EE, é livre de gordura subcutânea, permanecendo na amostra, apenas a gordura intramuscular ou MARM. Na Tabela 7, observa-se efeito (P<0,05) de heterose taurino x zebuíno com incremento de EE, como resultado da superioridade das médias de EE dos cruzados CA e AH.

Com relação às médias dos parâmetros de cor da gordura mostrados na Tabela 8, pode ser observado menor média de L* nas vacas do grupo AN, diferindo (P<0,05) dos grupos A, H, CA e HA, sendo os demais grupos genéticos iguais (P>0,05) entre si. As

vacas cruzadas AN e NA apresentaram maior intensidade dos parâmetros A* e B*, diferindo (P<0,05) dos grupos H, CA e HA para o parâmetro A* e dos grupos A, CA, HA e AH para o parâmetro B*. A cor mais amarelada da gordura (alto parâmetro B*) normalmente está relacionada a animais produzidos a pasto, que recebem alimentação baseada em volumosos verdes, devido à alta concentração de pigmentos betacaroteno que são depositados na gordura (Fernandes et al., 2008; Muchenje et al.; 2009; Daley et al., 2010). Apesar das diferenças entre os genótipos, as médias dos parâmetros L*, A* e B* da gordura das vacas no presente estudo estão dentro da amplitude relatada por outros trabalhos (Baublits et al., 2004; Rodrigues et al., 2004; Costa et al., 2008; Fernandes et al., 2008; Fernandes et al., 2009).

A cor é o atributo da carne que reflete a quantidade e o estado químico de seu principal pigmento, a mioglobina, de modo que os músculos mais fisicamente solicitados apresentam maior proporção de células vermelhas entre as fibras brancas (Rodrigues et al., 2004). No presente estudo, as vacas terminadas a pasto se exercitam mais na busca por alimentos. Somado a isso, por serem animais de descarte, possuem idade avançada e, o pigmento de mioglobima torna-se menos eficiente em reter oxigênio no músculo sendo produzido em níveis mais altos (Muchenje et al., 2009). Consequentemente, a carne oriunda destes animais tende a apresentar maior saturação da cor vermelha que animais confinados e/ou mais jovens como relatado em outros trabalhos (Buablits et al., 2004; Rodrigues et al., 2004; Costa et al., 2008; Fernandes et al., 2008; Fernandes et al., 2009). Não houve diferenças (P>0,05) entre o parâmetro L* da carne entre os grupos genéticos (Tabela 12).

O parâmetro L* da carne é influenciado pela quantidade de água retida na superfície do corte, consequentemente do valor final do pH da carne, de modo que,

carnes "DFD", com pH alto, produzem carnes com baixo L* (Purchas, 1990; Fernandes et al., 2008). Esta é uma justificativa coerente, visto que no caso deste estudo, as médias de pH e CRA foram semelhantes (P>0,05) entre os grupos genéticos. Os demais parâmetros da cor da carne foram mais baixos na raça H diferindo (P<0,05) apenas da raça N no parâmetro A* e diferindo (P<0,05) dos demais grupos genéticos no parâmetro B*, sendo também influenciados (P<0,05) negativamente pelos efeitos maternos da raça H (Tabela 9). Esse resultado pode ser explicado pelo menor teor de EE observado na carne proveniente de animais da raça H (Rodrigues et al., 2004).

422 CONCLUSÃO

Vacas cruzadas Angus x Hereford apresentam maior PA e PC, sendo tais características aumentadas pelos efeitos de heterose taurino x taurino.

Vacas puras e cruzadas zebuínas apresentam maior RC e AOL comparada aos grupos puros e cruzados taurinos. O RC é reduzido pelos efeitos genéticos individuais das raças A e C e a AOL é aumentada pelo efeito de heterose taurino x zebuíno.

As carcaças das vacas N possuem melhor acabamento de gordura, porém o MARM foi inferior nos zebuínos puros e cruzados.

As vacas taurinas puras e cruzadas produziram carne mais macia que os zebuínos. Os efeitos genéticos individuais da raça A e a heterose taurino x taurino influenciam favoravelmente tornando a carne mais macia.

Os valores de pH, CRA e os parâmetros de cor da gordura e carne apresentam poucas diferenças entre os grupos genéticos e estão dentro dos limites para manter a qualidade da carne bovina.

As vacas do grupo CA apresentam, de modo geral, carne com pouca gordura subcutânea, apesar de estar dentro do limite inferior de acabamento buscado pelos frigoríficos brasileiros; maior gordura intramuscular; coloração adequada e; maior maciez. Estes resultados fazem deste grupo genético uma alternativa de cruzamento para desfrutar da heterose sem perder a qualidade da carne proveniente das raças taurinas.

| 442 | LITERATURA (| CITADA |
|-----|--------------|--------|
|-----|--------------|--------|

Alenda, R., T. G., Martin, J. F., Lasley, and M. R. Ellersieck, 1980. Estimation of 443 genetic and maternal effects in crossbred cattle of Angus, Charolais and Hereford 444 parentage. II. Postweaning growth, ribeye area and fat cover. J. Animal 445 446 Science, 50(2), 235-241. Alves, D. D., R. H. De Tonissi, B. De Goes, A. B. Mancio. 2005. Maciez da carne 447 bovina. Ciencia. Anim. Bras. 6(3):135-149. 448 AOCS. Official Procedure Am 5-04, Rapid Determination of Oil/Fat High Temperature 449 Solvent Extraction (For XT10, XT10I, XT15, XT15I) ANKOM Technology 450 2, 451 Method 2009. Disponível https://ankom.com/media/documents/XT15_XT10_Analytical_Procedure_032014 452 .pdf. Acessado em: 10 de julho, 2015. 453 AMSA. American Meat Science Association. Research guidelines for cookery, sensory 454 455 evaluation and enderness measurements of fresh meat. Natl. Live Stock and Meat Board, Chicago, IL, 1995. 456 Arboitte, M. Z., J. Restle, D. C. Alves Filho, I. L. Brondani, P. S. Pacheco, L. F. G. 457 Menezes and J.Perottoni. 2004. Composição física da carcaça, qualidade da carne 458 e conteúdo de colesterol no músculo Longissimus dorsi de novilhos 5/8 Nelore-459 3/8 Charolês terminados em confinamento e abatidos em diferentes estádios de 460 maturidade. Rev. Bras. Zootec. 33(4), 959-968. 461 Baublits, R. T., A. H. Brown, F. W. Pohlman, Z. B. Johnson, D. O. Onks and H. D 462 Loveday. 2004. Carcass and beef colour characteristics of three biological types of 463

- cattle grazing cool-season forages supplemented with soyhulls. Meat Sci. 68,
- 465 297–303.
- Bouton, P. E., P. T. Harris and W. R. Shorthose, 1971. Effect of ultimate pH upon the
- water-holding capacity and tenderness of mutton. J. Food. Sci. 36(3), 435-439.
- 468 Calegare L., M. M. Alencar, I. U. Packer and D. P. D. Lanna. 2009. Cow/calf
- preweaning efficiency of Nellore and Bos taurus × Bos indicus crosses. J. Anim.
- 470 Sci. 87:740–747.
- Champagne, J. R., J. W. Carpenter, J. F. Hentges Jr, A. Z. Palmer and M. Koger. 1969.
- Feedlot performance and carcass characteristics of young bulls and steers
- 473 castrated at four ages. J. Anim. Sci, 29(6), 887-890.
- 474 Commission International De I' Eclairage (1976). Colorimetry. 2nd ed.. Vienna,
- 475 Switzerland: CIE.
- Costa, D. P. B., V. C. Rodrigues, J. C. G. Silva, O. C. Neto, S. L. G. Sousa, J. C. D.
- Sousa and R. C. Mourão. 2008. Qualidade da carne de novilhos Nelore e F1
- 478 Nelore x Sindi. Arch. Zootec. 57(219), 345-348.
- 479 Crouse, J. D., L. V. Cundiff and R. M. Koch. 1989. Comparisons of *Bos indicus* and
- 480 Bos taurus inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. J.
- 481 Animal. Sci. 67(10):2661-2668.
- Daley, C. A., A. Abbott, P. S. Doyle, G. A. Nader and S. Larson. 2010. A review of
- fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. Nutri.
- 484 J, 9(1), 1-12.

DeRouen, S. M., D. E. Franke, T. D. Bidner, and D. C. Blouin. 1992. Direct and 485 486 maternal genetic effects for carcass traits in beef cattle. J. Anim. Sci. 70:367-487 3685. Fernandes, A. R. M., A. A. M. Sampaio, W., Henrique, E. A., Oliveira, R. R., Tullio 488 and D. Perecin. 2008. Características da carcaça e da carne de bovinos sob 489 490 diferentes dietas, em confinamento. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec, 60(1):139-147. Fernandes, A. R. M., A. A. M. Sampaio, W. Henrique, E. A. D. Oliveira, R. V. Oliveira, 491 and F. R. Leonel. 2009. Composição em ácidos graxos e qualidade da carne de 492 tourinhos Nelore e Canchim alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar e 493 dois níveis de concentrado. Rev. Bras. Zootec, 38(2): 328-337. 494 495 Gregory K. E. and L. V. Cundiff. 1980. Crossbreeding in beef cattle: Evaluation of systems. J. Anim. Sci. 51:1224-1242 496 Gregory, K. E., L. V. Cundiff, R. M. Koch, M. E. Dikeman and M. Koohmaraie. 1994. 497 498 Breed effects and retained heterosis for growth, carcass, and meat traits in advanced generations of composite populations of beef cattle. J. Animal 499 Sci., 72(4), 833-850. 500 501 Hamm, R. 1960. Biochimistry of meat hydratation. Advances in Food Research. 502 Cleveland, 10(2):335-443. 503 Instituto Adolfo Lutz. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: Métodos físicos- químicos para análise de alimentos, ed.4, São Paulo: IMESP, 2008. p. 21-504 505 22. Disponível em: http://wp.ufpel.edu.br/nutricaobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUT 506

Z.pdf. Acessado em: 11 de julho, 2015.

- Johnson, D. D., R. D. Huffman and S. E. Willians. 1990. Effects of percentage Brahman
- and Angus breeding, age-season of feeding and slaughter end point on meat
- palatability and muscle characteristics. J. Animal. Sci. 68(7):1980-1986.
- Jorge, A. M., C. D. A. Fontes, J. D. Freitas, J. E. Soares, L. R. Rodrigues, F. D.
- Resende and A. D. Queiroz. 1997. Rendimento de carcaça e de cortes básicos de
- bovinos e bubalinos, abatidos em diferentes estádios de maturidade. Ver. Bras.
- 514 Zootec. 26(5):1048-1054.
- Koch, R. M., M. E. Dikeman, D. M. Allen, M. May, J. D. Crouse and D. R. Campion.
- 516 1976. Characterization of Biological Types of Cattle III. Carcass Composition,
- 517 Quality and Patability. J. Animal. Sci. 43(1):48-62.
- Leal, W. S., M. D. MacNeil, H. C. Carvalho, R. Z. Vaz and F. F. Cardoso. 2018. Direct
- and maternal breed additive and heterosis effects on growth traits of beef cattle
- raised in southern Brazil, J. Anim. Sci. 96:2536–2544.
- Leme, P. R., C. Boin, R. C. C. Margarido, L. O. Tedeschi, J. C. O. V. Hausknecht, G. F.
- Alleoni and A. Luchiari Filho. 2000. Desempenho em confinamento e
- 523 características de carcaça de bovinos machos de diferentes cruzamentos abatidos
- em três faixas de peso. Rev. Bras. Zootec. 29(6):2347-2353.
- Lopes, L. S., M. M., Ladeira, O. R., Machado Neto, P. V. R., Paulino, M. L., Chizzotti,
- E. M., Ramos, and D. D. OLIVEIRA, 2012. Características de carcaça e cortes
- 527 comerciais de tourinhos Red Norte e Nelore terminados em confinamento. Rev.
- 528 Bras. Zootec, 41(4):970-977.
- Max, K., W. Steve, W. Jed, F. James and T. Thorn. 2013. Contrast: A collection of
- contrast methods. R package version 0.19.

- Moreira, F. B., N. E. D., Souza, M., Matsushita, Prado, I. N. D., and W. G. D.
- Nascimento. 2003. Evaluation of carcass characteristics and meat chemical
- composition of Bos indicus and Bos indicus x Bos taurus crossbred steers finished
- in pasture systems. Braz. Arch. Biol. Technol, 46(4): 609-616.
- Muchenje, V., K. Dzama, M. Chimonyo, P. E. Strydom, A. Hugo and J. G. Raats. 2009.
- Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health:
- 537 A review. *Food chem*, *112*(2): 279-289.
- Nishimura, T., Hattori, A., & Takahashi, K. 1999. Structural changes in intramuscular
- connective tissue during the fattening of Japanese black cattle: effect of marbling
- on beef tenderization. J. Animal. Sci, 77(1):93-104.
- Pacheco, P. S., J. D. Silva, J. Restle, M. Z. Arboitte, I. L. Brondani, D. C. Alves Filho
- and A. D. Freitas. 2005. Características quantitativas da carcaça de novilhos
- jovens e superjovens de diferentes grupos genéticos. Rev. Bras.
- 544 *Zootec*, 34(5):1666-1677.
- Prayaga, K. C. 2003. Evaluation of beef cattle genotypes and estimation of direct and
- maternal genetic effects in a tropical environment. 1. Growth traits. Aust. J. Agric.
- 547 Res. 54:1013–1025.
- Perotto, D., A. C. Cubas, J. L. Moletta and C. Lesskiu. 2000. Heterose sobre os pesos de
- bovinos Canchim e Aberdeen Angus e de seus cruzamentos recíprocos. Pesq.
- 550 Agropec. Bras. 35:2511–2520.
- Perotto, D., A. C. Cubas, J. L. Moletta and C. Lesskiu. Pesos ao nascimento e à
- desmama e ganho de peso do nascimento à desmama de bovinos Charolês, Caracu
- e cruzamentos recíprocos. Rev. Bras. Zootec. 27(4):730-737.

Purchas, R. W. 1990. An assessment of the role of pH differences in determining the 554 555 relative tenderness of meat from bulls and steers. Meat Science, 27: 120-140. 556 R Core Team (2018) 'R: a language and environment for statistical computing.' (R Foundation for Statistical Computing: Vienna) Available at https://www.R-557 project.org/ [Verified April 2018]. 558 Reardon, W., A. M. Mullen, T. Sweeney and R. M. Hamill. 2010. Association of 559 polymorphisms in candidate genes with colour, water-holding capacity, and 560 composition traits in bovine M. longissimus and M. semimembranosus. Meat 561 562 science, 86(2):270-275. 563 Restle, J., L. L. Pascoal, C. Faturi, D. C. Alves Filho, I. L. Brondani, P. S. Pacheco and 564 L. D. O. Peixoto. 2002. Efeito do grupo genético e da heterose nas características quantitativas da carcaça de vacas de descarte terminadas em confinamento. Rev. 565 566 Bras. Zootec, 31(1):350-362. 567 Restle, J., F. N. Vaz, A. R. B. Quadros and L. Muller. 1999. Característica de carcaça e da carne de novilhos de diferentes genótipos de Hereford x Nelore. Rev. Bras. 568 Zootec, 28(6):1245-1251. 569 570 Ríos-Utrera, A.; Cundiff, L. V.; Gregory, K. E.; Koch, R. M.; Dikeman, M. E.; 571 Koohmaraie, M.; Van Vleck, L. D. 2006. Effects of age, weight, and fat slaughter end points on estimates of breed and retained heterosis effects for carcass traits. J. 572 573 Anim. Sci, 84(1):63-87. Rodrigues P. F., L. M. Menezes, R. C. C. Azambuja, R. W. Suñé, I. D. Barbosa Silveira 574

e F. F. Cardoso. 2014. Milk yield and composition from Angus and Angus-cross

beef cows raised in southern Brazil. J. Anim. Sci. 92:2668–2676.

575

- Rodrigues, V. C. and I. D. Andrade, 2004. Características físico-químicas da carne de bubalinos e de bovinos castrados e inteiros. Rev. Bras. Zootec, *33*(6):1839-1849.
- Roso, V. N. and L. A. Fries. 2000. Avaliação das Heteroses Materna e Individual sobre o Ganho de Peso do Nascimento ao Desmame em Bovinos Angus x Nelore. Rev. Bras. Zootec. 29:732–737.
- Smith, S. B., Gill, C. A., Lunt, D. K., & Brooks, M. A. 2009. Regulation of fat and fatty acid composition in beef cattle. Asian. Australas. J. Anim. Sci, 22(9):1225-1233.
- Vaz, F. N., J. Restle, G. L. D. Feijó, I. L. Brondani, J. R. P. Rosa, and A. P. dos Santos.

 2001. Qualidade e composição química da carne de bovinos de corte inteiros ou
 castrados de diferentes grupos genéticos Charolês x Nelore. Rev. Bras. Zootec,
- 587 30(2):518-525.
- Vaz, F. N., J. Restle, J. T. Padua, P. A. M. Metz, J. L. Moletta and J. J. D. R. Fernandes. 2007. Qualidade da carcaça e da carne de novilhos abatidos com pesos similares, terminados em diferentes sistemas de alimentação. Ci. Anim. Bras. 8(1):31-40,
- Viljoen, H. F., H. L. De Kock and E. C. Webb. 2002. Consumer acceptability of dark,
 firm and dry (DFD) and normal pH beef steaks. Meat Science, 61: 181–185.
- 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. J. Anim. Sci, 88(2): 460-466.

| 597 | Wheeler, T. L., J. W. Savell and H. R. Croos. 1990. Mechanisms associated with the |
|-----|--|
| 598 | variation in tenderness of meat from Brahman and Hereford cattle. J. Anim. Sci, |
| 599 | 68(12):4206-4220. |
| 600 | Whipple, G., M. Koohmaraie, M. E., Dikeman, J. D., Crouse, M. C., Hunt and RD |
| 601 | Klemm. 1990. Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness |
| 602 | in Bos taurus and Bos indicus cattle. J. Anim. Sci, 68(9), 2716-2728. |
| 603 | Wulf, D. M., R. S. Emnett, J. M. Leheska, and S. J. Moeller. 2002. Relationships among |
| 604 | glycolytic potential, dark cutting (dark, firm, and dry) beef, and cooked beef |
| 605 | palatability. J. Anim. Sci, e, 80, 1895–1903. |

Tabela 1. Efeito dos coeficientes genéticos para dentro de cada grupo racial usado neste estudo: g_j^i = efeito individual aditivo, g_j^m = efeito materno aditivo, h_j^i = heterose individual; com sobrescritos A = Angus, C = Caracu, H = Hereford, N = Nelore, t = cruzamento taurinos/taurino, e z = cruzamento taurino/zebuíno.

| Grupos genéticos ¹ | | | | Efei | tos gené | ticos | | | |
|-------------------------------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|
| Grupos geneucos | g_A^i | g_C^i | g_H^i | g_N^i | g_A^m | g_H^m | g_N^m | h_z^i | h_t^i |
| Angus (A) | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Hereford (H) | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Nelore (N) | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| AH | 0.5 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| HA | 0.5 | 0 | 0.5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| NA | 0.5 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| AN | 0.5 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CA | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |

Tabela 2. Média e erro padrão estimados por grupo genéticos para as variáveis peso de abate (PA), peso de carcaça quente (PC), rendimento de carcaça (RC) e área do músculo *longíssimus thoracis* (AOL).

| Grupos genéticos¹ | PA | (kg) | | PC | (kg) | | RC (| (%) | | AOL (m ²) | | | |
|-------------------|--------|-------------|----|--------|------------|-----|-------|--------------|----|-----------------------|------------|----|--|
| Angus (A) | 539,71 | $\pm 9,47$ | b | 259,94 | $\pm 6,02$ | bc | 46,86 | $\pm 0,46$ | c | 69,65 | ±1,61 | bc | |
| Hereford (H) | 542,56 | $\pm 13,35$ | bc | 259,45 | $\pm 8,90$ | bc | 47,17 | $\pm 0,68$ | bc | 74,05 | $\pm 2,27$ | ab | |
| Nelore (N) | 485,22 | $\pm 14,52$ | d | 246,68 | $\pm 9,36$ | c | 49,90 | $\pm 0,72$ | a | 65,44 | $\pm 2,47$ | c | |
| CA (Caracu x A) | 560,35 | $\pm 8,42$ | b | 272,23 | $\pm 6,13$ | ab | 47,04 | $\pm 0,\!48$ | c | 73,87 | ±1,49 | ab | |
| HA | 564,03 | $\pm 9,25$ | b | 263,74 | $\pm 6,11$ | abc | 46,92 | $\pm 0,\!48$ | c | 73,02 | ±1,69 | ab | |
| AH | 610,01 | $\pm 18,16$ | a | 288,55 | ±11,48 | a | 45,75 | ± 0.88 | c | 75,33 | $\pm 3,12$ | ab | |
| NA | 510,48 | $\pm 10,91$ | cd | 257,16 | $\pm 6,35$ | bc | 49,68 | $\pm 0,49$ | a | 75,34 | $\pm 1,82$ | a | |
| AN | 541,87 | $\pm 13,33$ | bc | 267,52 | $\pm 8,18$ | abc | 48,73 | $\pm 0,63$ | ab | 76,14 | $\pm 2,15$ | a | |

¹A primeira letra indica a raça do touro nos cruzamentos. Medias na mesma coluna que não compartilham de um sufixo comum diferem significativamente (P<0,05) pelo teste de contrastes ortogonais.

Tabela 3. Estimativas e erros padrões de efeitos aditivos e heteroticos das variáveis peso de abate (PA), peso de carcaça quente (PC) e rendimento de carcaça (RC) e área do músculo *longíssimus thoracis* (AOL).

| Efeito genético1 | PA | (kg) | | PC (kg) | | | RC | (%) | | AOL | | |
|-------------------|--------|---------------|-----|---------|-------------|---|-------|------------|-----|-------|------------|-----|
| g_A^i | 85,88 | ±23,81 | *** | 23,61 | $\pm 14,74$ | | -3,99 | ±1,13 | *** | 5,00 | ±3,93 | |
| $g_{\it C}^i$ | 35,39 | $\pm 28,\!88$ | | 15,29 | $\pm 19,43$ | | -2,28 | $\pm 1,51$ | * | 8,79 | $\pm 5,05$ | |
| g_H^i | 42,75 | $\pm 23,61$ | | -1,69 | ±15,31 | | -2,51 | $\pm 1,18$ | | 7,09 | $\pm 4,07$ | |
| \mathcal{G}_A^m | -31,39 | $\pm 16,71$ | | -10,36 | $\pm 10,07$ | | 0,95 | $\pm 0,77$ | | -0,80 | $\pm 2,70$ | |
| \mathcal{G}_H^m | 14,59 | $\pm 20,07$ | | 14,45 | ±12,90 | | -0,22 | $\pm 1,00$ | | 1,51 | $\pm 3,47$ | |
| h_z^i | 13,71 | ±12,39 | | 9,03 | $\pm 7,64$ | | 0,82 | $\pm 0,59$ | | 8,20 | $\pm 2,09$ | *** |
| h_t^i | 45,89 | ±12,03 | *** | 16,45 | $\pm 7,84$ | * | -0,68 | $\pm 0,60$ | | 2,33 | $\pm 2,07$ | |

^{*** (}*P*<0.001); ** (*P*<0.01); * (*P*<0.05).

 $^{^{1}}g^{i}=efeito$ aditivo individual, $g^{m}=efeito$ aditivo materno, $h^{i}=heterose$ individual; com subrescrito A=Angus, H=Hereford, C=Caracu, z=cruzamento taurino-zebuíno, t=cruzamento taurino-taurino.

Tabela 4. Média e erro padrão estimados por grupo genéticos para as variáveis escore de gordura na carcaça (EGC), espessura de gordura subcutânea (EGS) e marmoreio (MARM).

| Grupos genéticos ¹ | EGC | (escala) | | EGS | (mm) | MARI | MARM (escala) | | | | |
|-------------------------------|------|------------|-----|------|----------|---------|---------------|-----|--|--|--|
| Angus (A) | 3,69 | $\pm 0,15$ | ab | 6,12 | ±0,47 a | 2,20 | $\pm 0,15$ | ab | | | |
| Hereford (H) | 3,10 | $\pm 0,21$ | c | 4,26 | ±0,68 bo | 1,88 | $\pm 0,21$ | abc | | | |
| Nelore (N) | 3,98 | $\pm 0,23$ | a | 6,25 | ±0,75 ac | 1,75 | $\pm 0,21$ | abc | | | |
| CA (Caracu x A) | 3,26 | $\pm 0,13$ | bc | 4,12 | ±0,45 b | 2,22 | $\pm 0,14$ | a | | | |
| HA | 3,33 | $\pm 0,15$ | bc | 4,61 | ±0,47 bo | 1,79 | $\pm 0,15$ | bc | | | |
| AH | 3,74 | $\pm 0,29$ | abc | 5,62 | ±0,91 ab | oc 2,15 | $\pm 0,28$ | abc | | | |
| NA | 3,70 | $\pm 0,17$ | ab | 6,31 | ±0,56 a | 1,62 | $\pm 0,17$ | c | | | |
| AN | 3,81 | ±0,21 | ab | 5,36 | ±0,70 ab | oc 1,69 | $\pm 0,20$ | bc | | | |

¹A primeira letra indica a raça do touro nos cruzamentos. Medias na mesma coluna que não compartilham de um sufixo comum diferem significativamente (P<0,05) pelo teste de contrastes ortogonais.

Tabela 5. Estimativas e erros padrões de efeitos aditivos e heteroticos das variáveis escore de gordura na carcaça (EGC), espessura de gordura subcutânea (EGS) e marmoreio (MARM).

| Efeito genético ¹ | EGC | (escala) | | EGS | (mm) | | MARM (escala) | | | | | |
|------------------------------|--------------------|------------|----|-------|------------|----|---------------|------------|--|--|--|--|
| g_A^i | -0.21 ± 0.38 | | | -1,25 | $\pm 1,21$ | | 0,38 | $\pm 0,35$ | | | | |
| $g_{\it C}^i$ | -1,32 | $\pm 0,46$ | ** | -4,95 | ±1,49 | ** | 0,69 | $\pm 0,45$ | | | | |
| g_H^i | -1,18 | $\pm 0,38$ | ** | -3,96 | $\pm 1,19$ | ** | -0,16 | $\pm 0,36$ | | | | |
| h_A^m | -0,11 | $\pm 0,27$ | | 0,95 | $\pm 0,85$ | | -0,06 | $\pm 0,25$ | | | | |
| h_H^m | 0,30 | $\pm 0,32$ | | 1,97 | $\pm 1,01$ | | 0,29 | $\pm 0,30$ | | | | |
| h_z^i | -0,06 | $\pm 0,20$ | | -0,27 | $\pm 0,63$ | | -0,25 | $\pm 0,18$ | | | | |
| h_t^i | 0,16 | ±0,19 | | 0,01 | ±0,61 | | -0,01 | $\pm 0,18$ | | | | |

^{*** (}P<0.001); ** (P<0.01); * (P<0.05).

 $^{^{1}}g^{i}=efeito$ aditivo individual, $g^{m}=efeito$ aditivo materno, $h^{i}=heterose$ individual; com subrescrito A=Angus, H=Hereford, C=Caracu, z=cruzamento taurino-zebuíno e, t=cruzamento taurino-taurino.

Tabela 6. Média e erro padrão estimados por grupo genéticos para as variáveis pH da carne, capacidade de retenção de água (CRA), textura (TEXT), umidade (UMI) e extrato etéreo (EE).

| Grupos genéticos1 | p. | H | | CRA | CRA (%) | | | TEXT (kg) | | | UMI (%) | | | EE (%) | | |
|-------------------|------|------------|----|-------|------------|---|------|------------|----|-------|----------------|----|------|------------|-----|--|
| Angus (A) | 5,46 | ±0,04 | a | 62,21 | ±0,62 | a | 5,72 | ±0,22 | bc | 72,99 | ±0,19 | b | 3,70 | ±0,19 | ab | |
| Hereford (H) | 5,52 | $\pm 0,05$ | ab | 62,85 | ± 0.87 | a | 6,40 | $\pm 0,31$ | ab | 73,64 | $\pm 0,27$ | a | 3,14 | $\pm 0,25$ | bc | |
| Nelore (N) | 5,45 | $\pm 0,06$ | ab | 63,58 | $\pm 0,96$ | a | 6,75 | $\pm 0,33$ | a | 72,97 | $\pm 0,30$ | ab | 3,47 | $\pm 0,19$ | abc | |
| CA (Caracu x A) | 5,44 | $\pm 0,03$ | ab | 63,38 | $\pm 0,58$ | a | 5,11 | $\pm 0,20$ | c | 72,19 | $\pm 0,18$ | c | 3,82 | $\pm 0,18$ | a | |
| HA | 5,45 | $\pm 0,04$ | ab | 63,32 | $\pm 0,65$ | a | 5,52 | $\pm 0,23$ | c | 73,33 | $\pm 0,20$ | ab | 3,36 | $\pm 0,21$ | abc | |
| \mathbf{AH} | 5,48 | $\pm 0,08$ | ab | 63,91 | $\pm 1,21$ | a | 5,10 | $\pm 0,43$ | c | 73,35 | $\pm 0,37$ | ab | 3,64 | $\pm 0,36$ | abc | |
| NA | 5,39 | $\pm 0,05$ | ab | 62,08 | $\pm 0,71$ | a | 6,36 | $\pm 0,25$ | ab | 72,93 | $\pm 0,22$ | b | 3,21 | $\pm 0,21$ | bc | |
| AN | 5,30 | $\pm 0,07$ | b | 61,84 | $\pm 0,83$ | a | 6,30 | $\pm 0,29$ | ab | 73,01 | $\pm 0,26$ | ab | 3,03 | $\pm 0,25$ | c | |

¹A primeira letra indica a raça do touro nos cruzamentos. Medias na mesma coluna que não compartilham de um sufixo comum diferem significativamente (P<0,05) pelo teste de contrastes ortogonais.

Tabela 7. Estimativas e erros padrões de efeitos aditivos e heteroticos das variáveis pH da carne, capacidade de retenção de água (CRA), textura (TEXT), umidade (UMI) e extrato etéreo (EE).

| Efeito genético1 | pН | | CRA | (%) | TEXT | TEXT (kg) | | | (%) | | EE | | |
|----------------------|-------|------------|-------|-------------|-------|--------------|----|-------|------------|---|-------|------------|---|
| g_A^i | -0,08 | $\pm 0,11$ | -1,60 | $\pm 1,52$ | -1,09 | $\pm 0,53$ | * | 0,11 | $\pm 0,47$ | | 0,05 | $\pm 0,41$ | |
| ${\cal g}_{\it C}^i$ | -0,07 | $\pm 0,12$ | -1,45 | $\pm 1,97$ | -0,82 | $\pm 0,69$ | | -1,53 | $\pm 0,61$ | * | 0,14 | $\pm 0,58$ | |
| g_H^i | -0,05 | $\pm 0,10$ | -1,56 | $\pm 1,58$ | 0,01 | $\pm 0,56$ | | 0,74 | $\pm 0,49$ | | -0,80 | $\pm 0,46$ | |
| g_A^m | 0,09 | ± 0.08 | 0,24 | $\pm 1,04$ | 0,06 | $\pm 0,36$ | | -0,09 | $\pm 0,32$ | | 0,18 | $\pm 0,32$ | |
| g_H^m | 0,12 | ± 0.09 | 0,83 | $\pm 1,34$ | -0,36 | $\pm 0,\!48$ | | -0,07 | $\pm 0,42$ | | 0,46 | $\pm 0,40$ | |
| h_z^i | -0,11 | ± 0.05 | -0,94 | ± 0.81 | 0,10 | $\pm 0,28$ | | -0,01 | $\pm 0,25$ | | -0,47 | $\pm 0,21$ | * |
| h_t^i | -0,03 | ±0,05 | 1,08 | $\pm 0,80$ | -0,75 | ±0,28 | ** | 0,02 | ±0,25 | | 0,08 | ±0,24 | |

^{*** (}*P*<0.001); ** (*P*<0.01); * (*P*<0.05).

 $^{^{1}}g^{i}=efeito$ aditivo individual, $g^{m}=efeito$ aditivo materno, $h^{i}=heterose$ individual; com subrescrito A=Angus, H=Hereford, C=Caracu, z=cruzamento taurino-zebuíno e, t=cruzamento taurino-taurino.

Tabela 8. Média e erro padrão estimados por grupo genéticos para as variáveis luminosidade (L*), intensidade de vermelho (A*) e intensidade de amarelo (B*) para cor da gordura e da carne.

| | | | Cor da | gordur | a | | | | Cor da carne | | | | | | | | |
|------------------------|---------------|---------|-----------|------------|-----|------------|------------|-------|--------------|------------|----------------|-------|------------|------------|------|------------|----|
| Grupos genéticos1 | L* (%) | | A* | | | B * | | L*(%) | | | \mathbf{A}^* | | | B * | | | |
| Angus (A) | 71,54 ±0 | 0,47 a | 14,34 | ±0,56 | bc | 28,24 | $\pm 0,71$ | c | 36,92 | ±0,37 | a | 22,65 | ±0,32 | ab | 7,57 | ±0,22 | ab |
| Hereford (H) | $71,65 \pm 0$ | 0,66 a | 12,87 | $\pm 0,79$ | c | 24,17 | ±1,00 | abc | 36,48 | $\pm 0,50$ | a | 21,61 | $\pm 0,45$ | b | 6,58 | $\pm 0,30$ | c |
| Nelore (N) | $71,06 \pm 0$ | 0,72 ab | 14,91 | $\pm 0,86$ | abc | 29,82 | ±1,08 | abc | 37,25 | $\pm 0,55$ | a | 22,91 | $\pm 0,49$ | a | 7,79 | $\pm 0,33$ | ab |
| CA (Caracu x A) | $71,03 \pm 0$ | 0,41 a | 14,11 | $\pm 0,50$ | c | 28,45 | $\pm 0,63$ | c | 36,93 | $\pm 0,32$ | a | 22,53 | $\pm 0,28$ | ab | 7,58 | $\pm 0,19$ | ab |
| HA | $71,23 \pm 0$ | 0,46 a | 13,34 | $\pm 0,55$ | c | 26,90 | $\pm 0,69$ | c | 36,64 | $\pm 0,35$ | a | 22,32 | $\pm 0,31$ | ab | 7,24 | $\pm 0,21$ | b |
| \mathbf{AH} | $70,74 \pm 0$ | 0,89 ab | 14,25 | $\pm 1,07$ | bc | 27,28 | $\pm 1,35$ | bc | 36,56 | $\pm 0,70$ | a | 21,95 | $\pm 0,61$ | ab | 7,13 | $\pm 0,41$ | b |
| NA | $70,80 \pm 0$ | 0,54 ab | 15,87 | $\pm 0,64$ | ab | 31,17 | $\pm 0,81$ | a | 36,16 | $\pm 0,41$ | a | 22,42 | $\pm 0,37$ | ab | 7,29 | $\pm 0,25$ | b |
| $\mathbf{A}\mathbf{N}$ | 69,20 ±0 | 0,66 b | 16,82 | $\pm 0,79$ | a | 31,78 | $\pm 0,99$ | a | 36,68 | $\pm 0,50$ | a | 23,42 | $\pm 0,45$ | ab | 8,19 | $\pm 0,30$ | a |

¹A primeira letra indica a raça do touro nos cruzamentos. Medias na mesma coluna que não compartilham de um sufixo comum diferem significativamente (P<0,05) pelo teste de contrastes ortogonais.

Tabela 9. Estimativas e erros padrões de efeitos aditivos e heteroticos das variáveis luminosidade (L*), intensidade de vermelho (A*) e intensidade de amarelo (B*) para cor da gordura e da carne.

| | | Cor da gordura | | Cor da carne | | | | | |
|-----------------------|------------------|--------------------|--------------------|--------------|------------|------------------|------------------|--|--|
| Efeito genético1 | \mathbf{L}^* | A* | B * | L* | | A* | B * | | |
| g_A^i | $-1,12 \pm 1,17$ | $0,39 \pm 1,40$ | -0,98 ±1,78 | 0,19 | $\pm 0,90$ | $0,74 \pm 0.80$ | $0,69 \pm 0,54$ | | |
| ${g}_{\it C}^{\it i}$ | -0.93 ± 1.42 | $-0,45$ $\pm 1,70$ | $-2,32 \pm 2,16$ | 0,40 | $\pm 1,10$ | $0,49 \pm 0,97$ | $0,47 \pm 0,66$ | | |
| g_H^i | -0.53 ± 1.16 | $-1,99 \pm 1,39$ | -5,43 ±1,76 ** | -0,18 | $\pm 0,90$ | 0.08 ± 0.79 | -0.19 ± 0.54 | | |
| \mathcal{g}_A^m | $1,60 \pm 0,82$ | -0.96 ± 0.99 | $-0,61 \pm 1,25$ | -0,51 | $\pm 0,63$ | $-1,00 \pm 0,56$ | -0,90 ±0,38 * | | |
| \mathcal{G}_H^m | $1,12 \pm 0,99$ | -0.05 ± 1.18 | $-0,23 \pm 1,50$ | -0,59 | $\pm 0,77$ | -1,38 ±0,68 * | -1,01 ±0,46 * | | |
| h_z^i | -1,30 ±0,61 * | $1,72 \pm 0,73 *$ | $2,44 \pm 0,92 **$ | -0,67 | $\pm 0,47$ | $0,14 \pm 0,42$ | $0,06 \pm 0,28$ | | |
| h_t^i | $-0,61 \pm 0,59$ | $0,19 \pm 0,71$ | $0,88 \pm 0,90$ | -0,10 | ±0,46 | $0,00 \pm 0,41$ | $0,11 \pm 0,27$ | | |

^{*** (}P<0.001); ** (P<0.01); * (P<0.05).

 $^{^{}l}g^{i}=efeito$ aditivo individual, $g^{m}=efeito$ aditivo materno, $h^{i}=heterose$ individual; com subrescrito A=Angus, H=Hereford, C=Caracu, z=cruzamento taurino-zebuíno e, t=cruzamento taurino-taurino.



CAP 3. Cruzamentos sobre características reprodutivas e bioeconômicas: Avaliação dos efeitos diretos, maternos e de heterose das raças Angus, Caracu, Hereford e Nelore

Artigo formatado conforme as normas da revista Journal of Animal Science

ISSN: 0021 - 8812

CRUZAMENTOS SOBRE CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS E

2 BIOECONÔMICAS: AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DIRETOS, MATERNOS E

1

3

DE HETEROSE DAS RAÇAS ANGUS, CARACU, HEREFORD E NELORE

RESUMO: Objetivou-se avaliar os efeitos genéticos diretos, maternos e de heterose de 4 características reprodutivas de vacas puras e cruzadas bem como realizar um avaliação 5 6 bioeconômica para cada grupo genético. Foi utilizado um rebanho de vacas de corte dos grupos genéticos Angus (A), Hereford (H), Nelore (N), $A \times H$ (AH), $H \times A$ (HA), $A \times H$ 7 8 N (AN), N \times A (NA) e Caracu (C) \times A (CA). As características reprodutivas avaliadas 9 foram peso do bezerro a desmama (PBD), peso da vaca ao desmame (PVD), razão do peso ao desmame (RPD), intervalo de partos (IEP), fertilidade real (FR), taxa de 10 11 natalidade (TN), taxa de sobrevivência (TS) e habilidade de permanência no rebanho (STAY). Os parâmetros produtivos e econômicos foram kg de bezerro por vaca 12 13 acasalada e por kg vivo de vaca acasalada, kg de bezerros por hectare, kg de novilhas de descarte por hectare, kg de vacas de descarte por hectare, kg total por hectare, margem 14 por vaca acasalada, margem por hectare. Foi verificado maior PBD nos grupos AN, NA 15 16 e CA diferindo de A, H e HA. O PVD foi maior em vacas AN, NA, HA, CA e H. As 17 vacas AN apresentaram maior RPD, menor IEP e maior FR. As TN, TS e STAY foram maiores nas vacas cruzadas zebuínas. Foram observados efeitos de heterose taurino x 18 19 zebuíno para todas características, exceto para RPD. Efeito individual da C aumenta 20 PBD, PVD e a FR, e o ganho individual H aumenta PVD e reduz RPD. Foi observado 21 efeito materno apenas da raça A, reduzindo a FR. Os rebanhos de vacas puras geraram 22 menores custos de produção. A origem das receitas variou em decorrência das taxas de 23 fertilidade, de modo que quanto maior a TN maior as receitas com bezerros e novilhas de descarte e menor com vacas de descarte. Essa relação resultou em maior produção de 24

- 25 kg de bezerro por vaca acasalada e por kg de vaca acasalada, maior produção de kg de bezerro, novilhas e total por hectare, maior margem por vaca acasalada e por hectare das 26 vacas AN e NA. Conclui-se que PBD e PVD são influenciados pelos efeitos de heterose 27 taurino x taurino e, sobretudo, taurino x zebuíno, incrementando os pesos 28 29 principalmente dos zebuínos cruzados. Vacas da raça AN possuem maior RPD, menor IEP e maior FR. O rebanho zebuíno cruzado apresentou heterose positiva e maiores 30 probabilidades de TN, TS e STAY. A utilização de cruzamentos envolvendo taurinos e 31 zebuínos melhoram a eficiência produtiva bem como econômica no sistema extensivo 32 de ciclo de cria no sul do Brasil. 33
- Palavras-chave: custos, lucratividade, modelo-bioeconômico, receitas, taurinos,
 zebuínos.

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the direct genetic, maternal 36 and heterosis effects of pure and crossbred cows as well as to perform a bioeconomic 37 evaluation for each genetic group. A herd of cows from the genetic groups Angus (A), 38 39 Hereford (H), Nelore (N), $A \times H$ (AH), $H \times A$ (HA), $A \times N$ (AN), $N \times A$) and Caracu (C) × A (CA). Was used the reproductive traits were calf weaning weight (PBD), cow 40 weaning weight (PVD), weaning weight ratio (RPD), calving interval (IEP), real 41 42 fertility (FR), birth rate (TN), calving rate survival (TS) and stayability (STAY). The 43 productive and economic parameters were kg of calf per mated cow and kg of mated cow, kg of calves per hectare, kg of cull heifers per hectare, kg of cull cows per hectare, 44 total kg per hectare, gross margins per mated cow, gross margin per hectare. Greater 45 PBD of AN, NA and CA groups differed from A, H and HA. The PVD was higher in 46 AN, NA, HA, CA and H cows. The AN cows presented higher RPD, lower IEP and 47 higher FR. TN, TS and STAY were higher in zebu crossbred cows. Effects of taurine x 48 zebuine heterosis were observed for all traits except for RPD. Individual effect of C 49 50 increases PBD, PVD and FR and individual gain H increases PVD and reduces RPD. A 51 maternal effect was observed only of purebred A, reducing FR. Purebred herds of cows generated lower production costs. The origin of the revenues varied due to the fertility 52 53 rates, so that the higher the TN, the higher the income with calves and cull heifers and the less with cull cows. This relationship resulted in a higher production of kg of calf 54 55 per mated cow and kg of mated cow, greater production of kg of calf, heifers and total per hectare, greater gross margin per cow matted and per hectare of AN and NA cows. 56 It is concluded that PBD and PVD are influenced by the effects of taurine x taurine 57 heterosis and, above all, taurine x indicine, increasing the weights mainly of crossbreed 58 zebu. The AN cows have higher RPD, lower IEP and greater FR. The crossed zebu 59

- 60 herds showed positive heterosis and higher TN, TS and STAY probabilities. The use of
- 61 crosses involving taurine and zebu improve productive efficiency as well as economic
- 62 in the extensive system of breeding cycle in southern Brazil.
- 63 Key-words: bioeconomic-model, costs, indicine, profitability, revenues, taurine.

INTRODUÇÃO

Os sistemas de cruzamentos podem ser usados na produção de bovinos de corte para fornecer heterose no rebanho, usar as diferenças de efeitos aditivo dos genes, explorar a complementariedade das raças dos progenitores e também na formação de raças compostas (Gregory and Cundiff, 1980). A utilização de cruzamentos pode ser muito vantajosa, sobretudo onde os ganhos com seleção podem ser limitados devido à baixa herdabilidade das características reprodutivas (Cammack et al., 2009).

Tendo em vista que as características reprodutivas são economicamente as mais importantes para bovinos de corte (Brumatti et al., 2011; Pravia et a., 2014; Costa, et al., 2017), identificar raças ou cruzamentos, bem como seus efeitos genéticos que possibilitam melhorar os índices reprodutivos no rebanho é, portanto, fundamental para viabilizar o sistema produtivo, principalmente no ciclo de cria (Dikerson, 1970; Toghiani et al., 2017). No entanto, em sistemas de produção animal, o ótimo biológico nem sempre corresponde ao ótimo lucrativo, tornando necessária uma avaliação a respeito da influência de características biológicas/produtivas sobre os custos e receitas bem como a lucratividade do sistema. Nesse sentido, os objetivos do presente estudo foram: (1) determinar efeitos genéticos individuais, maternos e de heterose que influenciam características reprodutivas de vacas de corte de diferentes grupos genéticos criadas em sistema extensivo baseado em pastagens naturais e, (2) calcular através de um modelo bioeconômico, os custos e receitas do sistema de ciclo de cria para estimação de parâmetros de eficiência produtiva e econômica para cada grupo genético.

MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos experimentais envolvendo animais foram aprovados pelo Comitê de Ética e Experimentação Animal da Universidade Federal de Pelotas (Pelotas, Brasil; Processo CEEA Nº. 8250-2015).

A pesquisa foi realizada no Centro de Pesquisa de Pecuária dos Campos Sul-Brasileiros (CPPSul), da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), situada no município de Bagé, RS. Foram utilizados 718 registros oriundos de 186 matrizes com idades entre um e seis anos criadas sob pastoreio contínuo em campo nativo, com carga animal de 315 kg/ha. As vacas pertenciam a oito grupos genéticos, das quais 32 Angus (A), 16 Hereford (H), 13 Nelore (N), 36 do cruzamento Caracu × Angus (CA), 18 do cruzamento Angus × Hereford (AH), 32 do cruzamento Hereford × Angus (HA), 15 do cruzamento Angus × Nelore (AN) e 24 do cruzamento Nelore × Angus (NA).

Eficiência reprodutiva

As vacas foram divididas ao acaso dentro do grupo genético em dois lotes e acasaladas com touros das raças Brangus (BN) e Braford (BO) em estações de monta de novembro a fevereiro, anualmente. O período de parição foi nos meses de setembro a dezembro, entre 2009 e 2015. No dia do parto os bezerros foram pesados, repetindo-se este procedimento entre abril e maio, anualmente, por ocasião da desmama quando as vacas também foram pesadas (PVD).

A razão do peso ao desmame (RPD) foi calculada através da seguinte equação:

$$RPD = \frac{PBD}{PVD} \times 100,$$

108 em que: RPD = razão do peso ao desmame; PBD = peso do bezerro ao desmame; PVD
 109 = peso da vaca ao desmame.

O intervalo de parto (IEP) foi calculado através da diferença de dias da data dos partos subsequentes.

Peso do bezerro ao desmame foi corrigido para 210 dias (PBD) de idade através da seguinte equação:

$$PBD = \left(\frac{PD - PN}{IDD}\right) * 210 + PN,$$

em que: PBD = peso corrigido para 210 dias de idade; PD = peso observado ao desmame; PN = peso observado ao nascimento; IDD = idade (dias) do bezerro na data da desmama.

A Fertilidade real (FR), que contabiliza simultaneamente a fertilidade e a produção de carne, expressa em quilos de bezerros desmamados por ano efetivo, foi calculada através da equação:

$$FR = \frac{PD * 365}{IEP},$$

em que: FR = fertilidade real; PD = peso observado ao desmame; IEP = intervalo entre partos.

A taxa de nascimento (TN), considerada característica binomial, foi determinada com valores de um (1) ou sucesso para vacas com parição em cada ano e zero (0) ou fracasso para vacas que não pariram. Para avaliar a taxa de sobrevivência no

rebanho (TS), foi determinado como critério de descarte a ausência de parição por dois anos consecutivos ou não, sendo um (1) para vacas que permaneciam no rebanho, e zero (0) para vacas descartadas. A habilidade de permanência no rebanho (STAY), também considerada variável de resposta binomial, foi obtida como sendo um (1) ou sucesso para vacas que produziram três ou mais bezerros aos seis anos e zero (0) ou fracasso para vacas que não atingiram esse critério.

Análises estatísticas

As características reprodutivas PBD, PVD, EI, IEP e FR foram consideradas variáveis dependentes (Y_{ijkl}) e analisadas com o seguinte modelo usando "R" (R Core Team, 2018):

$$Y_{ijkl} = \mu + GR_i + EN_j + AN_k + e_{ijkl}$$

em que: Y_{ijkl} = são as características reprodutivas, μ = é a media geral, GR_i = é o efeito fixo do ith grupo racial, EN_j = é o efeito fixo da jth estação de nascimento (cedo, tarde), AN_k = é o efeito do kth ano de nascimento (2006 a 2009) e, e_{ijkl} = é o efeito aleatório residual atribuído a lth vaca.

As características TN, TS e STAY foram consideradas como variáveis de resposta binomial através um modelo linear generalizado. Posteriormente, as estimativas foram transformadas em Odds Ratio (OD) e usadas para a comparação das probabilidades de sucesso ou fracasso de cada variável entre os grupos genéticos. O seguinte modelo foi utilizado para as variáveis binomiais:

$$log\left(\frac{y_{ijklm}}{1 - y_{ijklm}}\right) = \mu + GR_i + EN_j + AN_k + IDD_l + e_{ijklm}$$

em que: Y_{ijklm} = são as características binomiais (sucesso ou fracasso), IDD_l é o efeito da l^{th} idade da vaca ao parto e, e_{ijkl} = é o efeito aleatório residual atribuído a l^{th} vaca.

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

Para a análise dos coeficientes genéticos, os efeitos do GR foram substituídos por uma série de efeitos de regressão linear usando a função lm do Software R, de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$GR_i = b_1 g_A^i + b_2 g_C^i + b_3 g_H^i + b_4 g_A^m + b_5 g_H^m + b_6 h_t^i + b_7 h_z^i$$

Na equação anterior, g^i_j representa a proporção individual da vaca da j^{th} raça sendo A = Angus, C = Caracu, e H = Hereford em cada i^{th} GR; da mesma forma, g_i^m representa a proporção da raça da mãe da vaca de cada GR; o hⁱrepresentam os efeitos de heterose individuais que foram assumidos como proporcionais à heterozigose individual esperada (Gregory e Cundiff, 1980). Os efeitos da heterose foram subdivididos quando a heterozigose resultou da combinação de alelos de uma raça taurina e uma raça zebuína (subscrito z) ou de duas raças taurinas (subscrito t). Esta formulação para identificação de parâmetros do modelo exigiu restrições que foram impostas ao ajustar os efeitos aditivos diretos e maternos da raça Nelore a zero, a fim de obter uma solução única. As expectativas genéticas de cada BG são mostradas na Tabela 1. Finalmente, b_1, b_2, b_3 = efeito aditivo individual dos coeficientes das raças Angus, Caracu e Hereford, respectivamente; b_4 , b_5 = são os efeitos genéticos aditivos maternos dos coeficientes das raças Angus e Hereford; b_6 , b_7 = coeficientes de heterose individuais, expressos por cruzamentos de raças taurinas e de raças taurina com zebuína, respectivamente. As médias previstas foram estimadas e comparadas aplicando a função de contraste R/base aos efeitos aditivos individuais, maternos e de heteroses individuais, e coeficientes fracionais (Max et al., 2013) que são apropriados para os GRs.

Eficiência bioeconômica

Uma avaliação bioeconômica foi desenvolvida para a comparação dos grupos genéticos, a qual se consistiu de quatro principais etapas: (1) caracterização do rebanho, (2) obtenção das fontes de custos e despesas, (3) obtenção das receitas e (4) estimação de parâmetros produtivos e econômicos.

Para a caracterização do rebanho foram considerados os dados reprodutivos do rebanho do presente estudo, considerado como sistema de ciclo de cria, que consiste na reprodução e crescimento do nascimento a desmama, além da reposição de fêmeas do próprio rebanho.

Para determinar as receitas e despesas foi desenvolvido um modelo bioeconômico determinístico quanto à estrutura do rebanho, custos com alimentação, suplementação mineral, produtos veterinários, mão de obra trabalhista e as receitas de acordo com o trabalho de Costa (2018). A estrutura do rebanho foi determinada a partir da matriz de Leslie (Leslie, 1945, 1948) utilizando os parâmetros reprodutivos relacionados a fertilidade (TN e TS) do presente rebanho considerando a idade até seis anos (Tabela 2).

As despesas do sistema foram divididas em quatro centros de custos principais: (1) consumo energético, (2) mão de obra trabalhista (trabalho permanente e temporário), (3) custos veterinários (vacinas, medicamentos, controle de endo e ecoparasitas) e (4) custos com suplementação mineral.

Para obtenção dos custos de consumo energético (Mcal) para cada categoria foi utilizada uma equação que considera o peso vivo médio em um determinado período, a variação de peso vivo entre períodos, e a produção de leite para categorias lactantes. De acordo com o Capitulo I deste estudo, o peso vivo médio em cada período foi

calculados no Software R (Anon, 2016), através do modelo não linear de Brody (1964), ajustados para intervalos anuais iniciando com o primeiro ano de vida do animal (365

dias) até os cinco anos de idade (1825 dias), quando a curva de crescimento estabilizou.

195 A equação pode ser representada da seguinte maneira:

$$196 W = A(1 - Be|-kt),$$

em que: W (kg) é o peso vivo na idade t (dias); A (kg) é o peso assintótico quando a t tende ao infinito; B é uma constante de integração, e k é a taxa de maturação.

Os requerimentos totais de energia Mcal/dia foram calculados através de equações baseadas no NRC (2000) as quais foram detalhadas por Costa (2018). O custo total de consumo de energia foi calculado pela soma dos requerimentos de energia para cada categoria animal, multiplicada pelo custo por Mcal, considerando a alimentação exclusivamente em pastagem natural. O custo da pastagem natural por dia foi determinado através dos custos de arrendamento pela seguinte equação:

$$R\$_{ha} = \frac{C_{ha} \times R\$_{kg/boi}}{365},$$

em que: $R\$_{ha}$ representa o custo por unidade hectare por dia, C_{ha} é o custo de arrendamento, sendo considerado como 4200 kg de boi vivo por quadra ou 48,16 kg de boi vivo por hectare, o $R\$_{kg/boi}$ foi considerado R\$ 05,15 (kg do boi vivo), assim o custo por ha/dia foi de R\$0,67.

Para calcular o custo por Mcal (R_{Mcal}$), considerou-se que um hectare de pastagem natural mantém um animal de 360 kg de peso vivo (0,8 UA), que requer 7,88 Mcal, assim:

$$R\$_{Mcal} = \frac{0.67}{7.88},$$

Desta forma para calcular a média de energia (Mcal) requerida para cada categoria foi multiplicado a média de consumo de energia pelo custo da unidade Mcal.

O total de custos de energia por grupo genético foi avaliado através das somas dos custos de todas as categorias.

Para obtenção dos custos com mão de obra trabalhista, foi considerado que um funcionário é capaz de atender a 329 unidades animal (UA) por ano (Anualpec, 2015). O valor do salário de cada funcionário foi gerado pelo Sindicato de trabalhadores rurais do Rio Grande do Sul, Brasil, que totalizou R\$ 18.000,00 por ano. Assim, foram somados os pesos de cada categoria animal, ajustados para o tempo que cada categoria permanecia em média na propriedade durante o ano. Por fim, o total de custo de mão de obra trabalhista foi determinado pela soma dos custos de cada categoria com mão de obra.

O custo com produtos veterinários foi estimado com base no calendário sanitário anual do rebanho, que variou de acordo com a categoria animal. O custo de cada produto veterinário, por dose ou por kg de peso vivo, foi obtido através de pesquisa de mercado.

O custo com suplementação mineral foi calculado com base no consumo médio de 0,07% do peso médio vivo (Moreira et al., 2001), considerando o valor do sal mineral de R\$ 0,42 /kg.

Desta forma o total dos custos (CT) foi determinado pela soma dos custos de consumo energético, mão de obra trabalhista, produtos veterinários e suplementação mineral.

A estimação das receitas foi obtida através da seguinte equação:

$$Rec(R\$) = Wt \times N \times pr$$

em que: Rec é a receita (R\$) pela venda dos animais, Wt é o peso médio da categoria e, pr é o preço de venda de cada categoria, sendo considerado R\$ 5,60 para bezerros, R\$

5,00 para novilhas e R\$ 3,70 para vacas de descarte. O total de receitas (RT) foi obtida através da soma das receitas com bezerros ao desmame, novilhas de dois anos e vacas de três ou mais anos de idade.

A margem do rebanho (MR) foi obtida da seguinte equação:

$$MR(R\$) = RT - CT$$

243 Finalmente foram estimados os seguintes parâmetros produtivos e econômicos 244 para comparação dos grupos genéticos. A relação de produção de bezerros por vaca 245 acasalada foi obtido através da seguinte equação:

$$\frac{B(kg)}{V} = \frac{B \times Wt}{V},$$

242

252

253

254

255

256

em que: B(kg)/V é a produção total de kg de bezerros por vaca acasalada, B é o total de bezerros machos e fêmeas produzidos no sistema, Wt é o peso ajustado dos bezerros, V é o número de vacas acasaladas.

A relação de quilogramas de bezerro para cada 100 kg de vaca acasalada foi gerado pela seguinte equação:

$$\frac{B(kg)}{V(kg)} = \frac{B \times Wt}{V \times Wt}$$

em que: B(kg)/V(kg) é a produção total de bezerros por 100 kg de vaca acasalada, B é o número de bezerros machos e fêmeas produzidos no sistema, Wt é o peso ajustado de cada categoria, V é o número de vacas acasaladas.

A produtividade de cada rebanho foi gerada através da razão entre cada categoria que compôs a receita e pela área total necessária para cada rebanho

$$Prod_{kg/ha} = \frac{Peso_{cat}}{ha}$$

em que: Prod_{kg/ha} é a produtividade do sistema (kg/ha), *Peso_{cat}* é o peso vivo total de cada categoria ou total que compôs as receitas e, ha é a área total necessária (hectares).

A margem por vaca acasalada de cada rebanho foi obtida através da razão entre o lucro do rebanho e o total de vacas acasaladas, como segue a equação:

$$MV = \frac{MR}{V}$$

em que: MV é a margem (R\$) por vaca acasalada, MR é a margem do rebanho e, V é número de vacas acasaladas.

Finalmente, a margem por cada hectare utilizado foi determinada através da razão entre margem do rebanho e a área necessária para criação do rebanho, como segue:

$$MH = \frac{MR}{ha}$$

em que: MH é a margem por hectare, MR é o margem por rebanho e, ha é a área (hectares) necessária.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Eficiência reprodutiva

Na tabela 3 encontram-se os resultados referentes ao PBD, PVD, RPD, IEP e FR. Vacas do grupo genético AN produziram bezerros mais pesados, diferindo significativamente (P<0,05) dos bezerros das vacas A, H, N, HA e AH. O peso ao desmame é influenciado por fatores genéticos e ambientais, tendo o peso da vaca ao desmame efeito direto sobre o peso do bezerro, devido a coeficientes de herdabilidade serem de magnitude moderada a alta (Lôbo et al., 2000; Boligon et al., 2009).

Nesse sentido, o alto PBD observado nos zebuínos cruzados (AN e NA) pode ser explicado em partes pelo alto PVD de suas mães, tendo ambas as características, contribuição da heterose taurino x zebuíno (Tabela 4). Outro fator determinante no PDB

é a produção de leite da vaca, visto ser a maior fonte de alimento para o bezerro, principalmente nos estágios iniciais da lactação (De Mendonça e al., 2002; Rovira, 1974, Rodrigues et al., 2014). As médias de produção de leite das vacas do presente estudo podem ser verificadas no Capítulo I deste estudo, porém, cabe ressaltar que a amostra de animais não é exatamente a mesma, pois no Capítulo inicial foram considerados dados somente de vacas que alcançaram a idade adulta. Não obstante, em ambas amostras foi verificada uma produção de leite superior dos zebuínos cruzados com efeitos (P>0,05) de heterose taurino x zabuíno.

As vacas do grupo CA também produziram bezerros com alto PBD, diferindo (P<0,05) dos grupos A, H e HA, a qual pode ser atribuída à mesma relação positiva entre PBD e PVD como também a alta produção de leite apresentada no capitulo I deste trabalho. Além disso, as altas médias de PBD e PVD do grupo CA se devem aos efeitos (P>0,05) genético individual da raça C e também à heterose taurino x taurino para acréscimo do PBD e PVD (Tabela 4). Com exceção da raça H, que apresentou alto BVD e do grupo HA que desmamou bezerros mais leves, os cruzamentos em geral foram mais pesados que as raças puras, como efeito (P<0,05) da heterose taurino x taurino e taurino x zebuíno (Tabela 4).

Apesar de ter apresentado alto PVD, a raça H produziu bezerros com baixo PBD, o que resultou em menor RPD, característica esta, sendo afetada (P<0,05) negativamente pelo efeito individual da raça H (Tabela 4). A RPD foi maior em vacas AN, diferindo (P<0,05) apenas das vacas H e HA, sendo esta a única característica do presente estudo a não sofrer efeitos (P>0,05) de heterose. Apesar de vacas do grupo AN apresentarem maior PVD, a maior RPD foi compensada pelo maior PVB produzido por este grupo genético.

Poucas diferenças (P<0,05) foram observadas entre os valores das médias de IEP e a FR das vacas no presente estudo. Perotto et al. (2006) relatam que cada quilograma de aumento no peso do bezerro à desmama aumentou em 1,49 dias o IEP que se sucedeu ao nascimento do respectivo bezerro. Os autores atribuíram que bezerros que ganharam mais peso no período pré-desmama impuseram maior desgaste energético às mães, influenciando negativamente a retomada de sua atividade reprodutiva após o parto, ao contrário do presente estudo, em que vacas do grupo AN, desmamaram bezerros mais pesados e tiveram menor IEP.

O menor IEP juntamente com maior PBD, resultou também em maior FR de vacas AN. Diferentemente, o grupo genético de raças alternadas de touro e vaca NA, apresentou menor (P>0,05) FR em comparação à AN, pois apensar dos efeitos de heterose taurino x zebuíno contribuírem para aumentar a FR, houve efeito (P<0,05) materno negativo da raça A reduzindo a FR deste grupo genético.

Na tabela 5 são apresentados as estimativas das características de resposta binomial TN, TS e STAY. As TNs foram maiores nos rebanhos cruzados zebuínos com 85% de incidência de prenhez, seguido pelo rebanho com cruzamento entre taurinos, com média de 76%, e as puras que tiveram maior variação, sendo superior o rebanho H com 81% de prenhez, seguido pelo A com 67% e N com 58% de prenhez. Foi verificada maior probabilidade (P<0,05) de prenhez das vacas AN em relação à N (OD=28,9) e NA em relação à N (OD=26,5). Cundiff et al. (1974) trabalhando com as raças puras A, H e Shortorn observaram efeitos de heterose para características reprodutivas, resultando em 6,4% maior safra de bezerros em rebanhos cruzados comparados à rebanhos de raças puras, o que foi associado pelos autores a maior concepção ao primeiro serviço dos rebanhos cruzados.

A fertilidade do rebanho determina, em partes, a TS ou o descarte de uma determinada matriz do rebanho. Neste caso, uma relação positiva deve existir entre TN e TS, onde a maior TN dos rebanhos NA e AN resultaram também em maior TS. Vacas NA apresentam maiores chances (P<0,05) de sobrevivência no rebanho comparado H (OD=6,97), N (OD=6,82) e AH (OD=6,96). O rebanho de vacas puras A apresentaram menor (P<0,05) probabilidade de prenhez comparado as vacas CA (OD=0,28), HA (OD=0,27), NA (OD=0,11) e AN (OD=0,26).

A característica STAY, uma forma mais criteriosa de definição de permanência de matrizes no rebanho foi definida por Hudson e Van Vleck (1981) como a capacidade da vaca permanecer no rebanho até uma determinada idade. No presente estudo a STAY foi definida como "sucesso" para vacas que atingiram pelo menos três partos aos 76 meses e "fracasso" quando não atingem este critério. Tal característica tem recebido bastante atenção por parte dos pesquisadores devido ao seu alto valor econômico (Formigoni et al., 2005; Brumatti et al., 2011; Costa. 2018). A STAY também possui relação positiva com TN e TS, ou seja, para que a vaca atinja o critério para definição de sucesso em STAY, ela precisa necessariamente parir, e como consequência, ser mantida no rebanho. Maiores probabilidade (P<0,05) de STAY foram verificadas nos grupos AN (OD=28,95), NA (OD=26,51) e CA (OD=21,54) em relação ao N.

O rebanho da raça N apresentou menor fertilidade através das variáveis estimadas no presente trabalho. Isso se deve a menor adaptação das raças zebuínas às condições ambientais de clima temperado, pois a região Sul, em determinadas épocas do ano, é marcada pela presença de baixas temperaturas, supostamente propícia às raças taurinas. Por outro lado, a origem indiana da raça N supõe melhor adaptação em climas tropicais.

Apesar de possuir ½ de sangue zebuíno, os maiores valores de TN, TS e STAY observados no grupo genético AN e NA sugerem a ausência dos efeitos de falta de adaptação ao clima em animais cruzados. Tais características também foram beneficiadas pelos efeitos (P<0,05) de heterose taurino x zebuíno (Tabela 6). Esses resultados reforçam a ideia que a intensidade da heterose depende também do maior distanciamento das raças paternas envolvidas no cruzamento (Roso e Fries, 2000), como também é intensificado em características de menor herdabilidade como o caso das reprodutivas (Cammack et al., 2009).

Avaliação Bioeconômica

Na Tabela 7 constam os custos do sistema produtivo de acordo com o grupo genético. Sem grandes variações na ordem dos centros de custos entre os grupos genéticos, em média, a maior parte dos custos de produção decorre dos custos com energia da alimentação dos animais (60%), seguido pela suplementação mineral (19%), mão de obra trabalhista (11%) e por último, custos veterinários (10%).

Os sistemas produtivos das raças puras N, A e H tiveram menor custo de produção total, oriundo de menores custos de energia, mão de obra trabalhista, medicamentos veterinários e suplementação mineral. O custo por vaca acasalada foi R\$ 714,00; R\$ 765,00; R\$ 813,00; R\$ 820,00; R\$ 853,00; R\$ 854,00 R\$ 877,00 e R\$ 920,00 respectivamente para as vacas N, A, H, HA, NA, CA, AH e AN. Conforme comentado anteriormente, a maior parte dos custos de produção foi devido ao consumo energético. O consumo energético é determinado, em maior parte, pelo peso médio dos animais e pela produção de leite. Desta forma é possível que a redução dos custos de energia das raças N e A foi decorrente do menor peso corporal (Tabela 3) e também da

menor parcela de vacas lactantes no rebanho de animais A, decorrente das baixas TN apresentadas na Tabela 5.

As receitas do sistema de cria, mostradas na Tabela 8, são procedentes da comercialização de bezerros machos ao desmame, vacas de descarte de seis e oito dentes e novilhas de dois anos que excedem a taxa de reposição das vacas descartadas no rebanho. Verificou-se, no entanto que, ao contrário dos custos produtivos, ocorreram maiores variações de origem das receitas entre os grupos genéticos. A maior parte das receitas das raças puras foi proveniente da comercialização de vacas de descarte de oito dentes, representando 59%, 54% e 43% para as raças N, A e H. Por outro lado, a comercialização de bezerros no desmame foi mais expressivo nas cruzadas zebuínas, representando 41% da receita.

As receitas por vaca acasalada no rebanho foram R\$ 841,00; R\$ 987,00; R\$ 1039,00; R\$ 1128,00; R\$ 1132,00; R\$ 1199,00; R\$ 1205,00 e R\$ 1277,00, respectivamente para vacas dos grupos genéticos N, A, HA, H, CA, AH, NA e AN. As maiores receitas apresentadas pelos zebuínos cruzados foram devido à alta TN e maior peso ao desmame, que concomitantemente aumentaram a receita com a comercialização dos bezerros. A alta TN permitiu ainda uma receita maior com a comercialização de novilhas de descarte, devido ao maior número de animais desta categoria que excederam a taxa de reposição aumentando consideravelmente a receita total do rebanho. Desta forma os zebuínos cruzados além do maior número de bezerros, também produziram uma safra de novilhas que tiveram uma participação de 30% e 33% das receitas para NA e AN, respectivamente.

Segundo Soares de Lima e Montossi (2016) a taxa de prenhez determina o produto final do sistema, portanto, quando o diagnóstico de gestação atestar prenhez, o produto final será um bezerro desmamado, o que determina também a permanência desta vaca no rebanho não devendo ser substituída por uma novilha de reposição. Todavia, se o diagnóstico for negativo, esta vaca se transformará no produto final sendo, consequentemente, descartada do rebanho, devendo ser substituída por outra vaca para manter o número estável de matrizes no rebanho. Em outras palavras, quanto maior a TN do rebanho: (1) maior a produção e a receita com comercialização de bezerros no desmame, (2) menor a taxa de descarte de matrizes, consequentemente, menor a comercialização de vacas de descarte e, (3) maior o número de novilhas excedem a taxa de reposição e sobram para comercialização.

Na Tabela 9 constam os parâmetros produtivos e econômicos por grupo genético. Com relação as produtividade de bezerros no rebanho, verificou-se que a maior fertilidade aliada ao maior peso ao desmame dos bezerros das vacas cruzadas zebuínas, resultaram também em maior produtividade de kg de bezerro por unidade de vaca acasalada (181 kg e 172 kg, respectivamente para AN e NA) e por kg de vaca acasalada (0,40 kg e 0,39 kg, respectivamente para NA e AN), tendo este último parâmetro influência também da razão entre peso do bezerro e peso da vaca ao desmame (Tabela 3).

Os rebanhos de vacas cruzadas zebuínas apresentaram também maior produtividade em kg total por hectare, proveniente da maior produção de bezerros e novilhas. Os rebanhos de raças puras produziram mais kg de vaca de descarte por hectare, conforme comentado anteriormente, devido à baixa fertilidade que resultou em maior taxa de descarte de vacas falhadas. As vacas de descarte apresentam um razoável

valor de comercialização, não podendo ser consideradas como subproduto em nossos sistemas de cria como ocorre em países desenvolvidos ou em bovinos de leite (Soares de Lima e Montossi, 2016). No entanto, apesar de maiores produções de kg de vacas de descarte por hectare nos rebanhos de vacas puras, estes valores não foram suficientes sequer para superar a produção de kg de bezerros por hectare dos rebanhos cruzados zebuínos, aumentando as diferenças na produção total por hectare.

Além disso, o menor preço de comercialização de vacas de descarte (89% e 66%, respectivamente do preço de novilhas e bezerros), aumentou ainda mais as diferenças nas margens entre as raças puras e cruzadas zebuínas. As médias das margens por vaca acasalada foram 351 kg para cruzadas zebuínas (AN e NA), 272 kg para cruzadas taurinas (AH, HA e CA) e 221 kg para as raças puras (A, H e N). Esta mesma tendência se observou quanto às margens por hectare com 166 kg para cruzadas zebuínas, 128 kg para cruzadas taurinas e 116 kg para as raças puras.

435 CONCLUSÃO

O peso do bezerro e da vaca ao desmame é influenciado pelos efeitos de heterose taurino x taurino e, sobretudo, taurino x zebuíno, incrementando os pesos principalmente dos zebuínos cruzados.

Vacas cruzadas AN, apesar de alto peso a desmama produziram bezerros relativamente mais pesados, aumentando a razão entre peso de bezerro e vaca ao desmame, além de terem menor intervalo de partos e maior fertilidade real.

| 142 | Zebuínos cruzados apresentaram maiores taxas de nascimento e permaneceram |
|-----|--|
| 143 | por maior tempo no rebanho, com efeitos favoráveis da heterose taurino x zebuíno. |
| 144 | Rebanhos com maior fertilidade apresentaram melhores parâmetros produtivos e |
| 145 | econômicos, demonstrando a relação positiva entre eficiência reprodutiva e econômica. |
| 146 | A utilização de cruzamentos envolvendo taurinos e zebuínos melhoram a |
| 147 | eficiência produtiva bem como econômica no sistema extensivo de ciclo de cria no sul |
| 148 | do Brasil. |
| 149 | |
| 150 | LITERATURA CITADA |
| 151 | Anon., 2016, R: A language and environment for statistical computing. R. Foundation |
| 152 | for Statistical Computing, Available at: http://www.R-project.org/. Vienna, |
| 153 | Austria. |
| 154 | Anualpec. 2015: Anuário da Pecuária Brasileira. São Paulo: FNP, 400p. |
| 155 | Boligon, A. A., L. G. Albuquerque, M. E. Z. Mercadante e R. B. Lôbo. 2009. |
| 156 | Herdabilidades e correlações entre pesos do nascimento à idade adulta em |
| 157 | rebanhos da raça Nelore. Rev. Bras. Zootec. 39(12):2320-2326. |
| 158 | Brody, S. 1964. Bioenergetics and Growth. Hafner Publishing Company Inc., New |
| 159 | York. NY. |
| 160 | Brumatti, R. C., J. B. S. Ferraz, J. P. Eler e I. B. Formigonni. 2011. Desenvolvimento |
| 161 | de índice de seleção em gado corte sob o enfoque de um modelo |
| 162 | bioeconômico. Arch. Zootec. 60(230): 205-213. |

- 463 Cammack, K., M. Thomas e R. Enns. 2009. Reproductive traits and their heritabilities
- in beef cattle. Prof. Anim. Sci. 25:517–528.
- 465 Cundiff, L. V., K. E. Gregory e R. M. Koch. Effects of heterosis on reproduction in
- hereford, angus and shorthorn cattle. J. Anim. Sci, 38(4):711-727, 1974.
- 467 Costa, Rodrigo Fagundes. Breeding Objectives and Economic Indexes for Hereford,
- Braford and Aberdeen Angus cattle raised in Southern Brazil. 2018. 121 f. Tese.
- 469 (Doutorado em Genética e Melhoramento Animal) Faculdade de Agronomia
- Eliseu Maciel, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Pelotas, 2018.
- 471 Costa, R. F., B. B. M. Teixeira, M. J. Yokoo and Cardoso, F. F. 2017. Economic
- selection indexes for Hereford and Braford cattle raised in southern Brazil 1. J.
- 473 Anim. Sci. 95(7): 2825-2837.).
- De Mendonça, G., M. A. Pimentel, R.A. Cardellino e J. C. S. Osorio. 2002. Produção de
- leite em primíparas de bovinos Hereford e desenvolvimento ponderal de terneiros
- cruzas taurinos e zebuínos. Rev. Bras. Zootec. 31(1):467-474.
- 477 Dickerson, G. E. 1970. Efficiency of animal production—Molding the biological
- 478 components. J. Anim. Sci. 30:849–859.
- 479 Formigoni, I. B., J. B. S. Ferraz, J. A. V. Silva, J. P. Eler e R. C. Brumatti. 2005.
- Valores econômicos para habilidade de permanência e probabilidade de prenhez
- aos 14 meses em bovinos de corte. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 57(2):220-226.
- 482 Gregory, K. E. e L. Cundiff. 1980. Crossbreeding in beef cattle: evaluation of
- 483 systems. J. Anim. Sci. *51*(5):1224-1242.

- Hudson, G. F. S., L. D. Van Vleck. 1981. Relations between production and stayability
- in Holstein cattle. J. Dairy. Sci. 64:2246-2250.
- 486 Leslie, P. H. 1948. Some further notes on the use of matrices in population
- mathematics. Biometrika. 35: 213-245.
- 488 Lôbo, R. N. B., F. E. Madalena, e A. R. Vieira. 2000. Average estimates of genetic
- parameters for beef and dairy cattle in tropical regions. Animal Breeding
- 490 Abstracts. 68(6):433-462.
- 491 Max, K., W. Steve, W. Jed, F. James e T. Thorn. 2013. Contrast: A collection of
- contrast methods. R package version 0.19.
- 493 Moreira, F. B., I. N. Prado, U. Cecato, F. Y. Wada, W. G. Nascimento e N. E. Souza.
- 494 2001. Níveis de suplementação de sal proteinado para bovinos nelore terminados
- 495 a pasto no período do inverno. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de
- 496 Zootecnia, 38., 2001, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Sociedade Brasileira de
- 497 Zootecnia, 2001. p.923-924.
- 498 National Research Council (NRC). 2000. Nutrient requirements of beef cattle. 7.ed. (Up
- Date) Washington, DC: National Academy Press, 2000. 242p.
- Perotto, D., J. J. S. Abrahão e I. A. Kroetz. 2006. Intervalo de partos de fêmeas bovinas
- Nelore, Guzerá x Nelore, Red Angus x Nelore, Marchigiana x Nelore e Simental x
- Nelore. Rev. Bras. Zootec. 35(3):733-741.
- Pravia, M. I., O. Ravagnolo, J. I. Urioste e D. J. Garrick. 2014. Identification of
- breeding objectives using a bioeconomic model for a beef cattle production
- system in Uruguay. Livestock Science, v.160, p.21-28.

R Core Team (2018) 'R: a language and environment for statistical computing.' (R 506 Foundation for Statistical Computing: Vienna) Available at https://www.R-507 project.org/ [Verified April 2018]. 508 Rodrigues P. F., L. M. Menezes, R. C. C. Azambuja, R. W. Suñé, I. D. Barbosa Silveira 509 e F. F. Cardoso. 2014. Milk yield and composition from Angus and Angus-cross 510 beef cows raised in southern Brazil. J. Anim. Sci. 92:2668–2676. 511 512 Roso, V. N. e L. A. Fries. 2000. Avaliação das Heteroses Materna e Individual sobre o 513 Ganho de Peso do Nascimento ao Desmame em Bovinos Angus x Nelore. Rev. 514 Bras. Zootec. 29:732-737. 515 Rovira, J. Reproduccion y manejo de los rodeos de cria. Montevideo: Ed. Hemisferio Sur, 296p, 1974. 516 Soares de Lima, J. M., M. I. Pravia, O. Ravagnolo, F. Montossi. 2011. Índice de 517 selección para la Cría: "Una nueva herramienta disponible em Uruguay para 518 selecionar reproductores por su mérito econômico em la raza Hereford". Programa 519 520 Nacional de Carne y Lana, INIA Uruguay. Anuário da Sociedad Criadores de 521 Hereford del Uruguay. Soares de Lima, J. M., Montossi, F. 2016. Entendiendo la lógica productiva y 522 523 económica de la cría vacuna en Uruguay. Análisis de la tasa de preñez sobre el ingreso. Revista INIA – N°47, Produção Animal. 524 Toghiani, S., E. Hay, P. Sumreddee, T. W. Geary, R. Rekaya e A. J. Roberts. 2017. 525 526 Genomic prediction of continuous and binary fertility traits of females in a composite beef cattle breed. J. Anim. Sci, 95(11):4787-4795. 527

Tabela 1. Efeito dos coeficientes genéticos para dentro de cada grupo racial usado neste estudo: g_j^i = efeito individual aditivo, g_j^m = efeito materno aditivo, h_j^i = heterose individual; com sobrescritos A = Angus, C = Caracu, H = Hereford, N = Nelore, t = cruzamento taurinos/taurino, e z = cruzamento taurino/zebuíno.

| G1 | | | | E | feitos genétic | os | | | |
|-------------------------------|--------------------|---------|---------|---------|----------------|---------|---------|---------|---------|
| Grupos genéticos ¹ | $\overline{g_A^i}$ | g_C^i | g_H^i | g_N^i | g_A^m | g_H^m | g_N^m | h_z^i | h_t^i |
| Angus (A) | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Hereford (H) | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Nelore (N) | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| AH | 0.5 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| HA | 0.5 | 0 | 0.5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| NA | 0.5 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| AN | 0.5 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CA | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |

¹ A primeira letra indica a raça do touro nos cruzamentos.

Tabela 2. Estrutura do rebanho (% em relação ao rebanho simulado de 10.000 fêmeas) para cada grupo genético, estimado através da matriz de Leslie (1945, 1948) para as categorias vacas acasaladas (Vacas), bezerros, novilhas até um ano (Novilhas_1), novilhas de dois anos (novilhas_2), novilhas de descarte (Novilhas_d), vacas de descarte de seis dentes (Vacas_6), vacas de descarte de oito dentes (Vacas_8) e idade média do rebanho (Idd_reb).

| Grupo genético ¹ | Vacas | Bezerros | Novilhas_1 | Novilhas_2 | Novilhas_d | Vacas_6 | Vacas_8 | Idd_reb (anos) |
|-----------------------------|-------|----------|------------|------------|------------|---------|---------|----------------|
| A (Angus) | 52 | 34 | 15 | 15 | 1 | 1 | 13 | 4,7 |
| H (Hereford) | 52 | 41 | 14 | 13 | 6 | 1 | 12 | 5,0 |
| N (Nelore) | 56 | 31 | 15 | 14 | 0 | 1 | 13 | 4,9 |
| AH | 54 | 41 | 13 | 13 | 7 | 1 | 11 | 5,1 |
| HÁ | 56 | 39 | 13 | 12 | 6 | 1 | 11 | 5,3 |
| $\mathbf{A}\mathbf{N}$ | 57 | 46 | 10 | 10 | 12 | 0 | 9 | 5,8 |
| NA | 59 | 47 | 9 | 9 | 14 | 0 | 8 | 6,1 |
| Caracu x (A) | 58 | 43 | 11 | 10 | 10 | 0 | 10 | 5,7 |

¹A primeira letra indica a raça do touro nos cruzamentos.

Tabela 3. Estimativas e erros padrões das variáveis peso do bezerro ao desmame (PBD), razão do peso ao desmame (RBV), eficiência individual (EI), intervalo de partos (IEP) e fertilidade real (FR).

| Grupos genéticos ¹ | PBD (| (kg) | | PVD (kg) | | | RPD (kg | /100kg) | | IEP (| dias) | | FR | FR (kg) | |
|-------------------------------|--------|------------|----|----------|-------------|----|---------|------------|-----|--------|-------------|----|--------|-------------|----|
| Angus (A) | 174,78 | $\pm 3,48$ | c | 397,55 | $\pm 5,90$ | b | 41,03 | $\pm 0,86$ | abc | 500,97 | ±17,68 | a | 132,47 | ±5,91 | b |
| Hereford (H) | 168,79 | $\pm 4,67$ | c | 428,39 | $\pm 7,55$ | a | 37,54 | $\pm 1,13$ | c | 431,50 | $\pm 22,12$ | ab | 143,83 | $\pm 7,25$ | b |
| Nelore (N) | 182,78 | $\pm 6,14$ | bc | 385,58 | $\pm 10,07$ | b | 43,44 | $\pm 1,47$ | ab | 517,49 | $\pm 32,97$ | ab | 131,91 | $\pm 10,83$ | b |
| HA | 180,10 | $\pm 3,58$ | c | 438,87 | $\pm 6,07$ | a | 39,41 | $\pm 0,89$ | bc | 453,00 | $\pm 17,08$ | ab | 142,05 | $\pm 5,67$ | b |
| AH | 189,87 | $\pm 4,72$ | bc | 418,84 | $\pm 7,97$ | ab | 42,15 | $\pm 1,18$ | ab | 430,66 | $\pm 21,54$ | ab | 156,60 | $\pm 7,40$ | ab |
| NA | 200,07 | $\pm 3,52$ | ab | 443,09 | $\pm 5,95$ | a | 43,31 | ± 0.88 | ab | 427,56 | $\pm 16,74$ | ab | 168,27 | $\pm 5,44$ | ab |
| $\mathbf{A}\mathbf{N}$ | 210,06 | $\pm 4,32$ | a | 446,66 | $\pm 7,16$ | a | 43,72 | $\pm 1,05$ | a | 405,23 | $\pm 20,06$ | b | 189,07 | $\pm 6,74$ | a |
| CA (Caracu x A) | 198,00 | $\pm 2,98$ | ab | 427,36 | $\pm 5,12$ | a | 43,37 | $\pm 0,73$ | ab | 455,58 | $\pm 14,24$ | ab | 155,53 | $\pm 4,82$ | b |

A primeira letra indica a raça do touro nos cruzamentos. Medias na mesma coluna que não compartilham de um sufixo comum diferem significativamente (P<0,05) pelo teste de contrastes ortogonais.

Tabela 4. Estimativas e erros padrões de efeitos aditivos e heteroticos das variáveis peso do bezerro ao desmame (PBD), peso da vaca ao desmame (PVD), razão do peso ao desmame (RPD), intervalo de partos (IEP) e fertilidade real (FR).

| Efeitos genéticos¹ | PBD | PBD (kg) | | PVD (kg) | | | RPD (kg/100 kg) | | | IEP (dias) | | | FR (kg) | | |
|--|--------|---------------|-----|----------|-------------|-----|-----------------|------------|-----|------------|-------------|-----|---------|------------|-----|
| \mathcal{g}_A^i | 2,44 | $\pm 8,87$ | | 15,55 | ±15,03 | | -1,84 | $\pm 2,16$ | | -57,42 | $\pm 46,95$ | | 21,36 | ±15,20 | |
| ${\cal g}_C^i$ | 22,52 | $\pm 10,\!41$ | * | 35,61 | $\pm 17,78$ | * | 1,30 | $\pm 2,57$ | | -64,60 | ±51,61 | | 34,46 | ±16,99 | * |
| g_H^i | -15,72 | $\pm 8,51$ | | 58,64 | ±14,49 | *** | -7,36 | $\pm 2,10$ | *** | -46,07 | $\pm 42,33$ | | 7,49 | ±13,97 | |
| \mathcal{g}_A^m | -10,37 | $\pm 5,44$ | | -3,57 | $\pm 9,32$ | | -0,37 | $\pm 1,34$ | | 50,62 | $\pm 26,57$ | | -20,80 | $\pm 8,71$ | * |
| \mathcal{G}_H^m | 0,20 | $\pm 7,24$ | | -15,83 | $\pm 12,40$ | | 0,95 | $\pm 1,80$ | | -44,24 | $\pm 36,19$ | | 4,43 | ±11,92 | |
| h_z^i | 26,70 | ±4,39 | *** | 53,31 | $\pm 7,43$ | *** | 1,53 | $\pm 1,07$ | | -78,67 | $\pm 23,18$ | *** | 46,48 | $\pm 7,51$ | *** |
| $\phantom{aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa$ | 13,11 | ±4,27 | ** | 19,78 | ±7,29 | ** | 0,87 | ±1,05 | | -24,02 | ±21,17 | | 16,51 | ±6,99 | * |

*** (P<0.001); ** (P<0.01); * (P<0.05).

 $^{^{}l}g^{i}=efeito$ aditivo individual, $g^{m}=efeito$ aditivo materno, $h^{i}=heterose$ individual; com subrescrito A=Angus, H=Hereford, C=Caracu, z=cruzamento taurino-zebuíno e, t=cruzamento taurino-taurino.

Tabela 5. Estimativas das probabilidades para as variáveis de resposta binomial taxa de nascimento (TN), taxa de sobrevivência no rebanho (TS) e stayability (STAY).

| Grupos genéticos ¹ | 1 | TN | | | TS | | S | TAY |
|-------------------------------|-------|--------|---|------|------|-------|-----|--------------|
| Angus (A) | | 0,67 | | | 0,84 | | (| 0,55 |
| Hereford (H) | | 0,81 | | | 0,87 | | | 0,68 |
| Nelore (N) | | 0,58 | | | 0,87 | | | 0,14 |
| AH | | 0,78 | | | 0,87 | | | 0,62 |
| HÁ | | 0,72 | | | 0,95 | | | 0,61 |
| AN | | 0,85 | | | 0,95 | | | 0,83 |
| NA | | 0,85 | | | 0,98 | | | 0,81 |
| Caracu x (A) | | 0,79 | | | 0,95 | | | 0,78 |
| ¹ A primeira | letra | indica | а | raça | do | touro | nos | cruzamentos. |

Tabela 6. Estimativas e erros padrões de efeitos aditivos e heteroticos das variáveis de resposta binomial taxa de nascimento (TN), taxa de sobrevivência no rebanho (TS) e stayability (STAY).

| Efeitos genéticos ¹ | 7 | ΓN | | TS | | | STAY | | |
|--|-------|------|-----|-------|------|-----|------|------|-----|
| g_A^i | 0,47 | 0,58 | | -0,72 | 0,95 | | 0,7 | 1,18 | |
| ${\cal g}_{\it C}^i$ | 1,33 | 0,71 | | 1,38 | 1,08 | | 2,49 | 1,31 | |
| \mathcal{g}_H^i | 0,62 | 0,57 | | -0,18 | 0,79 | | 1,26 | 1,04 | |
| h_A^m | -0,06 | 0,45 | | 0,77 | 0,79 | | 0,35 | 0,87 | |
| h_H^m | 0,55 | 0,47 | | 0,24 | 0,69 | | 0,58 | 0,87 | |
| h_z^i | 1,23 | 0,29 | *** | 1,5 | 0,47 | *** | 2,02 | 0,59 | *** |
| $\phantom{aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa$ | 0,15 | 0,29 | | 0,12 | 0,39 | | 0,02 | 0,52 | |

^{*** (}P<0.001); ** (P<0.01); * (P<0.05).

 $^{^{1}}g^{i}=efeito$ aditivo individual, $g^{m}=efeito$ aditivo materno, $h^{i}=heterose$ individual; com subrescrito A=Angus, H=Hereford, C=Caracu, z=cruzamento taurino-zebuíno e, t=cruzamento taurino-taurino

Tabela 7. Custos (R\$) do sistema de produção de ciclo de cria simulado para um rebanho de 10.000 fêmeas de acordo com o grupo genético.

| Grupos genéticos ¹ | Energia (R\$) | Mão-de-obra (R\$) | Veterinários (R\$) | Sal mineral (R\$) | TOTAL (R\$) |
|-------------------------------|---------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------|
| Angus (A) | 2361646 | 453293 | 446084 | 757292 | 4018315 |
| Hereford (H) | 2492897 | 471145 | 463984 | 835420 | 4263446 |
| Nelore (N) | 2327875 | 440691 | 451954 | 753622 | 3974141 |
| AH | 2842412 | 512097 | 478261 | 888916 | 4721685 |
| HA | 2679748 | 510730 | 485271 | 895398 | 4571147 |
| AN | 3126428 | 564046 | 516120 | 1025393 | 5231987 |
| NA | 2983290 | 541056 | 510553 | 990052 | 5024952 |
| Caracu x (A) | 2963176 | 529293 | 500471 | 951183 | 4944123 |

A primeira letra indica a raça do touro nos cruzamentos.

Tabela 8. Receitas (R\$) do sistema de produção de ciclo de cria simulado para um rebanho de 10.000 fêmeas de acordo com o grupo genético.

| Grupos genéticos ¹ | Bezerros (R\$) | Novilhas descarte (R\$) | Vacas descarte 6d (R\$) | Vacas descarte 8d (R\$) | TOTAL (R\$) |
|-------------------------------|----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------|
| Angus (A) | 2001911 | 207558 | 185667 | 2788545 | 5183680 |
| Hereford (H) | 2222182 | 997073 | 138427 | 2558318 | 5915999 |
| Nelore (N) | 1731221 | 60496 | 136776 | 2747663 | 4676157 |
| AH | 2649787 | 1185493 | 177804 | 2439977 | 6453061 |
| HA | 2195631 | 1032795 | 156101 | 2407702 | 5792228 |
| $\mathbf{A}\mathbf{N}$ | 2996015 | 2190645 | 50568 | 2022556 | 7259783 |
| NA | 2945474 | 2335781 | 14096 | 1803087 | 7098439 |
| Caracu x (A) | 2723208 | 1673912 | 48924 | 2104319 | 6550362 |

¹A primeira letra indica a raça do touro nos cruzamentos

Tabela 9. Parâmetros produtivos e econômicos do sistema de ciclo de cria de acordo com os grupos genéticos.

| Grupos genéticos ¹ | B/V (kg/uni) | B/V (kg/kg) | B/ha (kg) | VD/ha (kg) | ND/ha (kg) | Total/ha (kg) | Margem/vaca (R\$) | Margem/ha (R\$) |
|-------------------------------|-----------------|----------------|--------------|---------------|---------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Angus (A) | 131,60 | 0,33 | 69,80 | 56,60 | 4,10 | 130,70 | 222,00 | 117,70 |
| Hereford (H) | 146,20 | 0,35 | 73,40 | 51,00 | 19,00 | 143,60 | 315,10 | 158,20 |
| Nelore (N) | 107,40 | 0,27 | 61,20 | 54,40 | 1,24 | 116,90 | 126,20 | 71,90 |
| AH | 169,90 | 0,39 | 76,70 | 44,70 | 19,90 | 141,40 | 321,80 | 145,30 |
| HA | 135,90 | 0,31 | 67,40 | 46,80 | 18,30 | 132,70 | 219,00 | 108,70 |
| AN | 181,80 | 0,39 | 78,90 | 33,70 | 33,40 | 146,10 | 349,30 | 166,00 |
| NA | 172,60 | 0,40 | 82,00 | 28,60 | 37,30 | 147,30 | 352,10 | 165,90 |
| Caracu x (A) | 162,40 | 0,37 | 75,60 | 34,70 | 26,90 | 137,30 | 277,70 | 129,30 |

¹A primeira letra indica a raça do touro nos cruzamentos. B=bezerros, V=vaca acasalada, VD=vaca de descarte, ha=hectare.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em geral, vacas cruzadas, têm maior peso maduro e maior taxa de crescimento em relação às raças puras, devido aos efeitos de heterose que foram mais expressivos com o maior distanciamento entre as raças parentais.

As vacas cruzadas produziram maior quantidade de leite e desmamaram bezerros mais pesados, sendo estas características também influenciadas pela heterose, entretanto, menos dependente da distância entre as raças paternas.

Os efeitos de heterose aumentaram o consumo de energia, porém o maior aumento relativo de peso de bezerro ao desmame conferiu maior eficiência às vacas cruzadas.

Maior peso de abate e de carcaça foi produzido pelas vacas cruzadas Angus x Hereford, como efeito positivo de heterose entre taurinos. Maior rendimento de carcaça e área do músculo *Longissimus thoracis* foi verificado pelos animais cruzados zebuínos, como efeito da heterose taurino x zebuíno.

A carne da raça Nelore têm mais espessura de gordura subcutânea porém menos marmoreio em relação aos outros grupos genéticos avaliados no presente estudo.

As raças taurinas produzem carne mais macia com efeitos genéticos favoráveis da raça Angus e heterose taurino x taurino.

A carne das vacas cruzadas Caracu x Angus apresenta de modo geral carne com pouca gordura subcutânea, apesar de estar dentro do limite inferior de acabamento buscado pelos frigoríficos brasileiros; maior gordura intramuscular;

coloração adequada e; alta maciez. Estes resultados fazem deste grupo genético uma alternativa de cruzamento para desfrutar da heterose sem perder a qualidade da carne proveniente das raças taurinas.

Vacas cruzadas Angus x Nelore, apesar de alto peso a desmama produziram bezerros relativamente mais pesados aumentando a razão entre peso de bezerro e da vaca ao desmame, além de terem menor intervalo de partos e maior fertilidade real.

Zebuínos cruzados apresentaram maiores taxas de nascimento e permanecem por maior tempo no rebanho, com efeitos favoráveis da heterose taurino x zebuíno.

Rebanhos com maior fertilidade apresentaram melhores parâmetros produtivos e econômicos, demonstrando a relação positiva entre eficiência reprodutiva e econômica.

A utilização de cruzamentos envolvendo taurinos e zebuínos melhoram a eficiência produtiva, bem como econômica, no sistema extensivo de ciclo de cria no sul do Brasil.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, V. L.; LORNA JOST, C.; DINKEL, A.; BROWN, M. A. Prediction of daily total digestible nutrient requirement of beef cows in northern climates. J. Anim. Sci. 56:271–279. 1983.
- ALBUQUERQUE, L. G.; ELER, J. P.; COSTA, M. J. R. P. Produção de leite e desempenho do bezerro na fase de aleitamento em três raças bovinas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.22, n.5, p.745-754, 1993.
- ALENCAR, M. M.; TREMATORE, R. L.; OLIVEIRA, J. A. L. Almeida, M. A., Barbosa, P. F. Desempenho produtivo de vacas da raça nelore e cruzadas Charolês x Nelore, Limousin x Nelore e Tabapuã x Gir. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.3, p.467-472, 1997.
- ALENCAR, M. M.; BEOLCHI, E. A.; COSTA, J. L. DA CUNHA, P. G. Intervalo entre partos de vacas Canchim. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.19, n.2, p.237-241, 1984.
- ALVES, D. D.; DE TONISSI, R. H.; DE GOES, B.; MANCIO, A. B. Maciez da carne bovina. **Ciência Animal Brasileira**, v. 6, n. 3, p. 135-149, 2005.
- ANUALPEC. Anuário da pecuária Brasileira. São Paulo: FNP Editora Gráfica, 2015. 280p.
- ARBOITTE, M. Z.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D. C.; BRONDANI, I. L.; PACHECO, P. S.; MENEZES, L. F. G.; 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**, v.33, n.4, p.959-968, 2004.
- ARAÚJO, R. O.; MARCONDES, C. R.; DAMÉ, M. C. F.; GARNERO, A. D. V.; GUNSK, R. J.; EVERLINGI, D. M.; RORATO, P. R. N. Classical nonlinear models to describe the growth curve for Murrah buffalo breed. **Ciência Rural**, v. 42, n. 3, p. 520-525, 2012.
- BAHASHWAN, S.; ALRAWAS, A. S.; ALFADLI, S.; JOHNSON, E. S. Dhofari cattle growth curve prediction by different non-linear model functions. Livestock Research for Rural Development. v. 27, p.1–10, 2015.
- BALDI, F.; ALENCAR, M. M. D.; FREITAS, A. R. D.; BARBOSA, R. T. Parâmetros genéticos para características de tamanho e condição corporal, eficiência reprodutiva e longevidade em fêmeas da raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 247-253, 2008.
- BELEW, J. B.; BROOKS, J. C.; MCKENNA, D. R.; SAVELL, J. W. Warner–Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscles. **Meat Science**, v.64, n.4, p.507–512, 2003.
- BERETTA, V.; LOBATO, J. F. P.; MIELITZ NETTO, C. G. A. Produtividade e eficiência biológica de sistemas pecuários criadores diferindo na idade das novilhas ao primeiro parto e na taxa de natalidade do rebanho de cria no Rio Grande de Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1278-1288, 2001.

- BERETTA, V.; LOBATO, J. F. P.; NETTO, C. G. M. Produtividade e eficiência biológica de sistemas de recria e engorda de gado de corte no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.696-706, 2002a.
- BERETTA, V.; LOBATO, J. F. P.; NETTO, C. G. M. Produtividade e eficiência biológica de sistemas de produção de gado de corte de ciclo completo no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.991-1001, 2002b.
- BERG, R. T.; BUTTERFIELD, R. M. New concepts of cattle growth. Sydney: Sydney University Press, 1976. 240p.
- BOLIGON, A. A.; ALBUQUERQUE, L. G.; RORATO, P. R. N. Associações genéticas entre pesos e características reprodutivas em rebanhos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia.** v.37, n.4, p.596-601, 2008.
- BRASIL. Sistema Nacional de Tipificação de Carcaças Bovinas. Ministério da Agricultura, Portaria nº 612, de 05 de outubro de 1989. Brasília DF. **Diário Oficial da União**, 10 out.1989.
- BRODY, S. Bioenergetics and Growth. Reinhold Publishing, New York. 1945.
- BRONDANI, I. L.; SAMPAIO, A. A. M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D. C.; FREITAS, L. D. S.; AMARAL, G. A. D.; CEZIMBRA, I. M. Composição física da carcaça e aspectos qualitativos da carne de bovinos de diferentes raças alimentados com diferentes níveis de energia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n.5, 2034-2042. 2006.
- BRUMATTI, R. C.; FERRAZ, J. B. S.; ELER, J. P.; FORMIGONNI, I. B. Desenvolvimento de índice de seleção em gado corte sob o enfoque de um modelo bioeconômico. **Archivos de Zootecnia**, v. 60, n. 230, p. 205-213, 2011.
- BAUBLITS, R. T.; BROWN JR, A. H.; POHLMAN, F. W.; JOHNSON, Z. B.; ONKS, D. O.; LOVEDAY, H. D.; PUGH, R. B. Carcass and beef color characteristics of three biological types of cattle grazing cool-season forages supplemented with soyhulls. **Meat science**, v. 68, n. 2, p. 297-303, 2004.
- CAMPELLO, C. C.; MARTINS FILHO, R.; LOBO, R. N. B. Intervalo de partos e fertilidade real em vacas nelore no estado do Maranhão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.3, p.474-479, 1999.
- CARPENTER, Z. L. 1973. Effects of crossbreeding on carcass characteristics. In: KOGER, M., CUNHA, T.J., WARNICK, A.C. (Eds.) Crossbreeding Beef Cattle Series 2. Gainesville: UFP. p.163-84.
- CATTELAM, J.; DE MENEZES, L. F. G.; FERREIRA, J. J.; RESTLE, J.; BRONDANI, I. L.; ARBOITTE, M. Z.; DE PAULA, P. C. Composição física da carcaça equalidade da carne de novilhos e vacas de descarte dediferentes grupos genéticos submetidos a diferentesfrequências de alimentação. **Ciência Animal Brasileira,** v. 10, n. 3, p. 764-775, 2009.

- COMMISSION INTERNATIONAL DE l' ECLAIRAGE (1976). Colorimetry (2nd ed.). Vienna, Switzerland: CIE.
- CORRÊA, C. C.; VELOSO, A. F.; LIMA, B. M.; COTA, R. G.; NETO, L. F. F. Gerenciamento da pecuária de corte no Brasil: cria, recria e engorda de bovinos a pasto. In: SOBER: 47° Congresso da sociedade brasileira de economia, administração e sociologia rural. Porto Alegre, 2009.
- COSTA, D. P. B.; RODRIGUES, V. C.; SILVA, J. C. G.; NETO, O. C.; SOUSA, S. L. G.; SOUSA, J. C. D.; MOURÃO, R. C. Qualidade da carne de novilhos Nelore e F1 Nelore x Sindi. **Archivos de zootecnia**, v.57, n.219, p.345-348, 2008.
- COSTA, E. C. D.; RESTLE, J.; BRONDANI, I. L.; PEROTTONI, J.; FATURI, C.; MENEZES, L. F. G. D. Carcass composition, meat quality and cholesterol content in the Longissimus dorsi muscle of young Red Angus steers confined and slaughtered with different weights. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.31, n.1, 417-428, 2002.
- CLIMACO, S. M.; RIBEIRO, E. L. A.; ROCHA, M. A.; MIZUBUTI, I. Y.; SILVA, L. D. F.; NORO, L. Y. I.; 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**, v. 36, n.1867-1872, 2006.
- CROUSE, J. D.; CUNDIFF, L. V.; KOCH, R. M. Comparisons of *Bos indicus* and *Bos taurus* inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. **Journal of Animal Science**. v.67, n.10, p.2661-2668, 1989.
- CUBAS, A. C.; PEROTTO, D.; ABRAHAO, J. D. S.; MELLA, S. C. Desempenho até a desmama de bezerros Nelore e cruzas com Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa MG, v.30, p. 694-701, 2001.
- DALEY, C. A.; ABBOTT, A.; DOYLE, P. S.; NADER, G. A.; LARSON, S. A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. **Nutrition journal**, v. 9, n. 1, p. 10, 2010.
- DELAND, M. P.; NEWMAN, S. Lifetime productivity of crossbred cows 1. Experimental design, growth and care characteristics of progeny. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.31, p.285-92, 1991.
- DE LIMA SILVA, F.; DE ALENCAR, M. M.; DE FREITAS, A. R.; PACKER, I. U.; MOURÃO, G. B. Curvas de crescimento em vacas de corte de diferentes tipos biológicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 3, p. 262-271, 2011.
- DE MENDONÇA, G.; PIMENTEL, M. A.; CARDELLINO, R. A.; OSORIO, E. J. C. S. Produção de leite em primíparas de bovinos Hereford e desenvolvimento ponderal de terneiros cruzas taurinos e zebuínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, n.31, v.1, p.467-474, 2002.
- DEROUEN, S. M.; FRANKE, D. E.; BIDNER, T. D.; BLOUIN, D. C. Direct and maternal genetic effects for carcass traits in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3677–3685, 1992.

- DE SOUSA E SILVA, G. G.; COSTA, E.; BERNARDO, F. A.; SAUTER GROFF, F. H.; TODESCHINI, B.; VIALI DOS SANTOS, D.; MACHADO, G. Panorama da bovinocultura no Rio Grande do Sul. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 42, n. 1, p.1-7, 2014.
- DIKEMAN, M. E.; POLLAK, E. J.; ZHANG, Z.; MOSER, D. W.; GILL, C. A.; DRESSLER, E. A. Phenotypic ranges and relationships among carcass and meat palatability traits for fourteen cattle breeds, and heritabilities and expected progeny differences for Warner–Bratzler shear force in three beef cattle breeds. **Journal of Animal Science**, v.83, n.10, p.2461–2467, 2005.
- ESPIGOLAN, R.; BALDI, F.; BOLIGON, A. A.; BANCHERO, G.; BRITO, G.; MANNA, A. L. A.; MONTOSSI, F.; FERNANDEZ, E. Albuquerque L. G. Aplicação de modelos não-lineares para descrever a evolução de características de crescimento e carcaça em bovinos da raça Hereford. **Ciência Rural**. v.43, p.513–519. 2013.
- FALCONER, L. L.; PARKER, J. L.; MCGRANN, J. M. Cost of production analysis for the Texas cow-calf industry. **Texas Journal of Agriculture and Natural Resources**, v. 12, p. 5-11, 2016.
- FERREIRA, J. J.; MENEZES, L. D.; RESTLE, J.; BRONDANI, I. L.; ALVES FILHO, D. C.; CALLEGARO, A. M. Características de carcaça de vacasde descarte e novilhos mestiços Charolês × Nelore em confinamento sob diferentes frequências de alimentação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 10, p. 1974-1982, 2009.
- FERRELL, C. L.; JENKINS T.G. Cow type and the nutritional environment: nutr itional aspects. **Journal of Animal Science**, v. 61, n. 3, p. 725-741, 1985.
- FERNANDES, A. R. M.; SAMPAIO, A. A. M.; HENRIQUE, W.; OLIVEIRA, E. A. D.; OLIVEIRA, R. V.; LEONEL, F. R. Composição em ácidos graxos e qualidade da carne de tourinhos Nelore e Canchim alimentados com dietas à base de cana-deaçúcar e dois níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 328-337, 2009.
- FERNANDES, A. R. M.; SAMPAIO, A. A. M.; HENRIQUE, W.; OLIVEIRA, E. A. D.; TULLIO, R. R.; PERECIN, D. Características da carcaça e da carne de bovinos sob diferentes dietas, em confinamento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.60, n.1, p.139-147, 2008.
- FONTOURA-JÚNIOR, J. A. S.; MENEZES, L. M. CORRÊA, M. N. DIONELLO, N. J. L. Utilização de modelos de simulação em sistemas de produção de bovinos de corte. **Veterinária e Zootecnia**. v.14, n.1, jun., p. 19-30, 2007.
- FREITAS, A.R. Alternativas de análises em dados de medidas repetidas de bovinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.2233-2244, 2005.
- GANO, G.; BLANCO, M.; CASASÚS, I.; CORTÉS-LACRUZ, X.; VILLALBA, D. Comparison of B-splines and non-linear functions to describe growth patterns and predict mature weight of female beef cattle. **Animal Production Science**, v. 56, n.11, p.1787-1796, 2015.

- GONÇALVES, G. V. B.; VAZ, R. Z.; VAZ, F. N.; MENDONÇA, F. S.; DA FONTOURA JÚNIOR, J. A. S.; CASTILHO, E. M. Análise de custos, receitas e ponto de equilíbrio dos sistemas de produção de bezerros no Rio Grande do Sul. **Ciência Animal Brasileira.** v.18, p. 1-17, 2017.
- GOTTSCHALL, C.; LOBATO, J. F. P. Comportamento reprodutivo de vacas de corte primíparas submetidas a três lotações em campo nativo. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.25, n.1, p. 46-57. 1996.
- GREGORY, K. E.; CUNDIFF, L. V.; KOCH, R. M.; DIKEMAN, M. E.; KOOHMARAIE, M. Breed effects and retained heterosis for growth, carcass, and meat traits in advanced generations of composite populations of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.72, n.4, p.833-850, 1994.
- GROSSI, D. A.; FRIZZAS, O. G.; PAZ, C. C. P.; BEZERRA, L. A. F.; LÔBO, R. B.; OLIVEIRA, J. A.; MUNARI, D. P. Genetic associations between accumulated productivity, and reproductive and growth traits in Nelore cattle. v. 117, n. 2-3, p. 139-146, 2008.
- HADLICH, J. C.; MORALES, D. C.; SILVEIRA, A. C.; OLIVEIRA, H. D.; CHARDULO, L. A. L. Efeito do colágeno na maciez da carne de bovinos de distintos grupos genéticos. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 28, n. 1, p. 57-62, 2006.
- HUDSON, G. F. S.; VAN VLECK L. D.. Relations between production and stayability in Holstein cattle. **Journal of Dairy Science**. v.64, p.2246-2250, 1981.
- JORGE, A. M.; FONTES, C. D. A.; FREITAS, J. D.; SOARES, J. E.; RODRIGUES, L. R.; RESENDE, F. D.; QUEIROZ, A. D. Rendimento de carcaça e de cortes básicos de bovinos e bubalinos, abatidos em diferentes estádios de maturidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.5, p.1048-1054, 1997.
- JORGE JR, J.; CARDOSO, V. L.; ALBUQUERQUE L. G. Modelo bioeconômico para cálculo de custos e receitas em sistemas de produção de gado de corte visando à obtenção de valores econômicos de características produtivas e reprodutivas. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v.35, n.5, p.2187-2196, 2006.
- JOHNSON, D. D.; HUFFMAN, R. D.; WILLIANS, S. E. Effects of percentage Brahman and Angus breeding, age-season of feeding and slaughter end point on meat palatability and muscle characteristics. **Journal of Animal Science**. v.68, n.7, p.1980-1986, 1990.
- KAPS, M.; HERRING, W. O.; LAMBERSON, W. R. Genetic and environmental parameters for traits derived from the Brody growth curve and their relationships with weaning weight in Angus cattle. **Journal of animal Science**, v. 78, n. 6, p. 1436-1442, 2000.
- KOOHMARAIE, M. Role of the neutral proteinases in postmortem muscle protein degradation and meat tenderness. In: RECIPROCAL MEAT CONFERENCE, 45., 1992, Knoxville. Proceedings... Knoxville: American Meat Science Association, 1992. p. 63-71.

- KUSS, F.; LÓPEZ, J.; RESTLE, J.; BARCELLOS, J. O. J.; MOLETTA, J. L.; LEITE, M. C. D. P. Qualidade da carne de novilhos terminados em confinamento e abatidos aos 16 ou 26 meses de idade. **Revista brasileira de zootecnia**, v.39, n.4, p. 924-931, 2010.
- LAWRIE, R. A. Ciência da carne. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 384 p.
- LAUREANO, M. M. M.; BOLIGON A. A.; COSTA, R. B.; FORNI, S.; SEVERO, J. L. P.; ALBUQUERQUE5, L. G. ESTIMATIVAS DE HERDABILIDADE E TENDÊNCIAS GENÉTICAS PARA CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO E REPRODUTIVAS EM BOVINOS da raça Nelore: Estimates of heritability and genetic trends for growth and reproduction traits in Nelore cattle. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 1, p. 143-152, 2011.
- LEME, P. R.; BOIN, C.; MARGARIDO, R. C. C.; TEDESCHI, L. O.; HAUSKNECHT, J. C. O. V.; ALLEONI, G. F.; LUCHIARI FILHO, A. Desempenho em confinamento e características de carcaça de bovinos machos de diferentes cruzamentos abatidos em três faixas de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n.6, p.2347-2353, 2000.
- LESMEISTER, J. L.; BURFENING P. J.; BLACKWELL, R. L. Date of first calving in beef cows and subsequente calf production. **Journal of Animal Science**. v.36, p.1-6. 1973.
- LOPES, L. S.; LADEIRA, M. M.; MACHADO NETO, O. R.; PAULINO, P. V. R.; CHIZZOTTI, M. L.; RAMOS, E. M.; OLIVEIRA, D. D. Características de carcaça e cortes comerciais de tourinhos Red Norte e Nelore terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.4, p.970-977, 2012.
- MACHADO, D. S.; BRONDANI, I. L.; ALVES FILHO, D. C.; CATTELAM, J.; DE QUADROS, A. R. B.; DA SILVA, V. S.; BORCHATE, D. Efeito heterótico sobre o desempenho e medidas corporais de novilhos confinados. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 13, n. 3, p. 284-292, 2014.
- MCMANUS, C.; SAUERESSIG, M. G.; FALCÃO, R. A.; SERRANO, G.; MARCELINO, K. R. A.; PALUDO, G. R. Componentes reprodutivos e produtivos no rebanho de corte da Embrapa Cerrados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 648-657, 2002.
- MACNEIL, M. D. Genetic evaluation of the ratio of calf weaning weight to cow weight. **Journal of animal science**, v. 83, n. 4, p. 794-802, 2005.
- MACNEIL, M. D.; MOTT T. B. Genetic analysis of gain from birth to weaning, milk production, and udder conformation in Line 1 Hereford cattle. **Journal of Animal Science**, v.84, p.1639–1645, 2006.
- MACNEIL, M. D.; MOKOLOBATE, M. C.; SCHOLTZ, M. M.; JORDAAN, F. J;. NESER, F. W. C. Alternative approaches to evaluation of cow efficiency. **South African Journal of Animal Science**, v. 47, n. 2, p. 118-123, 2017.

- MENDONÇA, F. S.; VAZ, R. Z.; CARDOSO, F. F.; RESTLE, J.; VAZ, F. N.; PASCOAL, L. L.; BOLIGON, A. A. Pre-slaughtering factors related to bruises on cattle carcasses. **Animal Production Science**, v. 58, n. 2, p. 385-392, 2018a.
- MENDONÇA, F. S.; VAZ, R. Z.; VAZ, F. N.; LEAL, W. S.; SILVEIRA, I. D.; RESTLE, J.; CARDOSO, F. F. Causes of bruising in carcasses of beef cattle during farm, transport, and slaughterhouse handling in Brazil. **Animal Science Journal**, v. 90, n. 2, p. 288-296, 2019.
- MERCADANTE, M. E. Z.; LÔBO, R. B.; OLIVEIRA, H. N. Estimação de (co) variâncias entre características de reprodução e de crescimento em fêmeas de um rebanho Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.997-1004, 2000.
- MERCADANTE, M. E. Z.; LOBO, R. B.; BORJAS, A. D. L. R. Estudo genéticoquantitativo de características de reprodução e produção em fêmeas da raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza. Anais... Fortaleza: SBZ, 1996. p.155.
- MISSIO, R. L.; RESTLE, J.; MOLETTA, J. L.; KUSS, F.; NEIVA, J. N. M.; MOURA, I. C. F. Características da carcaça de vacas de descarte abatidas com diferentes pesos. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.3, p. 644-651, 2013.
- MILLER, S. P.; WILTON, J. W. Genetic relationships among direct and maternal components of milk yield and maternal weaning gain in a multibreed beef herd. **Journal of animal science**, v. 77, n. 5, p. 1155-1161, 1999.
- MOLETTA, J. L.; RESTLE, J. Características de carcaça de novilhos de diferentes grupos genéticos terminados em confinamento. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.5, p.876-888, 1996.
- MONTANO-BERMUDEZ, M.; NIELSEN, M. K.; DEUTSCHER, G. H. Energy requirements for maintenance of crossbred beef cattle with different genetic potential for milk. **Journal of Animal Science**, v. 68, p. 2279–2288. 1990.
- MUCHENJE V.; DZAMA, K.; CHIMONYO, M.; STRYDOM, P. E.; HUGO, A.; RAATS, J. G. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: A review. **Food Chemistry.** v.112, p.279–289, 2009.
- MÜLLER, L. Normas para avaliação de carcaças e concurso de carcaça de novilhos. 2. ed. Santa Maria: Imprensa Universitária, 1987. 31 p.
- NUNES, M. H. G. Consumo Alimentar e Qualidade da Carne de Novilhos de Diferentes Genótipos Terminados em Pastagem e Confinamento. 2011. 81 F. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Programa de pós-graduação em zootecnia, Pelotas, 2011.
- OAIGEN, R. P.; BARCELLOS, J. O. J.; CHRISTOFARI, L. F.; BRACCINI NETO, J.; OLIVEIRA, T. E. D.; PRATES, Ê. R. Análise da sensibilidade da metodologia dos centros de custos mediante a introdução de tecnologias em um sistema de produção de cria. **Revista brasileira de zootecnia.** v.38, n.6, p. 1155-1162, 2009.

- OLIVEIRA, R. L.; BARBOSA, M. A. A. F.; LADEIRA, M. M.; SILVA, M. M. P.; ZIVIANI, A. C.; BAGALDO, A. R. Nutrição e manejo de bovinos de corte na fase de cria. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 7, n. 1, 2006.
- PASCOAL, L. L.; LOBATO, J. F. P.; RESTLE, J.; VAZ, R. Z.; VAZ, F. N. Meat yield of culled cow and steer carcasses. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v. 38, n. 11, p. 2230-2237, 2009.
- PASCOAL, L. L.; VAZ, F. N.; VAZ, R. Z.; RESTLE, J.; PACHECO, P. S.; SANTOS, J. D. 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**, v. 40, (Suplemento Especial), 2011.
- PACHECO, P. S.; SILVA, J. D.; RESTLE, J.; ARBOITTE, M. Z.; BRONDANI, I. L.; ALVES FILHO, D. C.; FREITAS, A. D. Características quantitativas da carcaça de novilhos jovens e superjovens de diferentes grupos genéticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1666-1677, 2005.
- PATERSON, J. 2003. Beef cow management: keeping up with the change. http://www. animal rangeextension. montana. <edu/articles/beef/market/change.pdf.> Acesso em fevereiro, 2019.
- PEROTTO, D.; CUBAS, A. C.; MOLETTA, J. L.; LESSKIU, C. Pesos ao nascimento e à desmama e ganho de peso do nascimento à desmama de bovinos Charolês, Caracu e cruzamentos recíprocos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 4, p. 730-737, 1998.
- PEROTTO, D.; CUBAS, A. C.; MOLETTA, J. L.; LESSKIU, C. Heterose sobre os pesos de bovinos Canchim e Aberdeen Angus e de seus cruzamentos recíprocos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.12, p.2511–2520, 2000.
- PRADO, C. S.; PÁDUA, J. T.; CORRÊA, M. P. C.; FERRAZ, J. B. S.; MIYAGI, E. S.; RESENDE, L. D. Comparação de diferentes métodos de avaliação da área de olho de lombo e cobertura de gordura em bovinos de corte. **Ciência Animal Brasileira**, v.5, n.3, p.141-149, 2004.
- PURCHAS, R. W. An assessment of the role of pH differences in determining the relative tenderness of meat from bulls and steers. **Meat Science**, v.27, n.2, p.129–140, 1990.
- REARDON, W.; MULLEN, A. M.; SWEENEY, T.; HAMILL, R. M. Association of polymorphisms in candidate genes with colour, water-holding capacity, and composition traits in bovine M. longissimus and M. semimembranosus. **Meat science**, v. 86, n. 2, p. 270-275, 2010.
- RESTLE, J.; PASCOAL, L. L.; FATURI, C.; ALVES FILHO, D. C.; BRONDANI, I. L.; PACHECO, P. S.; PEIXOTO, L. D. O. Efeito do grupo genético e da heterose nas características quantitativas da carcaça de vacas de descarte terminadas em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.350-362, 2002.

- RESTLE, J.; VAZ, F.N.; QUADROS, A.R.B.; MULLER, L. Característica de carcaça e da carne de novilhos de diferentes genótipos de Hereford x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.6, p. 1245-1251, 1999.
- RESTLE, J.; DA SILVEIRA KEPLIN, L. A.; VAZ, F. N. Características quantitativas da carcaça de novilhos Charolês, abatidos com diferentes pesos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.8, p.851-856, 1997.
- RICHARDS, F.J. A flexible growth function for empirical use. **Journal of experimental Botany**, v. 10, n. 2, p. 290-301, 1959.
- RÍOS-UTRERA, A.; CUNDIFF, L. V.; GREGORY, K. E.; KOCH, R. M.; DIKEMAN, M. E.; KOOHMARAIE, M.; VAN VLECK, L. D. Effects of age, weight, and fat slaughter end points on estimates of breed and retained heterosis effects for carcass traits. **Journal of Animal Science**, v.84, n.1, p.63-87, 2006.
- RODRIGUES, P. F.; MENEZES, L. M.; AZAMBUJA, R. C. C.; SUÑÉ, R. W.; BARBOSA SILVEIRA, I. D.; CARDOSO, F. F.. Milk yield and composition from Angus and Angus-cross beef cows raised in southern Brazil. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 2668–2676, 2014.
- RODRIGUES, V. C.; ANDRADE, I. D. Características físico-químicas da carne de bubalinos e de bovinos castrados e inteiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1839-1849, 2004.
- ROSO, V. M.; FRIES, L.A.. Avaliação das heteroses maternas e individuais sobre o ganho de peso do nascimento ao desmame em bovinos Angus x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p. 732-737, 2000.
- ROVIRA, J. Reproduccion y manejo de los rodeos de cria. Montevideo: Ed. Hemisferio Sur, 296p, 1974.
- RUTLEDGE, J. J.; ROBISON, O. W.; AHLSCHWEDE, W. T.; LEGATES, J. E. Milk yield and its influence on 205-day weight of beef calfs. **Journal of Animal Science**, v.33, p.563-567, 1971.
- SALEM, M. M.; EL-HEDAINY, D. K.; LATIF, M. G. A.; MAHDY, A. E. Comparison of Nonlinear Growth Models to Describe the Growth Curves in Fattening Friesian Crossbred and Buffalo Male Calves. **Alexandria Journal of Agriculture and Research**, v. 58, n. 3, p. 273-277. 2013.
- SILVA, J. A. I. I. V.; ELER, J. P.; FERRAZ, J. B. S.; GOLDEN, B. L.; OLIVEIRA, H. N. Heritability estimate for stayability in Nelore cows. **Livestock Science**, v.79, p. 97–101, 2003
- SIMEONE, A.; LOBATO, J. F. P. Efeito da lotação animal em campo nativo e do controle da amamantação no comportamento reprodutivo de vacas de corte primíparas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.25, n.6, p. 1216-1227, 1996.

- SMITH, S. B.; GILL, C. A.; LUNT, D. K.; BROOKS, M. A. Regulation of fat and fatty acid composition in beef cattle. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.22, n.9, p.1225-1233, 2009.
- SOARES DE LIMA, J. M.; MONTOSSI, F. Entendiendo la lógica productiva y económica de la cría vacuna en Uruguay. Análisis de la tasa de preñez sobre el ingreso. Revista INIA N°47, Produção Animal. 2016.
- TEDESCHI, L. O.; BOIN, C.; NARDON, R. F.; LEME, P. R. Estudo da curva de crescimento de animais da raça guzerá e seus cruzamentos alimentados a pasto com e sem suplementação. 1. Análise e seleção das funções não-lineares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 2, p. 630-637, 2000a.
- TEDESCHI, L.O.; BOIN, C.; NARDON, R. F.; LEME, P. R. Estudo da Curva de Crescimento de Animais da Raça Guzerá e seus Cruzamentos Alimentados a Pasto, com e sem Suplementação. 2. Avaliação dos Parâmetros da Curva de Crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 2, p. 630-637, 2000b.
- TEIXEIRA, R. D. A.; ALBUQUERQUE, L. G. D.; ALENCAR, M. M. D.; DIAS, L. T. . Interação Genótipo Ambiente em Cruzamentos de Bovinos de Corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 1677-1683, 2006.
- WALMSLEY, B. J.; LEE, S. J.; PARNELL, P. F.; PITCHFORD, W. S. **Animal Production Science**, v. 58, n. 1, p. 1-19, 2018.
- WHEELER, T. L.; SAVELL, J. W.; CROOS, H. R. Mechanisms associated with the variation in tenderness of meat from Brahman and Hereford cattle. **Journal of Animal Science**, v.68, n.12, p.4206-4220, 1990.
- WHEELER, T. L.; CUNDIFF, L.V.; KOCH, R. M. Characterization of biological types of cattle (Cycle IV): carcass traits and longissimus palatability. **Journal of Animal Science**, v.74, n.5, p.1023-1035, 1996.
- WULF, D. M.; EMNETT, R. S.; LEHESKA, J. M.; MOELLER, S. J. Relationships among glycolytic potential, dark cutting (dark, firm, and dry) beef, and cooked beef palatability. **Journal of animal Science**, v. 80, n. 7, p. 1895-1903, 2002.
- VAZ, F. N.; RESTLE, J.; FEIJÓ, G. L. D.; BRONDANI, I. L.; ROSA, J. R. P.; DOS SANTOS, A. P. Qualidade e composição química da carne de bovinos de corte inteiros ou castrados de diferentes grupos genéticos Charolês x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.2, p.518-525, 2001.
- VAZ, F. N.; RESTLE, J.; PADUA, J. T.; METZ, P. A. M.; MOLETTA, J. L.; FERNANDES, J. J. D. R. Qualidade da carcaça e da carne de novilhos abatidos com pesos similares, terminados em diferentes sistemas de alimentação. Ciência Animal Brasileira, v.8, n.1, p.31–40, 2007.
- VAZ, F. N. V.; RESTLE, J.; ARBOITE, M. Z.; PASCOAL, L. L.; ALVES FILHO, D. C.; PACHECO, R. F. Características de carcaça e da carne de novilhos e novilhas braford superjovens, terminados com suplementação em pastagem cultivada. **Ciência Animal Brasileira,** v. 11, n. 1, p. 42-52, 2010.

VAZ, F. N.; VAZ, R. Z.; PASCOAL, L. L.; PACHECO, P. S.; MIOTTO, F. R. C.; TEIXEIRA, N. P. . Análise econômica, rendimentos de carcaça e dos cortes comerciais de vacas de descarte 5/8 hereford 3/8 nelore abatidas em diferentes graus de acabamento. **Ciência Animal Brasileira**, v. 13, n. 3, p. 338-345, 2012.

VILJOEN, H. F.; DE KOCK, H. L.; WEBB, E. C. Consumer acceptability of dark, firm and dry (DFD) and normal pH beef steaks. **Meat science**, v. 61, n. 2, p. 181-185, 2002.

YOKOO M. J.; MAGNABOSCO C. U.; ROSA, G. J. M.; LÔBO, R. B.; ALBUQUERQUE, L. G. Características reprodutivas e suas associações com outras características de importância econômica na raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n.1, p.91-100, 2012.