

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA-UNESP
CÂMPUS JABOTICABAL**

**ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE
CRESCIMENTO, DE CARÇAÇA E DA CARNE EM BOVINOS CRUZADOS
TERMINADOS EM CONFINAMENTO**

**Maurício Gatti
Zootecnista**

2021

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO ANIMAL**

**ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE
CRESCIMENTO, DE CARÇAÇA E DA CARNE EM BOVINOS CRUZADOS
TERMINADOS EM CONFINAMENTO**

Aluno: Mauricio Gatti

Orientador: Dr. Maurício Mello de Alencar

**Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp,
Câmpus de Jaboticabal, como parte das
exigências para a obtenção do título de
Mestre em Genética e Melhoramento Animal.**

JABOTICABAL – SP

2021

G263e	<p>Gatti, Maurício</p> <p>Estimativas de parâmetros genéticos para características de crescimento, de carcaça e da carne em bovinos cruzados terminados em confinamento / Maurício Gatti. -- Jaboticabal, 2021</p> <p>64 p. + 1 CD-ROM</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal</p> <p>Orientador: Mauricio Mello de Alencar</p> <p>Coorientador: Danisio Prado Munari</p> <p>1. Melhoramento Genético. 2. Genética Animal. 3. Genética Quantitativa. I. Título.</p>
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO, DE CARÇAÇA E DA CARNE EM BOVINOS CRUZADOS TERMINADOS EM CONFINAMENTO

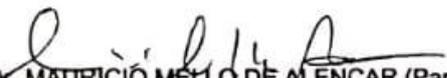
AUTOR: MAURICIO GATTI

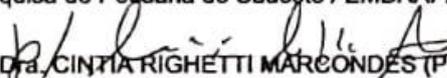
ORIENTADOR: MAURICIO MELLO DE ALENCAR

COORIENTADOR: DANISIO PRADO MUNARI

COORIENTADORA: PATRICIA THOLON

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em GENÉTICA E MELHORAMENTO ANIMAL, pela Comissão Examinadora:


Pesquisador Dr. MAURICIO MELLO DE ALENCAR (Participação Virtual)
Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste / EMBRAPA / São Carlos/SP


Pesquisadora Dra. CINTIA RIGHETTI MARCONDES (Participação Virtual)
EMBRAPA / São Carlos/SP


Prof. Dr. JOSINEUDSON AUGUSTO II DE VASCONCELLOS SILVA (Participação Virtual)
Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal / FMVZ/UNESP - Botucatu/SP

Jaboticabal, 12 de fevereiro de 2021

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Mauricio Gatti - nascido em 30 de março de 1989, na cidade de São Carlos, São Paulo. Filho de Sônia Maria dos Santos Gatti e Natal Gatti. Iniciou sua graduação em Zootecnia em fevereiro de 2013 na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias” (FCAV/UNESP), campus de Jaboticabal, obteve o título de bacharel em Zootecnia em agosto de 2017. Em agosto de 2018 ingressou no curso de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento Animal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus de Jaboticabal, sob a orientação do Dr. Maurício Mello de Alencar. Foi bolsista CAPES (Coordenação e Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) durante a realização do curso de Mestrado.

EPÍGRAFE

"Nos perderemos entre monstros da nossa
própria criação"

Renato Russo

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me dado essa oportunidade.

À minha Mãe Sônia por todo apoio que precisei para a realização dessa etapa, sem essa energia do meu lado nada disso seria possível, depois de tudo que nós passamos, obrigado por acreditar em mim e ser essa mulher maravilhosa e guerreira que sempre foi, Te amo.

Ao meu Pai Natal que, de algum lugar, sempre esteve olhando por mim.

Aos meus irmãos Alexandre e Fernando que foram mais do que isso, sempre estiveram na forma de um pai, e em todo momento sempre estiveram do meu lado, acreditando e me guiando no melhor caminho, obrigado por tudo e pelas conversas. Amo vocês.

À minha mulher, Amanda, por sempre me apoiar e pela paciência ao longo desse período, Te amo.

Ao meu sogro e sogra José e Nadir.

À minha cunhada Aline e cunhado José Guilherme.

Às minhas cunhadas Thaís e lasmin por serem como irmãs.

Aos meus sobrinhos Beatriz, Lucas e Guilherme que me proporcionaram momentos únicos de risadas e paz.

À minha Tia Aparecida uma segunda mãe que Deus me deu, sempre passando de uma forma calma todo apoio que precisei.

Ao meu tio Claudinir por estar sempre por perto dando alguns puxões de orelha e por sempre me ajudar com sugestões de amizades na área profissional.

Ao meu orientador Dr. Maurício Mello de Alencar, pelos ensinamentos e oportunidade ao longo desse período.

Ao professor e co-orientador e amigo Dr. Danísio Prado Munari pela amizade, ensinamentos.

À pesquisadora e co-orientadora Dr. Patrícia Tholon por ajudar sempre que foi necessário e aos ensinamentos passados.

À Banca de Qualificação Prof. Dr. Humberto Tonhati e Prof. Dr. Josineudson Augusto II de Vasconcelos Silva por participarem e discutirem mudanças que foram essenciais para o trabalho.

À Banca de defesa Prof. Dr. Josineudson Augusto II de Vasconcelos Silva e Dra. Cintia Righetti Marcondes por participarem e discutirem mudanças que foram essenciais para o trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

À Embrapa Pecuária Sudeste - São Carlos, por fornecer os dados para a realização do trabalho.

À FCAV - Unesp e funcionários, pelas oportunidades.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior - (CAPES)

A todos do departamento e do grupo EAGMA pelo apoio sempre que precisei.

Aos companheiros ao longo de todo período que, de uma forma especial, sempre estiveram do meu lado Guilherme Henrique, Hayala, Ivan, José Eduardo, Lucas Manieri, Marcelo Ribeiro, Rafael Barreto, Rafael Nakamura, Renato Eleoterio, Samla e Záfia.

A todos que estiveram do meu lado e que por descuido não mencionei o nome, mas serão sempre lembrados.

SUMÁRIO

Resumo.....	ii
Abstract.....	iii
CAPÍTULO 1 - Considerações Gerais	1
Introdução	1
Revisão de Literatura	2
Características de qualidade de carcaça e da carne.....	2
Heterose.....	4
Cruzamento.....	6
Raças taurinas e zebuínas utilizadas em cruzamentos.....	7
Formação de novas raças	9
Parâmetros genéticos (herdabilidade e correlação genética).....	9
Referências	11
CAPÍTULO 2 - Efeitos genéticos sobre características de crescimento, de carcaça e da carne em bovinos de corte de diferentes composições raciais, terminados em confinamento	16
Resumo -	16
Abstract-	17
Introdução	18
Material e métodos.....	19
Resultados	26
Discussão.....	30
Conclusões.....	36
Referências	38
CAPÍTULO 3 - Estimativas de herdabilidade para características de carcaça, da carne e de crescimento em bovinos de diferentes composições raciais terminados em confinamento	41
Resumo -	41
Abstract -	42
Introdução	43
Material e Métodos.....	44
Resultados	48
Discussão.....	49
Conclusão	51
Referências	52

ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO, DE CARÇAÇA E DA CARNE EM BOVINOS CRUZADOS TERMINADOS EM CONFINAMENTO

RESUMO - A qualidade da carcaça e da carne de bovinos é cada vez mais importante para o setor produtivo, portanto estudos com características de crescimento, de carcaça e da carne de animais cruzados são fundamentais, pois o cruzamento permite explorar diferenças genéticas entre raças para atender os aspectos de qualidade do produto. Este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade de utilização de raças exóticas em cruzamento com a raça Nelore, por meio de estimativas de efeitos aditivos diretos e heteróticos individuais e a viabilidade de seleção em população composta de animais cruzados, por meio de estimativas de parâmetros genéticos para as características peso ao final (PFIN; peso de abate) de confinamento, ganho de peso diário no confinamento (GPD), tempo de confinamento (TCON), consumo diário de matéria seca (CMS), peso de carcaça fria (PCF), rendimento de carcaça fria (RCF = PCF/PFIN), espessura de gordura subcutânea (EGAOL), área de olho de lombo (AOL) e as características da carne força de cisalhamento (FC), capacidade de retenção de água (CRA), pH e perda por cocção (PPC). Foram utilizados dados de animais Nelore e cruzados de Nelore com raças taurinas adaptadas (Bonsmara e Senepol), britânicas (Angus e Hereford) e continentais (Charolesa, Limousin, Pardo Suíço tipo carne e Simental) e as raças sintéticas Brangus (5/8 Angus + 3/8 Zebu) e Canchim (5/8 Charolês + 3/8 Zebu). Os grupos genéticos foram classificados de acordo com sua composição de taurino adaptado (Ta), taurino britânico (Tb), taurino continental (Tc) e zebuíno (Zb). Foram estimados os efeitos aditivos diretos e heteróticos individuais dos vários grupos de raças envolvidos e obtidas estimativas de herdabilidade e de correlação genética para as características. Os efeitos aditivos diretos de raças taurinas adaptadas, britânicas e continentais, em relação ao Nelore, bem como seus efeitos heteróticos individuais em combinação com a raça Nelore e entre si, sugerem a utilização dessas raças no sistema de produção em cruzamento com a raça Nelore. As estimativas de herdabilidade foram iguais a $0,53 \pm 0,06$; $0,39 \pm 0,07$; $0,57 \pm 0,06$; $0,31 \pm 0,08$; $0,57 \pm 0,06$; $0,51 \pm 0,06$; $0,37 \pm 0,06$; $0,59 \pm 0,07$; $0,09 \pm 0,05$; $0,43 \pm 0,07$; $0,29 \pm 0,06$ e $0,19 \pm 0,07$, para PFIN, TCON, GPD, CMS, PCF, RCF, EGAOL, AOL, FC, CRAC, pH e PPC, respectivamente, indicando a possibilidade de obtenção de progresso genético pela seleção para todas essas características, exceto FC. As correlações genéticas variaram de média a alta para PFIN com GPD (0,46), PCF (0,95) e FC (-0,60), GPD com PCF (0,59), RCF (0,57), AOL (0,34) e FC (-0,37), PCF com RCF (0,33), AOL (0,82) e FC (-0,80), RCF com AOL (0,52) e FC (-0,56), EGAOL com FC (-0,52) e AOL com FC (-0,38), indicando a possibilidade de resposta à seleção correlacionada para essas características.

Palavras-Chave: correlações genéticas, efeitos de raça, efeitos heteróticos, herdabilidade, taurino, zebuíno

GENETIC PARAMETER ESTIMATES FOR GROWTH, CARCASS AND MEAT TRAITS IN CROSSBRED FEEDLOT FINISHED BEEF CATTLE

ABSTRACT - Beef cattle carcass and meat quality are increasingly important for the productive sector, therefore studies with growth, carcass and meat traits of crossbred animals are fundamental, since crossbreeding allows to explore genetic differences among breeds to attend the aspects of product quality. The objectives of this study were to evaluate the viability of crossbreeding exotic breeds with the Nellore breed, through estimates of direct and heterotic individual effects, and the viability of selection in a crossbred population, through estimates of genetic parameters for weight at the end (PFIN; slaughter weight) of feedlot, daily weight gain in feedlot (GPD), feedlot time (TCON), daily dry matter consumption (CMS), cold carcass weight (PCF), cold carcass yield (RCF = PCF/PFIN), subcutaneous fat thickness (EGAOL), rib eye area (AOL), and the meat traits shear force (FC), water holding capacity (CRA), pH and cooking loss (PPC). Data on Nellore and Nellore crossbreds with adapted taurine breeds (Bonsmara and Senepol), British breeds (Angus and Hereford) and continental breeds (beef type Brown Swiss, Charolais, Limousin, and Simmental) and the synthetic breeds Brangus (5/8 Angus + 3/8 Zebu) and Canchim (5/8 Charolais + 3/8 Zebu) animals were used. The genetic groups were classified according to their composition of adapted taurine (Ta), British taurine (Tb), continental taurine (Tc) and zebu (Zb). The direct additive and heterotic individual effects of the various groups of breeds involved were estimated and heritability and genetic correlation estimates were obtained for the traits. The direct additive effects of adapted, British and continental taurine breeds, relative to Nellore, as well as their individual heterotic effects in combination with the Nellore breed and among themselves, suggest the use of these breeds in crossbreeding programs with the Nellore breed in the production system. The heritability estimates were equal to 0.53 ± 0.06 , 0.39 ± 0.07 , 0.57 ± 0.06 , 0.31 ± 0.08 ; 0.57 ± 0.06 , 0.51 ± 0.06 , 0.37 ± 0.06 , 0.59 ± 0.07 , 0.09 ± 0.05 , 0.43 ± 0.07 , 0.29 ± 0.06 and 0.19 ± 0.07 , for PFIN, TCONF, GPD, CMS, PCF, RCF, EGAOL, AOL, FC, CRA, pH and PPC, respectively, indicating the possibility of obtaining genetic progress by selecting for all these traits, except FC. The genetic correlations varied from medium to high for PFIN with GPD (0.46), PCF (0.95) and FC (-0.60), GPD with PCF (0.59), RCF (0.57), AOL (0.34) and FC (-0.37), PCF with RCF (0.33), AOL (0.82) and FC (-0.80), RCF with AOL (0.52) and FC (-0.56), EGAOL with FC (-0.52), and AOL with FC (-0.38), indicating the possibility of correlated response to selection for these traits. Other genetic correlations were of low magnitude.

Keywords: breed effects, genetic correlations, heritability, heterotic effects, indicine, taurine

CAPÍTULO 1 - Considerações Gerais

Introdução

No ano de 2019, o rebanho bovino brasileiro era de mais de 213,68 milhões de animais, distribuídos em 164,96 milhões de hectares, e o número de abates foi de 43,3 milhões de animais, alcançando volume de carne produzida de 8,01 milhões de toneladas equivalente carcaça (ABIEC, 2020). Para melhorar os índices produtivos do País, os processos de criação, seleção e reprodução devem ser colocados em prática. Esses processos de criação em animais domésticos têm como objetivo básico alterar os fenótipos dos animais produzidos na geração seguinte e na direção desejada pelo homem. A melhoria da produção pode ser obtida por melhoramento no ambiente, por meio de mudanças nos manejos nutricionais, sanitários e reprodutivos, e pelo melhoramento genético, por meio da seleção e dos sistemas de acasalamento (Cicero Junior et al., 2016). Assim, consegue-se maior produção e melhor qualidade para o consumidor final.

De acordo com Lopes et al. (2010), no Brasil e em outros países, o uso de populações de múltiplas raças, para fins comerciais, vem crescendo, pela possibilidade de aumento na eficiência de produção. O cruzamento entre raças busca gerar heterose ou vigor híbrido para um grupo de características, além de possibilitar a complementaridade entre as raças, que se refere à melhoria do desempenho da progênie resultante do acasalamento de raças geneticamente diferentes, mas com atributos complementares (Bourdon, 1997). A estimação de efeitos aditivos de raças e heteróticos entre raças, ou grupos de raças, é fundamental para que os programas de cruzamento possam ser delineados, e a obtenção de estimativas de parâmetros genéticos em populações cruzadas é importante para o delineamento de programas de seleção nessas populações.

Os objetivos deste trabalho foram avaliar a viabilidade de utilização de raças exóticas em cruzamento com a raça Nelore, por meio de estimativas de efeitos aditivos diretos e heteróticos individuais para a raça Nelore, raças taurinas britânicas (Angus e Hereford) e continentais (Charolesa, Limousin, Pardo Suíça tipo carne e Simental)

e raças compostas taurinas (Bonsmara e Senepol), e verificar a possibilidade de seleção em população cruzada, por meio de estimativas de parâmetros genéticos, para características de crescimento, de carcaça e da carne de bovinos em confinamento.

Revisão de Literatura

Características de qualidade de carcaça e da carne

Um dos aspectos importantes a ser melhorado na pecuária bovina de corte do Brasil diz respeito às características determinantes da qualidade das carcaças. Segundo Araújo (2003), a avaliação genética de características associadas ao rendimento e à qualidade da carcaça e a seleção para essas características são importantes para melhorar a carcaça do zebu brasileiro.

A qualidade da carcaça e da carne bovina depende de vários fatores genéticos e externos aos animais (Silva et al., 2011). Características de carcaça (peso de carcaça quente ou fria, rendimento de carcaça quente ou fria, área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea) e da carne (força de cisalhamento, pH, perda por cocção e capacidade de retenção de água na carne), e sensoriais (cor, suculência, sabor, odor e maciez), são alguns exemplos de características que envolvem os termos qualidade de carcaça e da carne.

De acordo com Bonin (2008), a principal e mais importante característica por parte dos consumidores é a maciez da carne. Dentre os fatores que influenciam a maciez da carne, podem ser destacados a genética, a idade ao abate, o sexo, a alimentação e os tratamentos *post-mortem*. A qualidade final da carne é resultante do que aconteceu com o animal ao longo de toda a cadeia produtiva. Devem-se assegurar procedimentos adequados de transporte, armazenamento, manipulação, exposição e preparo da carne, a fim de se obter produto de melhor qualidade (Alves et al., 2005).

Além dos requisitos para a maciez, outra característica de qualidade da carne que deve ser destacada é a retenção de água. Menor retenção de água pode causar maiores perdas de peso e de rendimento em carcaças, cortes e produtos cárneos (Ramos e Gomide, 2007). A capacidade de retenção de água é determinada pela

quantidade de água perdida com o processamento, como corte, cocção, trituração ou prensagem do tecido muscular (De Paula et al., 2013). Maior perda de água resulta em menor valor nutritivo pelo exsudato liberado, e, conseqüentemente, em carnes mais secas e com menor maciez (Zeloa et al., 2007).

Em relação às características de carcaça, existe diferença quando se compara *Bos taurus taurus* continental vs. *Bos taurus taurus* britânico. Os animais de raças continentais (Charolesa, Limousin, Pardo Suíço, entre outras), de tamanho grande e musculosos, porém mais tardios para acumular gordura, apresentam maiores taxas de crescimento, peso de abate e área de olho de lombo (AOL), que é indicador de musculabilidade do animal, medida no músculo *longissimus dorsi*, expressa em centímetros quadrados (cm²). Já os animais das raças britânicas (Angus, Hereford, Shorthorn, entre outras) são menores e de musculatura moderada, considerados precoces em acabamento de carcaça, com maior espessura de gordura, que está relacionado com a camada de gordura da carcaça, medida no *longissimus dorsi* e expressa em milímetros (mm), porém apresentam menores ganhos de peso (Lôbo et al., 2008; Yokoo, 2009; Bridi et al., 2011).

A diferença na qualidade e no rendimento da carcaça e da carne pode ser consequência de diversos fatores, entre eles, manejo e nutrição que são ofertados aos animais, que influenciam no resultado final do abate. Segundo Feijó et al. (1998), o confinamento é atividade que possibilita o abate de animais jovens e bem acabados, proporcionando, em geral, carcaças e carne de melhor qualidade.

No confinamento existem vários aspectos que interferem diretamente na eficiência produtiva e na qualidade do produto final e que podem ser controlados, aumentando a produtividade e melhorando a qualidade da carne (Oliveira, 2008). Na criação extensiva, Euclides et al. (1997) destacaram que a estacionalidade da produção de forragem tem sido apontada como uma das principais responsáveis pelos baixos índices de produtividade da nossa pecuária.

Segundo Bridi e Constantino (2009), animais terminados em confinamento apresentam maior rendimento de carcaça se comparados com animais terminados a pasto, pois produzem carcaças com maior acabamento. Animais terminados a pasto produzem carcaças mais magras e têm a vantagem de possuir menor porcentagem lipídica total e maior proporção de ácidos graxos insaturados favoráveis. Porém,

carcaças muito magras e sem gordura de acabamento levam ao encurtamento das fibras pelo frio o que acarreta maciez reduzida. Além disso, os níveis mais baixos de gordura impactam na qualidade (sabor e suculência). Bridi et al. (2011) destacam que animais terminados em pasto ou em confinamento apresentam diferenças na maciez de suas carnes.

Essas diferenças no mérito genético das raças para características de importância econômica tais como, ganho de peso e características de carcaça e da carne, podem ser usadas para melhorar a eficiência de produção e a qualidade do produto. De fato, o uso de cruzamentos envolvendo raças taurinas é destacado por aumentar a qualidade da carne na questão de maciez e diminuir a idade ao abate (Parmigiani e Torres, 2009).

Heterose

A superioridade da média dos animais F_1 ou a média da progênie cruzada em relação à média das progênies das raças parentais pode ser definida como heterose (Eler, 2015). Existem três tipos de heterose, descritas a seguir. A heterose individual representa aumento no desempenho e vigor do indivíduo cruzado, não sendo atribuível aos efeitos maternos ou paternos ou ainda ligados ao sexo, e é função das combinações gênicas presentes na geração corrente. A heterose materna é atribuída às fêmeas cruzadas em vez de puras (Artmann et al., 2014). E, por fim, a heterose paterna que se refere a qualquer vantagem obtida pela utilização de pais cruzados, em vez de pais puros, no desempenho das progênies (Barbosa, 1995).

O grau de heterose obtido nos cruzamentos depende do nível de heterozigose materna e individual, do distanciamento genético entre as raças envolvidas, das frequências alélicas na população, da característica em questão e das interações com o ambiente (Fries, 1996). Ambos, genótipo e ambiente, são importantes na expressão das características economicamente relevantes na bovinocultura, pois, de acordo com Pereira (2008), o fenótipo dos indivíduos pode ser entendido como o resultado da interação do genótipo desse indivíduo com o ambiente no qual ele vive.

Em geral, o cruzamento entre raças não relacionadas exhibe níveis maiores de heterose no F_1 , em razão de haver mais *loci* em heterozigose, do que cruzamentos de raças geneticamente mais próximas. Sollecito et al. (2016), trabalhando com novilhas dos grupos genéticos Guzerá, $\frac{1}{2}$ Guzerá+ $\frac{1}{2}$ Nelore e $\frac{1}{2}$ Red Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore, também afirmaram que cruzamento entre *Bos taurus taurus* e *Bos taurus indicus* conduz a maiores desempenhos reprodutivos e produtivos do que o acasalamento de animais Nelore com Guzerá.

A relação entre heterozigose e heterose depende da importância dos diferentes tipos de ação gênica não-aditiva: dominância, sobredominância e epistasia. A linearidade entre heterozigose e heterose, em características determinadas por vários *loci*, ocorre quando a dominância é a principal causa da heterose (Gregory e Cundiff, 1980; Roso, 2000). Os genes dominantes, em geral, têm efeitos favoráveis, embora não se pode generalizar a afirmativa de que geram vigor híbrido, enquanto os recessivos tendem a reduzi-lo (Eler, 2015).

A dominância é a condição na qual o efeito de um dos alelos se manifesta fenotipicamente, independentemente da natureza do outro membro do mesmo par. Um exemplo está na raça Angus, a cor preta da pelagem é dominante sobre a vermelha. A epistasia ocorre quando um gene inibe a expressão de outro gene. Um exemplo de epistasia é a cor da pelagem em cavalos, em que se observa interação de um segundo *locus* A (dominante), que ocasiona o efeito de epistasia, tendo como fenótipo as cores Baio e Alazão.

Um estudo com bovinos realizado pela Embrapa e pelo National Center for Genetic Resources Preservation do Agricultural Research Service (ARS) dos Estados Unidos, mostrou que a distância genética entre as raças é um dos fatores que aumenta a produção na pecuária. A heterose ou vigor híbrido mostrou, de acordo com a pesquisa, que quanto maior é a distância genética entre as raças, melhor é a qualidade dos animais obtidos em cruzamentos, sendo que os animais com muita proximidade sanguínea têm desempenho inferior em relação ao peso da carcaça e outras características (EMBRAPA MEIO-NORTE, 2018).

Dessa maneira, a utilização do cruzamento permitirá obter os efeitos da heterose, sobre o ganho de peso, peso de carcaça, precocidade e outras características produtivas e, ainda, sobre a carcaça, a heterose influenciará alguns de

seus aspectos qualitativos, como acabamento, maciez e marmorização (Zamboni, 2010). Sainz et al. (2014), avaliando a progênie do cruzamento de touros Nelore, Aberdeen Angus e Brahman com vacas Nelore, abatida com média de idade de 23 meses, após 138 dias de confinamento, verificaram que os maiores pesos vivos e área de olho de lombo foram dos animais Angus x Nelore, seguidos dos Brahman x Nelore e, por fim, dos Nelore. Quanto ao rendimento e gordura subcutânea, os animais Angus x Nelore e Nelore tiveram valores estatisticamente diferentes, já a progênie Brahman x Nelore não apresentou diferenças significativas quando comparada aos outros grupos nestas características.

Cruzamento

Em razão da disponibilidade de grande número de raças de bovinos, biologicamente diferentes, o cruzamento sistemático entre raças das subespécies *Bos taurus taurus* e *Bos taurus indicus*, resultando em animais com bom potencial produtivo em ambientes tropicais, como consequência da heterose e da complementaridade entre raças, pode ser usado para adequar tipo biológico de animal e ambiente (Alencar e Barbosa, 2010).

De acordo com Bacci (2017), a combinação ou o acasalamento de duas ou mais raças adaptadas para corte de diferentes tipos biológicos, teria por objetivo melhorar a eficiência na produção de carne. Menezes et al. (2013) destacaram, ainda, que animais cruzados são de grande adaptação às condições climáticas e de manejo às quais são submetidos. Com isso, é possível buscar genótipo mais adequado ao ambiente em que o animal produz.

Barbosa (1995), com base em resultados obtidos no Brasil por vários autores, concluiu que os animais cruzados foram, em média, 15,1% superiores aos de raças puras quanto às características de crescimento, enquanto as fêmeas cruzadas foram 42,7% mais eficientes quanto à taxa de gestação.

Alguns autores que estudaram os produtos de cruzamentos entre raças taurinas, taurinas adaptadas tropicalmente e zebu relataram maior ganho de peso e maior produção de carne em menor tempo do que em animais puros (Chase et al., 2000; Bonilha et al., 2008; Coleman et al., 2012; Sollecito et al., 2016).

Segundo Zadra (2017), a razão principal para se fazer o cruzamento orientado entre raças é aumentar a lucratividade (renda líquida), pelo aumento da produtividade (eficiência de produção). No Brasil, o Nelore tem sido cruzado com diversas raças britânicas e continentais, o que gera descendentes com características específicas, segundo o grupo genético com o qual ocorreu o cruzamento (Freitas, 2013a).

Um cruzamento em destaque é o de animais da raça Nelore com a raça britânica Angus, produzindo animais com precocidade sexual, boa habilidade materna, férteis e menor tamanho da vaca quando adulta, aspectos relacionados à melhor eficiência reprodutiva do rebanho (Freitas, 2013b). As vacas Nelore contribuem com características de adaptabilidade, resistência e fertilidade, e os touros Angus com ganho de peso, precocidade sexual e acabamento, aumentando a eficiência na atividade de corte. Sendo assim, os parâmetros positivos de cada uma das raças se complementam na progênie (Lazia, 2011)

Raças taurinas e zebuínas utilizadas em cruzamentos

A complementaridade das raças é fundamental para o sucesso dos cruzamentos, e diversos estudos demonstraram que os melhores índices produtivos são alcançados pelas combinações de animais zebuínos com os de raças taurinas ou europeias (Barcellos et al., 2017). Atualmente os taurinos têm sido utilizados pelos criadores brasileiros em cruzamento industrial com bovinos zebu, objetivando o aumento no ganho de peso como consequência da heterose e da complementaridade das raças, para desenvolver a produção de carne mais nobre em ambientes mais rústicos, gerando ótimos resultados (Blecha et al., 2009; Balsani et al., 2010; Artmann et al., 2012).

Animais de grupos genéticos taurinos e zebuínos apresentam características diferentes de maturidade fisiológica, peso de abate, rendimento e relação músculo/gordura na carcaça, e o cruzamento entre raças zebuínas e taurinas tem possibilitado a produção de gado de corte no país com os benefícios do vigor híbrido, para incremento da produtividade do rebanho; além disso animais taurinos apresentam maior potencial de crescimento, o que diminui o tempo de permanência

dos animais na fazenda, aumentando a sua produtividade (Barbosa, 2002; Santana Júnior, 2011).

Quanto às características gerais, as raças bovinas de corte podem ser divididas em quatro grandes grupos: raças britânicas, raças europeias de grande porte ou raças continentais, raças europeias adaptadas a clima tropical e raças zebuínas (Euclides Filho, 1997). Dentre esses quatro grupos, temos as subespécies *Bos taurus taurus* e *Bos taurus indicus*. A primeira subespécie inclui raças britânicas mochas (Aberdeen Angus, Red Angus e Red Poll) e com chifres (Hereford), sendo um grupo de menor porte dentre as raças taurinas. Também da mesma subespécie, as raças continentais, que envolvem o maior número e diversidade de raças taurinas, são animais de maior porte em comparação aos citados anteriormente, e os chifres, quando presentes, são curtos. Exemplo das continentais são as raças Simental, Charolesa, Limousin, Pardo Suíço, Chianina, Marchigiana e Piemontesa. As raças europeias adaptadas, introduzidas durante o período colonial, são raças formadas a partir do gado europeu e são denominadas também de crioulas, sendo essas: Caracu, Curraleiro Pé-duro, Pantaneiro, Crioulo Lajeano e Mocha Nacional (Rosa et al., 2013).

Considerando-se todo o território brasileiro, a raça Nelore pertencente a subespécie *Bos taurus indicus* é a mais populosa e, nos últimos anos, tem sido a raça mais utilizada em cruzamento com as raças europeias. O gado zebuíno é o principal responsável pela expansão da indústria de gado de corte no Brasil, em razão tanto da adaptabilidade ao clima tropical, quanto da habilidade de suportar o regime de criação a pasto.

Em 2018 as vendas de sêmen da raça Angus tiveram alta de 28,3% em comparação com o ano de 2017, alta essa que supera o desempenho do mercado nacional de sêmen entre todas as raças de corte, respondendo a raça Angus por 51% do volume total nas vendas. Isso confirma a utilização de sêmen de alta qualidade nos rebanhos brasileiros, agregando qualidade ao gado e à carne que é produzida (ASBIA, 2019)

Formação de novas raças

O cruzamento entre raças é também utilizado para a obtenção de grupos denominados sintéticos ou compostos. Bovinos compostos são aqueles formados pelo cruzamento de duas ou mais raças com o objetivo de explorar a heterose e a complementaridade entre essas, e que sejam capazes de manter níveis elevados de heterose nas gerações sucessivas de acasalamento inter se (Gregory, 1980). Os bovinos compostos são hoje uma alternativa para a pecuária de corte que pode aumentar de maneira rápida a produtividade e a competitividade dos sistemas de produção (Santana Júnior, 2011), e, no Brasil, o uso de raças compostas ou sintéticas tornou-se importante estratégia para a indústria pecuária bovina (Buzanskas et al., 2017).

Com a finalidade de explorar características de conformação e rusticidade, um exemplo de raça composta produzida no Brasil é a raça Canchim, obtida pelo cruzamento de animais da raça Charolesa (Taurinos) e zebuínos, gerando grupos genéticos com diferentes proporções de Charolês-Zebuino, até a obtenção do animal Canchim, que possui, em média, 62,5% de Charolês e 37,5% de Zebu (Alencar, 1988). A raça Brangus é outro exemplo de raça composta presente no Brasil, sendo sua formação também por animais taurinos (Aberdeen Angus) com Zebuínos (Nelore, Nelore Mocho, Guzerá, Tabapuã e o Brahman) (EMBRAPA PECUÁRIA SUL, 2018).

Parâmetros genéticos (herdabilidade e correlação genética)

A modernização do sistema de produção de bovinos de corte vem ocorrendo de forma gradual. Algumas medidas foram tomadas com o objetivo de expandir as exportações e melhor atender a demanda interna, como, por exemplo, a utilização do melhoramento genético animal, que tem contribuído para o crescimento da pecuária nacional (Mucari et al., 2011). Sendo assim, o melhoramento genético animal em bovino de corte está integrado às características com importância econômica dependendo da magnitude das variâncias e covariâncias genéticas e da herdabilidade das características a serem consideradas na seleção.

A herdabilidade é um parâmetro populacional essencial na avaliação genética animal e no delineamento de programas de melhoramento animal, e é definida como

uma medida do grau de semelhança dos filhos, em relação ao desempenho de seus pais, para determinada característica (Bourdon, 1997). Segundo Araújo (2003), a avaliação genética de características associadas ao rendimento e à qualidade da carcaça e a seleção para essas características são importantes para melhorar a carcaça do zebu brasileiro. Ainda segundo Araújo (2003), as estimativas de parâmetros genéticos para essas características de animais da raça Nelore indicam a possibilidade de resposta direta à seleção e têm propiciado a estimação de DEPs e seu emprego na escolha de animais para a reprodução (Lôbo et al., 2006).

A herdabilidade pode variar de 0 a 1 e é calculada como a proporção da variância fenotípica (V_p) que é atribuída à variância genética aditiva (V_A). Portanto, características com maior V_A terão maior herdabilidade, dependendo da variância fenotípica total. Desta forma, sua principal função é seu caráter preditivo, que expressa o grau de confiança do valor fenotípico como indicador do valor genético do animal (Paiva, 2014).

O coeficiente de correlação genética indica a magnitude e o sentido da associação entre os valores genéticos de duas características. As causas de correlação genética entre duas características podem ser permanentes ou transitórias. A causa permanente para que as características sejam correlacionadas geneticamente é a pleiotropia, em que o grau de correlação originado expressa a intensidade pela qual duas características são influenciadas pelos mesmos genes (Falconer, 1987). A causa transitória é a ligação gênica ou *linkage*, que acontece quando genes que estão muito próximos no cromossomo e agem conjuntamente. Neste caso, a correlação causada pela proximidade tende a desaparecer com o tempo à medida que o "*crossing-over*" vai separando os genes que estavam originalmente próximos no cromossomo (Cardellino e Rovira, 1983; Falconer, 1987).

Referências

ABIEC - **Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne**, 2020.

ASBIA - **Associação Brasileira de Inseminação Artificial** - 2019

Alencar MM (1988) **Bovino - Raça Canchim: origem e desenvolvimento**. Brasília: Embrapa-DPU, 102 p. (EMBRAPA-UEPAE de São Carlos. Documentos, 4).

Alencar MM, Barbosa PF (2010) Melhoramento genético de gado de corte no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL. Melhoramento animal no Brasil: uma visão crítica, **Anais**. Maringá: SBMA, CD-ROM.

Alves DD (2005) Maciez da carne bovina. **Ciência Animal Brasileira**. v. 6, p. 135-149.

Artmann TA, Torres Junior RAA, Menezes GRO, Battistelli JVF, Reggiori MR, Ovando JD, Oliveira JCK, Silva LN. (2012) **Desempenho de Animais Nelore e Cruzados Durante a Fase de Cria**. 142 p. 8ª Jornada Científica - Embrapa Gado de Corte.

Artmann TA, Toma HS, Pinheiro JN, Romero J, Carvalho AM, Toma C D, (2014) Melhoramento genético de bovinos ½ sangue taurino x ½ sangue zebuino no Brasil. **Revista científica de medicina veterinária**, Número 22.

Araújo FRC (2003) **The use of real-time ultrasound to estimate variance components of growth and carcass traits in Nelorecattle**. 56f. Dissertação (Mestrado) – Department of Animal Science, University of California, Davis.

Bacci RA (2017) Cruzamento Industrial na Pecuária de Corte Brasileira. Disponível em: <http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/183/arquivos/CRUZAMENTO%20INDUSTRIAL%20NA%20PECU%C3%81RIA%20DE%20CORTE%20BRASILEIRA.pdf>. Acesso em 15/07/2020.

Balsani TF, Battistelli JVF, Silva LN, Souza Júnior MD, Silva Filho RB, Rezende MA, Medeiros SR, Feijó GLD, Siqueira F, Torres Júnior RAA (2010) **Alternativas de Cruzamento para Melhorar a Eficiência de Produção e Qualidade da Carne Produzida na Região Centro-Oeste**. In: 6ª Jornada Científica - EMBRAPA Gado de Corte. 1 p.

Barbosa PF (1995) Heterose, heterose residual e efeitos da recombinação em sistemas de cruzamento de bovinos. Sociedade Brasileira de Genética. Ribeirão Preto: SBG, p.135-243.

Barbosa PF (1995) **Cruzamentos para produção do novilho precoce**. Encontro Nacional Sobre Novilho Precoce. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, Departamento de Comunicação e Treinamento, p. 75-92.

Barbosa PF (2002) Cruzamento Industrial: Onde, quando e por quê? **ENCONTRO NACIONAL DO NOVILHO PRECOCE**. Cuiabá, MT 2002. CD-ROM.

Barcellos VC, Mottin C, Passeti RAC, Guerrero A, Eiras CE, Prohmann PEF, Vital ACP, Prado IN (2017) **Carcass characteristics and sensorial evaluation of meat from Nelore steers and crossbred Angus vs. Nelore bulls**. Acta Scientiarum. Animal Sciences. 39, 437.

Blecha MZ, Siqueira F, Torres Junior RAA, Regitano LCA, Machado COF, Carvalho TD (2009) Avaliação de Polimorfismo CAST/Xmnl em Bovinos de Corte. 5ª Jornada Científica, 1 p. **Anais**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte.

Bonilha SFM, Tedeschi LO, Packer IU, Razook AG, Alleoni GF, Nardon RF, Resende FD (2008) Evaluation of carcass characteristics of Bos indicus and tropically adapted B. taurus breeds selected for postweaning weight. **Journal of Animal Science** 86:1770-1780.

Bonin MN (2008) **Estudo da influência de touro e de genearca da raça Nelore nos aspectos quantitativos de carcaça e da carne**. Dissertação (Mestre em Zootecnia). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo. 157 p.

Bourdon RM (1997) **Understanding Animal Breeding**. Prentice Hall. Upper Saddle River, 523p.

Bridi MA, Constantino C (2009) Qualidade e Avaliação de Carcaças e Carnes Bovinas. **Anais...** Maringá PR. Congresso Paranaense dos Estudantes de Zootecnia. CD ROOM.

Bridi AM, Constantino C, Tarsitano MA (2011) **Qualidade da carne de bovinos produzidos em pasto**. Universidad Estadual de Londrina, SIMPASTO. 18 p.

Buzanskas ME, Ventura RV, Chud TCS, Bernardes PA, Santos DJA, Regitano LCA, Alencar MM, Mudadu MA, Zanella R, Silva MVGB, Li C, Schenkel FS, Munari DP (2017) Study on the introgression of beef breeds in Canchim cattle using single nucleotide polymorphism markers. **PLoS One**, v. 12 16 p.

Cicero Junior PB, Borges LS, Sousa HAA, Oliveira MRA, Cavalcante DH, Andrade TV, Barros CD, JÚNIOR SCS (2016) **Melhoramento genético em bovinos de corte (Bos indicus)**. v. 13, 7 p.

Cardelino R, Rovira J (1983) **Mejoramiento genético animal**. Buenos Aires: Agropecuária Hemisfério Sur, p. 253.

Chase JRCC, Hammond AC, Olson TA (2000) Effect of tropically adapted sires on preweaning growth of F1 Angus calves and reproductive performance of their Angus dams. **Journal of Animal Science** 78:1111-1116.

Coleman SW, Chase CC, Phillips WA, Riley DG, Olson, TA (2012) Evaluation of tropically adapted straightbred and crossbred cattle: postweaning gain and feed efficiency when finished in a temperate climate. **Journal of Animal Science** .90:1955-1965.

De Paula EFE, Stivari TSS, Salgado JÁ, Fernandes MAM, Gilaverte S, Monteiro ALG. 2013 Determinação da qualidade da carne com uso da espectroscopia de reflectância **Scientia Agraria Paranaensis** , p. 301-307.

Eler JP (2015) **Teoria e métodos em melhoramento genético animal: III sistemas de acasalamento**.170f.

Embrapa Meio-Norte (2018). Distância genética ajuda a incrementar produção animal. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/21238707/distancia-genetica-ajuda-a-incrementar-producao-animal>. Acesso em: 22/01/2021.

Embrapa Pecuária Sul (2018). Rebanho cresce mais de 80% no Brasil em dez anos. Disponível em <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/34946374/rebanho-brangus-cresce-mais-de-80-no-brasil-em-dez-anos> - Acesso em 06/04/2021.

Euclides Filho K (1997) **Melhoramento genético e os cruzamentos em bovino de corte**. EMBRAPA-CNPGC. Documentos, 63, 35 p.

Euclides VPB, Macedo MCM, Oliveira MP (1997) Desempenho animal em pastagens de gramíneas recuperadas com diferentes níveis de fertilização. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**v.2. p.201-203.

Falconer DS (1987) **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa, MG: UFV, p. 279.

Feijó GLD, Silva JM, Thiago LRLS, Porto JCA, Arruda EF, Joba I (1998) **Efeito bioeconômico de níveis de concentrado no confinamento de novilhos**. **Campo Grande**: EMBRAPA-CNPGC, 30p.

Freitas G (2013a) Nelore: conheça mais sobre a raça que representa 80% do gado de corte brasileiro. Disponível em: <https://www.beefpoint.com.br/nelore-conheca-mais-sobre-a-raca-que-representa-80-do-gado-de-corte-brasileiro-projeto-racas/>. Acesso em: 22/01/2020.

Freitas, G (2013b) Angus: produtiva a campo e carne com bons índices de marmoreio e capa de gordura espessa e uniforme. Disponível em: <http://www.beefpoint.com.br/angus-produtiva-a-campo-e-carne-com-bons-indices-demarmoreio-e-capa-de-gordura-espessa-e-uniforme-projeto-racas/>. Acesso em: 22/01/2020. Fries LA (1996) Calculando e decompondo heterozigoses. In: SIMPÓSIO

NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL. **Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal**, p.246-248.

Gregory KE, Cundiff LV (1980) Crossbreeding in beef cattle: evaluation of systems. **Journal of Animal Science**, v. 51, p. 1224-1242.

Lazia B (2011). Cruzamento indústria Red Angus X Nelore. Disponível em: <https://www.portalagropecuario.com.br/bovinos/pecuaria-de-corte/cruzamento-industrial-angus-nelore-bem-sucedido-resultado-ultimos-tempos/>. Acesso em: 22/01/2021.

Lôbo RB, Bezerra LAF, Faria CU, Magnbosco C, Albuquerque LG, Bergmann JAG, Sainz RD, Oliveira HN (2008a) **Avaliação genética de touros e matrizes da raça Nelore: Sumário 2008**. Ribeirão Preto: Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores, 124p.

Lôbo RB, Bezerra LAF, Oliveira HN (2006) Avaliação genética de touros e matrizes da raça Nelore: Sumário 2006: Ribeirão Preto: Rochedo Gráfica e Editora, 124p.

Lopes JS, Rorato PRN, Weber T, Araújo RO, Dornelles MA, Comin JG (2010) Pre-weaning performance evaluation of a multibreed Aberdeen Angus x Nelore population using different genetic models. **Revista brasileira de Zootecnia** v. 39, p.2418-2425.

Menezes LM, Pedrosa AC, Pedrosa D, Fernandes S (2013) Desempenho de bovinos Nelore e cruzados Blonde d'Aquitaine x Nelore do nascimento ao desmame. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal** v. 14. p. 177 - 184.

Mucari TB, Alencar MM, Barbosa PF, Barbosa RT (2011). Análise genética do período de gestação em animais de um rebanho Canchim: estimação de parâmetros genéticos e escolha entre modelos animais alternativos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, p. 1211-1216.

Oliveira EA (2008) **Desempenho, composição física das carcaças e qualidade da carne de tourinhos nelore e Canchim terminados em confinamento**. 78 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Faculdade De Ciências Agrárias e Veterinárias Campus De Jaboticabal.

Parmigiani P, Torres R (2009) **Para além da rastreabilidade**. Revista Nacional da Carne, v.33, p.8-15.

Paiva JT (2014) **Parâmetros genéticos da conversão alimentar e da qualidade de carne em linhagem macho de frangos utilizando abordagem frequentista e Bayesiana**. (Trabalho de Conclusão de Curso). 92f. – Universidade Federal de São João Del Rei – Campus Tancredo de Almeida Neves.

Pereira JCC (2008) **Melhoramento Genético Aplicado à Produção Animal: Introdução, Herança e Meio, Correlações Genéticas, Seleção e Auxílio à Seleção, Heterose e Cruzamentos e Melhoramento Genético das raças Zebu**. 5 ed. Belo Horizonte: Editora FEPMVZ. p. 1-329.

Ramos EM, Gomide LA (2007) **Avaliação da Qualidade de Carnes 2 a Edição - Fundamentos e Metodologias**. 2nd ed.

Rosa AN, Martins EL, Menezes GRO, Silva LOC (2013). Melhoramento genético aplicado em gado de corte. Programa Genepplus-Embrapa. Brasília, DF: Embrapa. 256 p.

Roso VM, Fries LB (2000) Avaliação das Heteroses Materna e Individual sobre o Ganho de Peso do Nascimento ao Desmame em Bovinos Angus x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia, Jaboticabal** v. 29, p. 732-737.

Sainz RD, Magnobosco CU, Manicardi F, Guedes C, Pereira C, Margarodo R, LEME P, Filho Luchiari A (2014) Desempenho e qualidade de carcaça de bovinos da raça Nelore e seus cruzamentos com as raças Aberdeen Angus e Brahman. Disponível em: http://www.guaporepecuaria.com.br/pecuaria/trabalhos/14_nem_cruzamento_angus_brahman/proj_carcaca1.html. Acesso em: 22/01/2021.

Santana Jr., Luiz M (2011) **Interação genótipo-ambiente em bovinos de corte compostos**. Tese (Doutorado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Pirassununga, 102f.

Silva MR, Paula EJH, Oliveira DFP, Cervelati KF, Pinheiro MSM (2011) **Importância da deposição de gordura em bovinos de corte e sua mensuração através da técnica de ultrassonografia** Londrina, V. 5, 15p.

Sollecito NV, Andrade VJ, Barbosa FA, Lobo CF, Azevedo HO, Guimaraes PHS (2016) Taxa de fertilidade de novilhas de diferentes grupos genéticos com primeiro serviço aos 14 meses de idade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia** 68:361-368.

Yokoo M J (2009) **Análise bayesiana da área de olho do lombo e da espessura de gordura obtidas por ultrassom e suas associações com outras características de importância econômica na raça Nelore**. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento Animal) - Unesp, Jaboticabal.

Zadra A (2017) Cruzamento Industrial: Processo Chave para Obtenção de novilhos precoces Disponível em: <<https://docs.ufpr.br/~freitasjaf/artigos/cruzamentoindustrial.pdf>> Acesso em: 15 jun. 2020.

Zamboni VT (2010) **Correlação entre escores visuais de conformação e indicadores de desempenho, características de carcaça e de carne de novilhos Nelore e cruzados Aberdeen Angus x Nelore**. 44f. Dissertação (Mestrado) -Unesp, Araçatuba 44f. Zelo MBL, Souza PA, Souza HBA, Silva SAG (2007) Parâmetros qualitativos da carne ovina: um enfoque à maturação e marinação. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**.215-224f.

CAPÍTULO 2 - Efeitos genéticos sobre características de crescimento, de carcaça e da carne em bovinos de corte de diferentes composições raciais, terminados em confinamento

RESUMO - O cruzamento entre raças é uma estratégia de melhoramento que pode ser usada para aumentar a eficiência dos sistemas de produção pecuária do Brasil. O objetivo neste trabalho foi avaliar a viabilidade de utilização de raças exóticas em cruzamento com a raça Nelore, por meio de estimativas de efeitos aditivos diretos e heteróticos individuais para as características peso ao final (PFIN; peso de abate) de confinamento, ganho de peso diário no confinamento (GPD), tempo de confinamento (TCON), consumo de matéria seca diário (CMS), peso de carcaça fria (PCF), rendimento de carcaça fria (RCF = PCF/PFIN), espessura de gordura subcutânea (EGAOL), área de olho de lombo (AOL) e as características da carne força de cisalhamento (FC), capacidade de retenção de água (CRA), pH e perda por cocção (PPC). Foram utilizados dados de animais Nelore e cruzados Nelore com raças taurinas adaptadas (Bonsmara e Senepol), britânicas (Angus e Hereford) e continentais (Charolesa, Limousin, Pardo Suíço tipo carne e Simental) e as raças sintéticas Brangus (5/8 Angus + 3/8 Zebu) e Canchim (5/8 Charolês + 3/8 Zebu). Os grupos genéticos foram classificados de acordo com sua composição de taurino adaptado (Ta), taurino britânico (Tb), taurino continental (Tc) e zebuínio (Zb). Os dados, pertencentes a vários experimentos de confinamento, ajustados para condição sexual e tratamento, quando necessário, foram analisados pelo método dos quadrados mínimos, com modelo estatístico (modelo I) que incluiu os efeitos fixos de ano de nascimento, idade ao início do confinamento (covariável) e as covariáveis proporção de Ta, Tb e Tc no animal e proporção de locos em heterozigose Ta-Zb, Tb-Zb, Tc-Zb, Ta-Tb, Ta-Tc e Tb-Tc. No modelo II, os efeitos heteróticos foram substituídos pelos efeitos heteróticos taurino-zebuínio e taurino-taurino. Os efeitos aditivos diretos de Ta, Tb e Tc, em relação ao Nelore, pelo modelo II, foram positivos e significativos para PFIN, GPD, PCF (exceto Ta), AOL e pH, mas foram negativos para RCF, FC (favorável) e PPC (exceto Tb). Os efeitos heteróticos individuais taurino-zebuínio foram positivos e significativos para PFIN, PCF, RCF, EGAOL, AOL, FC (desfavorável), CRA e pH. Os efeitos heteróticos individuais taurino-taurino foram positivos e significativos apenas para CMS e PPC e negativos para RCF, EGAOL e pH. Esses resultados sugerem a utilização dessas raças exóticas no sistema de produção em cruzamento com a raça Nelore.

Palavras-chave: cruzamento, efeitos aditivos diretos, efeitos heteróticos individuais, taurino, zebuínio

CHAPTER 2 - Genetic effects on growth, carcass and meat traits in feedlot finished beef cattle of different genetic composition

ABSTRACT- Crossbreeding is a strategy of animal breeding that can be used to increase the efficiency of the Brazilian beef cattle production system. The objective of this study was to evaluate the viability of crossbreeding exotic breeds with the Nellore breed, through estimates of direct and heterotic individual effects for the Nellore, British and continental taurine breeds, and adapted taurine composite breeds, for body weight at the end (PFIN; slaughter weight) of the feedlot, average daily weight gain (GPD), feedlot time (TCON), daily dry matter consumption (CMS), cold carcass weight (PCF), cold carcass yield (RCF = PCF/PFIN), subcutaneous fat thickness (EGAOL), rib eye area (AOL), and the meat traits shear force (FC), water holding capacity (CRA), pH and cooking loss (PPC). Data on Nellore and Nellore crossbreds with adapted taurine breeds (Bonsmara and Senepol), British breeds (Angus and Hereford) and continental breeds (beef type Brown Swiss, Charolais, Limousin, and Simmental), and the synthetic breeds Brangus (5/8 Angus + 3/8 Zebu) and Canchim (5/8 Charolais + 3/8 Zebu) were used. The genetic groups were classified according to their composition of adapted taurine (Ta), British taurine (Tb), continental taurine (Tc) and zebu (Zb). The data obtained from several feedlot experiments, adjusted for sexual condition and treatment, when needed, were analyzed using the least squares method, with a statistical model (model I) that included the fixed effects of year of birth, age at the beginning of the feedlot (covariate) and the covariables proportion of Ta, Tb and Tc in the animal and proportion of loci in heterozygosis for Ta-Zb, Tb-Zb, Tc-Zb, Ta-Tb, Ta-Tc and Tb-Tc. In a second analysis (model II) the heterozygous effects were substituted for the taurine-indicine and taurine-aurine heterozygous individual effects. The direct additive effects of Ta, Tb and Tc, relative to the Nellore breed, by model II, were positive and significant for PFIN, GPD, PCF (except Ta) and pH, but were negative for RCF, FC (favorable) and PPC (except Tb). Still by model II, the individual taurine-indicine heterotic effects were positive and significant for PFIN, PCF, RCF, EGAOL, AOL, FC (unfavorable), CRA and pH, and not significant for the other traits. The individual taurine-aurine heterotic effects were positive and significant only for CMS and PPC, and negative for RCF, EGAOL and pH. These results suggest the use of these exotic breeds in crossbreeding programs with the Nellore breed in the production system.

Keywords: additive direct effects, crossbreeding, heterotic individual effects, indicine, taurine

Introdução

A busca por melhorias nas características de importância econômica em bovinos de corte é crescente. Atualmente, os programas de melhoramento buscam animais que possam trazer avanços tanto econômicos quanto de qualidade nos rebanhos, por meio de seleção e cruzamento. Os sistemas de cruzamento entre raças que podem ser utilizados para a produção de carne são vários, resultando em diferentes graus de heterose, ocasionando vantagens e desvantagens (Alencar, 2004). Portanto, na escolha do tipo de cruzamento é importante considerar alguns fatores, como: objetivos dos programas de cruzamento, ambiente, número de matrizes aptas a serem cruzadas, disponibilidade de alimento para os animais, mão de obra disponível e qualificada, possibilidade de retorno dos investimentos, mercado e comercialização (Pereira, 2004; Alencar e Barbosa 2010).

A base genética dos efeitos do cruzamento entre raças pode ser dividida em dois componentes principais, o aditivo e o não aditivo (Swan e Kinghorn, 1992). O componente aditivo é aquele atribuído ao mérito genético médio das raças envolvidas no cruzamento, enquanto o componente não aditivo é a heterose. Os fatores primordiais que motivam o uso do cruzamento são aproveitar as vantagens da heterose, utilizar a complementaridade, ou seja, combinar características desejáveis de duas ou mais raças ou linhagens, possibilitar a incorporação de material genético desejável de forma rápida e, também, a formação de raças sintéticas (Euclides Filho, 1996).

O conhecimento da magnitude desses efeitos genéticos aditivos diretos e maternos raciais, e não-aditivos, heteróticos e epistáticos, são condições primárias e essenciais ao planejamento e à continuidade de programas de cruzamento (Abdel-Aziz et al., 2003).

No Brasil, várias raças bovinas exóticas foram introduzidas nas últimas décadas, com o propósito de serem utilizadas em cruzamentos comerciais ou na formação de novos grupos denominados compostos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade de utilização de raças exóticas em cruzamento com a raça Nelore, por meio de estimativas de efeitos aditivos diretos e heteróticos individuais para a raça Nelore, raças taurinas britânicas e continentais e raças compostas taurinas

adaptadas, para características de terminação em confinamento e características de carcaça e da carne.

Material e métodos

Os dados utilizados neste trabalho são provenientes do banco de dados de bovinos de corte da Embrapa Pecuária Sudeste, localizada no município de São Carlos, SP. Os animais nasceram de 1998 a 2013 e são oriundos de vários projetos de cruzamento envolvendo a raça Nelore, raças exóticas (taurinas britânicas, taurinas continentais e taurinas adaptadas) e raças compostas. Os projetos tinham objetivos específicos, com cruzamentos e tratamentos próprios, mas todos envolveram a terminação em confinamento, às vezes após o desmame, às vezes após a recria, aos 15-17 meses de idade, às vezes apenas com machos inteiros ou castrados, às vezes com a combinação desses e desses com fêmeas. Pode ter ocorrido também algum tipo de tratamento alimentar. Animais de diferentes grupos genéticos (GG) nasceram em diferentes anos e em diferentes épocas do ano. Entretanto, não houve confundimentos, pois vários GGs estavam presentes em diferentes anos e épocas de nascimento, condições sexuais (macho inteiro ou castrado e fêmea) e tratamentos. Foram considerados apenas animais que foram terminados em confinamento por algum período.

Nos cruzamentos, as raças Angus e Hereford representaram as taurinas britânicas, as raças Charolesa, Limousin, Pardo Suíça e Simental as taurinas continentais, as raças Bonsmara e Senepol as taurinas adaptadas, e a raça Nelore representou as zebuínas. As raças Brangus e Canchim também utilizadas são 5/8 Angus + 3/8 Zebu e 5/8 Charolês + 3/8 Zebu, respectivamente.

Neste estudo foram consideradas as seguintes características: 1) características de desempenho no confinamento - peso ao final (PFIN; peso de abate) do confinamento, ganho de peso diário no confinamento (GPD), tempo de confinamento (TCON) e consumo de matéria seca diário (CMS); 2) características de carcaça - peso de carcaça fria (PCF), rendimento de carcaça fria (RCF = PCF/PFIN), espessura de gordura subcutânea (EGAOL) e área de olho de lombo (AOL); e 3)

características da carne - força de cisalhamento (FC), capacidade de retenção de água (CRA), pH e perda por cocção (PPC).

Os abates dos animais aconteceram em diferentes locais (abatedouros/frigoríficos), mas seguindo as normas para o Estado de São Paulo. A escolha dos animais para o abate seguiu os critérios da Embrapa Pecuária Sudeste, observação visual e/ou uso da ultrassonografia. As medidas de carcaça (PCF, RCF, EGAOL e AOL) e de qualidade da carne (FC, CRA, pH e PPC) foram feitas de acordo com os métodos usados no Laboratório de Carnes da Embrapa Pecuária Sudeste, embora para essas últimas, em alguns anos as medidas tenham sido feitas em outros laboratórios. As medidas de EGAOL, AOL, FC, CRA, pH e PPC foram feitas no músculo *longissimus dorsi*.

Para a característica PCF, em um arquivo os dados de 48 animais estavam incompletos e foram calculados com base na relação peso de carcaça quente (PCQ) e PCF, obtida dos dados existentes, dentro de GG e tratamento alimentar. Também para PCF, em dois outros arquivos, em um total de 109 animais, existiam apenas os dados de PCQ e o PCF foi calculado multiplicando-se PCQ pelo fator 0,985.

Os dados foram inicialmente organizados em vários arquivos, cada um representando um projeto de pesquisa, de maneira que os animais dos diferentes grupos genéticos tenham sido submetidos aos mesmos tratamentos (condição sexual e/ou tratamento alimentar).

Todos os animais foram classificados dentro de uma classe de grupo genético (CGG), conforme a proporção de taurino britânico (Tb), taurino continental (Tc), taurino adaptado (Ta) e zebuíno (Zb) na sua constituição. Assim, Nelore = zebu (Zb); $\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore = $\frac{1}{2}$ Tb + $\frac{1}{2}$ Zb (1Tb1Zb); $\frac{1}{2}$ Hereford + $\frac{1}{2}$ Nelore = $\frac{1}{2}$ Tb + $\frac{1}{2}$ Zb (1Tb1Zb); $\frac{1}{2}$ Charolês + $\frac{1}{2}$ Nelore = $\frac{1}{2}$ Tc + $\frac{1}{2}$ Zb (1Tc1Zb); $\frac{1}{2}$ Bonsmara + $\frac{1}{2}$ Nelore = $\frac{1}{2}$ Ta + $\frac{1}{2}$ Zb (1Ta1Zb); $\frac{1}{2}$ Senepol + $\frac{1}{2}$ Nelore = $\frac{1}{2}$ Ta + $\frac{1}{2}$ Zb (1Ta1Zb), etc. (Tabela 1).

Tabela 1. Grupo genético (GG) do pai, da mãe e do bezerro, e classe do grupo genético (CGG; Zb = Zebu; Ta = Taurus adaptado; Tb = Taurus britânico; Tc = Taurus continental) do pai, da mãe e do bezerro

	GG ¹			CGG ¹		
	Pai	Mãe	Bezerro	Pai	Mãe	Bezerro
Nelore (Ne)	Nelore	Nelore	Nelore	Zb	Zb	Zb
Angus (An)	Ne	1An1Ne	1An1Ne	Tb	Zb	1Tb1Zb
Bonsmara (Bo)	Ne	1Bo1Ne	1Bo1Ne	Ta	Zb	1Ta1Zb
Charolês (Ch)	Ne	1Ch1Ne	1Ch1Ne	Tc	Zb	1Tc1Zb
Hereford (He)	Ne	1He1Ne	1He1Ne	Tb	Zb	1Tb1Zb
Pardo Suiço (Ps)	Ne	1Ps1Ne	1Ps1Ne	Tc	Zb	1Tc1Zb
Senepol (Se)	Ne	1Se1Ne	1Se1Ne	Ta	Zb	1Ta1Zb
Simental (Si)	Ne	1Si1Ne	1Si1Ne	Tc	Zb	1Tc1Zb
An	1An1Ne	3An1Ne	3An1Ne	Tb	1Tb1Zb	3Tb1Zb
An	1Se1Ne	2An1Se1Ne	2An1Se1Ne	Tb	1Ta1Zb	2Tb1Ta1Zb
An	1Si1Ne	2An1Si1Ne	2An1Si1Ne	Tb	1Tc1Zb	2Tb1Tc1Zb
Bo	1An1Ne	2Bo1An1Ne	2Bo1An1Ne	Ta	1Tb1Zb	2Ta1Tb1Zb
Bo	1Se1Ne	2Bo1Se1Ne	2Bo1Se1Ne	Ta	1Ta1Zb	3Ta1Zb
Bo	1Si1Ne	2Bo1Si1Ne	2Bo1Si1Ne	Ta	1Tc1Zb	2Ta1Tc1Zb
Brangus (Br)	Ne	5An11Ne	5An11Ne	5Tb3Zb	Zb	5Tb11Zb
Br	1An1Ne	9An7Ne	9An7Ne	5Tb3Zb	1Tb1Zb	9Tb7Zb
Br	1Se1Ne	5An4Se7Ne	5An4Se7Ne	5Tb3Zb	1Ta1Zb	5Tb4Ta7Zb
Canchim (Ca)	Ne	5Ch11Ne	5Ch11Ne	5Tc3Zb	Zb	5Tc11Zb
Ca	1An1Ne	5Ch4An7Ne	5Ch4An7Ne	5Tc3Zb	1Tb1Zb	5Tc4Tb7Zb
Ca	1Se1Ne	5Ch4Se7Ne	5Ch4Se7Ne	5Tc3Zb	1Ta1Zb	5Tc4Ta7Zb
Ca	1Si1Ne	5Ch4Si7Ne	5Ch4Si7Ne	5Tc3Zb	1Tc1Zb	9Tc7Zb
Ch	1An1Ne	2Ch1An1Ne	2Ch1An1Ne	Tc	1Tb1Zb	2Tc1Tb1Zb
Ch	1Se1Ne	2Ch1Se1Ne	2Ch1Se1Ne	Tc	1Ta1Zb	2Tc1Ta1Zb
Ch	1Si1Ne	2Ch1Si1Ne	2Ch1Si1Ne	Tc	1Tc1Zb	3Tc1Zb
He	1An1Ne	2He1An1Ne	2He1An1Ne	Tb	1Tb1Zb	3Tb1Zb
He	1Se1Ne	2He1Se1Ne	2He1Se1Ne	Tb	1Ta1Zb	2Tb1Ta1Zb
He	1Si1Ne	2He1Si1Ne	2He1Si1Ne	Tb	1Tc1Zb	2Tb1Tc1Zb
Limousin (Li)	1An1Ne	2Li1An1Ne	2Li1An1Ne	Tc	1Tb1Zb	2Tc1Tb1Zb
Li	1Si1Ne	2Li1Si1Ne	2Li1Si1Ne	Tc	1Tc1Zb	3Tc1Zb
Ps	1An1Ne	2Ps1An1Ne	2Ps1An1Ne	Tc	1Tb1Zb	2Tc1Tb1Zb
Ps	1Se1Ne	2Ps1Se1Ne	2Ps1Se1Ne	Tc	1Ta1Zb	2Tc1Ta1Zb

¹ Raça do pai e classe da raça do pai são identificadas pelo primeiro símbolo nos grupos cruzados. Os números nos GGs e nas CGGs representam a proporção de cada raça e classe de raça (ex.: 1An1Ne = 1/2 An + 1/2 Ne; 2Bo1An1Ne = 1/2 Bo + 1/4 An + 1/4 Ne; 2Bo1Se1Ne = 1/2 Bo + 1/4 Se + 1/4 Ne e 1Ta1Zb = 1/2 Ta + 1/2 Zb; 2Ta1Tb1Zb = 1/2 Ta + 1/4 Tb + 1/4 Zb; 3Ta1Zb = 3/4 Ta + 1/4 Zb).

O número de touros utilizados para produzir os animais dos vários grupos genéticos foi: 51, 21, 10, 48, 11, 13, 7, 6, 12, 19 e 14 das raças Angus, Bonsmara, Brangus, Canchim, Charolesa, Hereford, Limousin, Pardo Suíço, Senepol, Simental e Nelore, respectivamente. O número de animais de cada grupo genético variou de acordo com a característica; o número máximo de animais foi: 97, 73, 80, 48, 24, 178, 43, 136, 198, 28, 18, 28, 123, 45, 102, 72, 158, 86, 118 e 49 para Zb, 1Ta1Zb, 2Ta1Tb1Zb, 2Ta1Tc1Zb, 3Ta1Zb, 1Tb1Zb, 2Tb1Ta1Zb, 2Tb1Tc1Zb, 3Tb1Zb, 5Tb4Ta7Zb, 5Tb11Zb, 9Tb7Zb, 1Tc1Zb, 2Tc1Ta1Zb, 2Tc1Tb1Zb, 3Tc1Zb, 5Tc11Zb, 5Tc4Ta7Zb, 5Tc4Tb7Zb e 9Tc7Zb, respectivamente.

Após a classificação dos animais em CGG, quando o arquivo continha animais de mais de uma condição sexual ou mais de um tratamento de alimentação, foi feito ajuste dos dados para a condição sexual de macho e para o tratamento controle, que era o normalmente utilizado na Embrapa Pecuária Sudeste. Para tanto, dependendo do arquivo (projeto de pesquisa), foram feitas análises de variância dentro de arquivo e de CGG, para cada característica estudada, com modelos estatísticos que incluíam os efeitos de ano de nascimento e condição sexual, ou ano de nascimento e tratamento alimentar. Em um arquivo o modelo incluiu apenas condição sexual, pois havia apenas um ano. Após essas análises, dentro de cada arquivo e CGG, foram feitos fatores de correção multiplicativos ajustando os dados para a condição sexual de macho (inteiro ou castrado) ou para o tratamento alimentar básico. Dessa maneira, alguns arquivos ficaram com a condição sexual macho inteiro e outros com a condição macho castrado, fato desconsiderado nas análises posteriores, pois também não houve confundimento com CGG.

Após todos esses ajustes, foi feito arquivo geral com as seguintes variáveis: número do animal, classe de grupo genético (CGG), ano de nascimento e idade ao início do confinamento, além dos valores ajustados de cada característica.

Os dados foram analisados pelo método dos quadrados mínimos utilizando-se um modelo (Modelo I) que incluiu, além dos efeitos fixos de ano de nascimento e idade ao início do confinamento como covariável (efeito linear), as regressões de cada característica sobre os coeficientes apresentados na Tabela 2, para estimar os efeitos aditivos diretos (g_{tb}^i : taurina britânica, g_{tc}^i : continental e g_{ta}^i : adaptada) de grupo da raça e heteróticos individuais (h_{bz}^i : taurina britânica - Zebu; h_{cz}^i : taurina continental -

Zebu; h_{az}^i : taurina adaptada - Zebu; h_{bc}^i : taurina britânica - taurina continental; h_{ba}^i : taurina britânica - taurina adaptada e h_{ca}^i : taurina continental - taurina adaptada) dos grupos de raça, considerando-se o modelo genotípico como sendo aditivo dominante, conforme metodologia proposta por Koger et al. (1975). Os efeitos aditivos maternos e heteróticos maternos não podem ser considerados simultaneamente no modelo, uma vez que, no presente conjunto de dados, não há independência entre esses efeitos, pois a soma dos efeitos maternos de grupo de raças é a metade dos efeitos heteróticos maternos totais (g^m e h_{tot}^m ; Tabela 2), portanto não foram considerados nos modelos. Não foram considerados também os efeitos de perdas epistáticas propostos por Dickerson (1973), por questões de falta de independência com outros efeitos incluídos no modelo. Uma vez que o somatório dos coeficientes dos efeitos aditivos dos grupos de raças é igual a 1 (um), é necessário impor algumas restrições para resolver as equações, estimando-se os efeitos aditivos como desvio de uma das raças, neste caso, a raça Nelore.

Os coeficientes apresentados na Tabela 2, para estimar os efeitos aditivos diretos de grupo da raça (g^i), representam a proporção de genes de cada grupo de raça no animal, e os aditivos maternos (g^m) representam a proporção de genes de cada grupo de raça na vaca. Já para os efeitos heteróticos individuais de raças, os coeficientes refletem as proporções esperadas no indivíduo de locos em heterozigose, ou seja, a proporção esperada de locos com um alelo de um grupo de raça e outro alelo de outro grupo de raça. Por exemplo, a proporção esperada no animal de locos em heterozigose com respeito aos grupos taurino britânico e zebuino, para estimar h_{bz}^i , foi calculado como $(Pg_{Tb}^{pai} \times Pg_{Zb}^{mãe}) + (Pg_{Zb}^{pai} \times Pg_{Tb}^{mãe})$, em que Pg_{Tb} e Pg_{Zb} são as proporções de taurino britânico e de zebuino no indivíduo, respectivamente. Para o efeito heterótico materno total os coeficientes refletem as proporções esperadas na vaca de locos em heterozigose.

Tabela 2. Coeficientes utilizados para estimar os efeitos aditivos diretos e maternos e heteróticos individuais e total materno, de acordo com a classe do grupo genético do bezerro (CGG)

CGG ³	Efeitos aditivos ¹								Efeitos heteróticos ²								
	g_{Zb}^l	g_{Ta}^l	g_{Tb}^l	g_{Tc}^l	g_{Zb}^m	g_{Ta}^m	g_{Tb}^m	g_{Tc}^m	h_{az}^i	h_{bz}^i	h_{cz}^i	h_{ab}^i	h_{ac}^i	h_{bc}^i	h_{tz}^i	h_{tt}^i	h_{tot}^m
Zb	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1Ta1Zb	1/2	1/2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
2Ta1Tb1Zb	1/4	1/2	1/4	0	1/2	0	1/2	0	1/2	0	0	1/2	0	0	1/2	1/2	1
2Ta1Tc1Zb	1/4	1/2	0	1/4	1/2	0	0	1/2	1/2	0	0	0	1/2	0	1/2	1/2	1
3Ta1Zb	1/4	3/4	0	0	1/2	1/2	0	0	1/2	0	0	0	0	0	1/2	0	1
1Tb1Zb	1/2	0	1/2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
2Tb1Ta1Zb	1/4	1/4	1/2	0	1/2	1/2	0	0	0	1/2	0	1/2	0	0	1/2	1/2	1
2Tb1Tc1Zb	1/4	0	1/2	1/4	1/2	0	0	1/2	0	1/2	0	0	0	1/2	1/2	1/2	1
3Tb1Zb	1/4	0	3/4	0	1/2	0	1/2	0	0	1/2	0	0	0	0	1/2	0	1
5Tb4Ta7Zb	7/16	1/4	5/16	0	1/2	1/2	0	0	3/16	5/16	0	5/16	0	0	1/2	5/16	1
5Tb11Zb	11/16	0	5/16	0	1	0	0	0	0	5/8	0	0	0	0	5/8	0	0
9Tb7Zb	7/16	0	9/16	0	1/2	0	1/2	0	0	1/2	0	0	0	0	1/2	0	1
1Tc1Zb	1/2	0	0	1/2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
2Tc1Ta1Zb	1/4	1/4	0	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	1/2	0	1/2	0	1/2	1/2	1
2Tc1Tb1Zb	1/4	0	1/4	1/2	1/2	0	1/2	0	0	0	1/2	0	0	1/2	1/2	1/2	1
3Tc1Zb	1/4	0	0	3/4	1/2	0	0	1/2	0	0	1/2	0	0	0	1/2	0	1
5Tc11Zb	11/16	0	0	5/16	1	0	0	0	0	0	5/8	0	0	0	5/8	0	0
5Tc4Ta7Zb	7/16	1/4	1/4	5/16	1/2	1/2	0	0	3/16	0	5/16	0	5/16	0	1/2	5/16	1
5Tc4Tb7Zb	7/16	0	0	5/16	1/2	0	1/2	0	0	3/16	5/16	0	0	5/16	1/2	5/16	1
9Tc7Zb	7/16	0	0	9/16	1/2	0	0	1/2	0	0	1/2	0	0	0	1/2	0	1

¹ g_{Zb}^l , g_{Ta}^l , g_{Tb}^l , g_{Tc}^l , g_{Zb}^m , g_{Ta}^m , g_{Tb}^m e g_{Tc}^m = efeitos aditivos diretos das classes zebu e taurino adaptado, britânico e continental, e efeitos aditivos maternos das classes zebu e taurino adaptado, britânico e continental, respectivamente. g_{Zb}^l e g_{Zb}^m não foram incluídos nas análises.

² h_{az}^i , h_{bz}^i , h_{cz}^i , h_{ab}^i , h_{ac}^i , h_{bc}^i , h_{tz}^i , h_{tt}^i e h_{tot}^m = efeitos heteróticos individuais entre zebu e taurino adaptado, taurino britânico e taurino continental, entre taurino adaptado e britânico, adaptado e continental, e britânico e continental, entre cruzados taurino e zebuino e cruzados taurino e taurino, e efeito heterótico materno total, respectivamente.

³Zb, Ta, Tb e Tc = Zebu, taurino adaptado, taurino britânico e taurino continental, respectivamente. A classe da raça do pai é identificada pelo primeiro símbolo nos grupos cruzados. Os números nas CGG representam a proporção de cada classe (ex.: 1Ta1Zb = 1/2 Ta + 1/2 Zb; 2Ta1Tb1Zb = 1/2 Ta + 1/4 Tb + 1/4 Zb; 3Ta1Zb = 3/4 Ta + 1/4 Zb).

O modelo matemático I (Modelo I) pode ser assim representado:

$Y_{ikl} = \mu + A_i + b_1(l_k - \bar{l}) + g^{iTa}K_{iT_a} + g^{iT_b}K_{iT_b} + g^{iT_c}K_{iT_c} + h^{iaz}K_{iaz} + h^{ibz}K_{ibz} + h^{icz}K_{icz} + h^{iab}K_{iab} + h^{iac}K_{iac} + h^{ibc}K_{ibc} + e_{ikl}$, em que Y_{ikl} é a observação no indivíduo l , nascido no ano i e da idade no início do confinamento k ; μ é a média geral, A_i é o efeito do i -ésimo ano de nascimento ($i = 1998$ a 2013); b_1 é o coeficiente de regressão linear sobre a idade de entrada no confinamento; g^{iTa} , g^{iT_b} e g^{iT_c} são os efeitos genéticos aditivos diretos (efeitos de raça) de raças taurinas adaptadas, britânicas e continentais em relação ao grupo zebuíno, respectivamente; K_{iT_a} , K_{iT_b} e K_{iT_c} são as proporções de raças taurinas adaptadas, britânicas e continentais no bezerro; h^{iaz} , h^{ibz} , h^{icz} , h^{iab} , h^{iac} e h^{ibc} são os efeitos heteróticos individuais em razão da combinação das raças taurinas adaptadas e zebuína, taurinas britânicas e zebuína, taurinas continentais e zebuína, taurinas adaptadas e britânicas, taurinas adaptadas e continentais e taurinas britânicas e continentais no bezerro, respectivamente; K_{iaz} , K_{ibz} , K_{icz} , K_{iab} , K_{iac} e K_{ibc} são as proporções de locos no bezerro com um gene de taurino adaptado e zebu, taurino britânico e zebu, taurino continental e zebu, taurino adaptado e britânico, taurino adaptado e continental e taurino britânico e continental, respectivamente; e e_{ikl} é o erro aleatório de cada observação.

Em outra análise (Modelo II) os efeitos h^{iaz} , h^{ibz} , h^{icz} , h^{iab} , h^{iac} e h^{ibc} foram substituídos pelos efeitos h^{itz} e h^{itt} , que são a soma dos efeitos heteróticos entre taurino - zebuíno e taurino - taurino, respectivamente, cujo modelo passou a ser:

$Y_{ikl} = \mu + A_i + b_1(l_k - \bar{l}) + g^{iTa}K_{iT_a} + g^{iT_b}K_{iT_b} + g^{iT_c}K_{iT_c} + h^{itz}(K_{iaz} + K_{ibz} + K_{icz}) + h^{itt}(K_{iab} + K_{iac} + K_{ibc}) + e_{ikl}$.

Nas análises, para os efeitos incluídos nos modelos, o nível de probabilidade considerado como estatisticamente significativo foi $P < 0,05$. A estrutura dos dados utilizados é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 - Estatísticas¹ descritivas das características de desempenho, carcaça e carne de animais cruzados terminados em confinamento

Caract. ²	N	Média	Mín.	Máx.	DP	CV (%)
PFIN (kg)	1.706	488,30	308,00	694,80	54,89	11,24
TCON (kg)	1.706	106,74	49,00	216,00	28,36	26,57
GPD (dias)	1.706	1,61	0,45	2,70	0,29	18,0
CMS (kg/dia)	855	10,92	6,10	23,15	2,25	20,60
PCF (kg)	1.706	265,76	162,90	420,10	30,67	11,54
RCF (%)	1.706	0,54	0,43	0,62	0,02	4,23
EGAOL (mm)	1.703	6,30	0,70	22,50	2,83	45,00
AOL (cm)	1.646	70,76	42,50	119,25	11,01	15,57
FC (kgf)	1.526	6,03	1,12	14,22	2,30	38,19
CRA (%)	1.314	77,71	60,01	92,29	5,36	6,90
pH	1.451	5,56	5,12	6,97	0,26	4,61
PPC (%)	1.516	25,65	10,11	57,75	5,46	21,28

¹N, Mín., Máx., DP e CV = número de observações, mínimo, máximo, desvio padrão e coeficiente de variação, respectivamente.

² Característica; PFIN, TCOF, GPD, CMS, PCF, RCF, EGAOL, AOL, FC, CRA, pH e PPC = peso ao final do confinamento, tempo de confinamento, ganho de peso diário no confinamento, consumo de matéria seca diário, peso de carcaça fria, rendimento de carcaça fria, espessura de gordura subcutânea, área de olho de lombo, força de cisalhamento, capacidade de retenção de água, pH e perda por cocção, respectivamente.

Resultados

O ano de nascimento influenciou significativamente ($P < 0,0001$) todas as características estudadas, independentemente do modelo utilizado. Pelo modelo I, a idade inicial influenciou significativamente ($P < 0,0001$) PFIN, TCONF, GPD, PCF, RCF, CMS, EGAOL e pH, além de FC ($P = 0,0013$) e PPC ($P = 0,0036$), mas não teve efeito sobre AOL ($P = 0,8256$) e CRA ($P = 0,3712$). Pelo modelo II, os efeitos foram semelhantes, significativos ($P < 0,0001$) para PFIN, TCONF, GPD, PCF, RCF, CMS, EGAOL, pH e FC, além de PPC ($P = 0,0010$), e não significativo para AOL ($P = 0,5713$) e CRA ($P = 0,2875$). A idade inicial teve efeito positivo sobre PFIN, GPD, CMS, PCF, EGAOL, FC e PPC, e efeito negativo sobre TCON, RCF e pH, pelos dois modelos. Os coeficientes de determinação (R^2) das análises de variância variaram de 0,14 (PPC) a 0,61 (FC) (Tabelas 4, 5 e 6).

Pelo Modelo I, os efeitos aditivos diretos das raças taurinas adaptadas foram positivos e significativos para PFIN ($P < 0,0001$), GPD ($P < 0,0001$), PCF ($P < 0,05$) e EGAOI ($P < 0,0001$), e negativos e significativos para RCF ($P < 0,0001$) e FC ($P < 0,05$) (Tabelas 3, 4 e 5). Para as raças britânicas os efeitos aditivos diretos foram positivos

e significativos para PFIN ($P < 0,0001$), GPD ($P < 0,0001$) e PCF ($P < 0,01$), e foram negativos e significativos para TCONF ($P < 0,001$), RCF ($P < 0,01$) e FC ($P < 0,05$). Para as raças continentais os efeitos aditivos diretos foram positivos e significativos ($P < 0,0001$) para PFIN, GPD, PCF, AOL e pH, negativos e significativos para TCONF ($P < 0,0001$), FC ($P < 0,05$) e PPC ($P < 0,05$). Os efeitos heteróticos diretos entre as raças taurinas e a Nelore foram positivos e significativos ($P < 0,05$ a $P < 0,0001$) para PFIN ($h_{bz}^i; h_{cz}^i$), TCONF (h_{cz}^i), GPD (h_{bz}^i), CMS (h_{bz}^i), PCF ($h_{bz}^i; h_{cz}^i$), RCF ($h_{az}^i; h_{bz}^i$), EGAOI ($h_{bz}^i; h_{cz}^i$), AOL ($h_{az}^i; h_{bz}^i; h_{cz}^i$), FC ($h_{bz}^i; h_{cz}^i$), CRA ($h_{az}^i; h_{bz}^i$) e pH ($h_{az}^i; h_{bz}^i$), e negativos e significativos ($P < 0,05$ ou $P < 0,01$) para TCON ($h_{az}^i; h_{bz}^i$), GPD (h_{az}^i) e EGAOL (h_{az}^i) (Tabelas 4, 5 e 6). Os efeitos heteróticos diretos entre as raças taurinas foram significativos ($P < 0,05$) para CMS (h_{bc}^i ; positivo), RCF (h_{bc}^i ; negativo), EGAOL ($h_{ab}^i; h_{ac}^i; h_{bc}^i$; negativos), AOL ($h_{ab}^i; h_{ac}^i$; positivos); FC (h_{ac}^i ; positivo); CRA (h_{bc}^i ; negativo) e pH (h_{bc}^i ; negativo) (Tabelas 4, 5 e 6).

Pelo modelo II, houve mudanças nos valores de alguns efeitos aditivos diretos (Tabelas 4, 5 e 6). Assim, g_{Ta}^i passou a ser significativo para TCON, g_{Tc}^i deixou de ser significativo para TCON, g_{Ta}^i deixou de ser significativo para PCF, g_{Tb}^i passou a ser significativo para EGAOL, g_{Ta}^i e g_{Tb}^i passaram a ser significativos para AOL e pH, g_{Tc}^i passou a ser significativo para CRA, e g_{Ta}^i passou a ser significativo para PPC. Houve tendência de os efeitos heteróticos taurino-zebuíno e taurino-taurino apresentarem o mesmo sinal (positivo ou negativo) e nível de significância daqueles estimados pelo modelo I. Assim, os efeitos heteróticos taurino-zebuíno foram positivos e estatisticamente significativos para PFIN, PCF, RCF, EGAOL, AOL, FC, CRA e pH, e negativo para TCON. Os efeitos heteróticos taurino-taurino foram positivos e significativos para PFIN, TCON, CMS, AOL e PPC, e negativos para RCF, EGAOL e pH (Tabelas 4, 5 e 6).

Tabela 4 - Efeitos aditivos diretos (g^i) e heteróticos individuais (h^i) para características² de desempenho em confinamento de animais cruzados, de acordo com o modelo

Efeito ¹	PFIN	TCON	GPD	CMS
Modelo I				
g^i_{Ta}	78,68 ± 18,06 ^{0,0001}	-6,72 ± 8,05 ^{0,4036}	0,527 ± 0,111 ^{0,0001}	1,431 ± 0,829 ^{0,0848}
g^i_{Tb}	44,19 ± 10,17 ^{0,0001}	-15,91 ± 4,53 ^{0,0005}	0,504 ± 0,062 ^{0,0001}	0,008 ± 0,635 ^{0,9900}
g^i_{Tc}	77,65 ± 13,60 ^{0,0001}	-26,26 ± 6,06 ^{0,0001}	0,649 ± 0,083 ^{0,0001}	1,060 ± 0,733 ^{0,1484}
h^i_{az}	5,92 ± 11,26 ^{0,5990}	-12,29 ± 5,01 ^{0,0144}	-0,138 ± 0,069 ^{0,0452}	-0,308 ± 0,639 ^{0,6296}
h^i_{bz}	58,22 ± 7,04 ^{0,0001}	-7,65 ± 2,73 ^{0,0051}	0,127 ± 0,038 ^{0,0007}	1,152 ± 0,437 ^{0,0085}
h^i_{cz}	45,73 ± 8,04 ^{0,0001}	13,58 ± 3,58 ^{0,0002}	-0,083 ± 0,049 ^{0,0938}	-0,058 ± 0,490 ^{0,9059}
h^i_{ab}	-2,85 ± 11,41 ^{0,8026}	5,87 ± 5,08 ^{0,2486}	0,005 ± 0,070 ^{0,9400}	0,076 ± 0,599 ^{0,8994}
h^i_{ac}	-5,12 ± 12,29 ^{0,6768}	1,23 ± 5,47 ^{0,8216}	-0,137 ± 0,075 ^{0,0683}	0,054 ± 0,648 ^{0,9338}
h^i_{bc}	5,77 ± 7,04 ^{0,4123}	2,89 ± 3,13 ^{0,3572}	-0,003 ± 0,043 ^{0,9419}	0,920 ± 0,363 ^{0,0115}
R^2	0,47	0,60	0,30	0,44
Modelo II				
g^i_{Ta}	34,41 ± 10,32 ^{0,0009}	-12,75 ± 4,63 ^{0,0060}	0,314 ± 0,063 ^{0,0001}	0,473 ± 0,560 ^{0,3988}
g^i_{Tb}	65,93 ± 8,88 ^{0,0001}	-17,32 ± 3,99 ^{0,0001}	0,642 ± 0,055 ^{0,0001}	0,757 ± 0,554 ^{0,1719}
g^i_{Tc}	85,52 ± 10,13 ^{0,0001}	-3,12 ± 4,55 ^{0,4929}	0,522 ± 0,062 ^{0,0001}	0,569 ± 0,614 ^{0,35423}
h^i_{tz}	43,49 ± 5,00 ^{0,0001}	-3,93 ± 2,25 ^{0,0800}	0,023 ± 0,031 ^{0,4617}	0,487 ± 0,348 ^{0,1623}
h^i_{tt}	7,34 ± 6,14 ^{0,2321}	0,67 ± 2,76 ^{0,8075}	0,028 ± 0,038 ^{0,4460}	0,723 ± 0,324 ^{0,0262}
R^2	0,46	0,59	0,28	0,43

¹Ta, Tb e Tc = taurino adaptado, taurino britânico e taurino continental, respectivamente; az, bz, cz, ab, ac, bc, tz e tt = taurino adaptado – zebu, taurino britânico – zebu, taurino continental – zebu, taurino adaptado – taurino britânico, taurino adaptado – taurino continental, taurino britânico – taurino continental, taurino – zebu e taurino – taurino, respectivamente.

²Característica; PFIN, TCON, GPD e CMS = peso ao final do confinamento, tempo de confinamento, ganho de peso diário no confinamento e consumo de matéria seca diário, respectivamente.

Tabela 5 - Efeitos aditivos diretos (g^i) e heteróticos individuais (h^i) para características² de carcaça de animais cruzados, de acordo com o modelo

Modelo I				
Efeito ¹	PCF	RCF	EGAOL	AOL
g^i_{Ta}	23,19 ± 10,97 ^{0,0347}	-0,039 ± 0,007 ^{0,0001}	6,108 ± 1,056 ^{0,0001}	2,87 ± 3,98 ^{0,4711}
g^i_{Tb}	18,38 ± 6,17 ^{0,0030}	-0,012 ± 0,004 ^{0,0053}	0,959 ± 0,594 ^{0,1064}	3,92 ± 2,32 ^{0,0909}
g^i_{Tc}	44,36 ± 8,26 ^{0,0001}	0,005 ± 0,0055 ^{0,3878}	-1,522 ± 0,795 ^{0,0556}	20,16 ± 3,07 ^{0,0001}
h^i_{az}	12,45 ± 6,84 ^{0,0688}	0,016 ± 0,004 ^{0,0006}	-1,903 ± 0,660 ^{0,0040}	5,09 ± 2,49 ^{0,0413}
h^i_{bz}	35,65 ± 3,72 ^{0,0001}	0,005 ± 0,002 ^{0,0504}	1,552 ± 0,358 ^{0,0001}	7,16 ± 1,39 ^{0,0001}
h^i_{cz}	27,41 ± 4,88 ^{0,0001}	0,001 ± 0,003 ^{0,7359}	1,085 ± 0,470 ^{0,0211}	6,15 ± 1,80 ^{0,0006}
h^i_{ab}	3,85 ± 6,93 ^{0,5780}	0,009 ± 0,005 ^{0,0559}	-1,629 ± 0,666 ^{0,0146}	6,54 ± 2,55 ^{0,0104}
h^i_{ac}	-4,42 ± 7,46 ^{0,5780}	-0,005 ± 0,005 ^{0,2939}	-4,392 ± 0,718 ^{0,0001}	5,44 ± 2,74 ^{0,0474}
h^i_{bc}	-2,13 ± 4,27 ^{0,6182}	-0,012 ± 0,003 ^{0,0001}	-1,302 ± 0,411 ^{0,0016}	-1,21 ± 1,59 ^{0,4461}
R ²	0,37	0,51	0,32	0,36
Modelo II				
g^i_{Ta}	8,12 ± 6,25 ^{0,1942}	-0,021 ± 0,004 ^{0,0001}	2,400 ± 0,606 ^{0,0001}	6,23 ± 2,31 ^{0,0071}
g^i_{Tb}	29,84 ± 5,38 ^{0,0001}	-0,012 ± 0,004 ^{0,0006}	2,262 ± 0,522 ^{0,0001}	6,19 ± 2,02 ^{0,0022}
g^i_{Tc}	45,21 ± 6,14 ^{0,0001}	-0,003 ± 0,004 ^{0,4161}	-1,144 ± 0,595 ^{0,0548}	21,02 ± 2,30 ^{0,0001}
h^i_{tz}	27,87 ± 3,03 ^{0,0001}	0,005 ± 0,002 ^{0,0085}	0,840 ± 0,294 ^{0,0044}	5,57 ± 1,14 ^{0,0001}
h^i_{tt}	1,12 ± 3,72 ^{0,7635}	-0,007 ± 0,002 ^{0,0055}	-1,423 ± 0,360 ^{0,0001}	1,23 ± 1,38 ^{0,3733}
R ²	0,36	0,50	0,30	0,35

¹Ta, Tb e Tc = taurino adaptado, taurino britânico e taurino continental, respectivamente; az, bz, cz, ab, ac, bc, tz e tt = taurino adaptado – zebu, taurino britânico – zebu, taurino continental – zebu, taurino adaptado – taurino britânico, taurino adaptado – taurino continental, taurino britânico – taurino continental, taurino – zebu e taurino – taurino, respectivamente.

²Característica; PCF, RCF, EGAOL e AOL = peso de carcaça fria, rendimento de carcaça fria, espessura de gordura subcutânea e área de olho de lombo, respectivamente.

Tabela 6 - Efeitos aditivos diretos (g^i) e heteróticos individuais (h^i) para características² de carcaça de animais cruzados, de acordo com o modelo

Modelo I				
Efeito ¹	FC	CRA	pH	PPC
g^i_{Ta}	$-1,56 \pm 0,66^{0,0180}$	$0,01 \pm 1,76^{0,9975}$	$-0,05 \pm 0,08^{0,5171}$	$-3,66 \pm 2,32^{0,1144}$
g^i_{Tb}	$-0,95 \pm 0,38^{0,0134}$	$1,76 \pm 1,14^{0,1240}$	$0,09 \pm 0,05^{0,0606}$	$-1,66 \pm 1,35^{0,2202}$
g^i_{Tc}	$-1,00 \pm 0,51^{0,0483}$	$2,59 \pm 1,41^{0,0678}$	$0,34 \pm 0,06^{0,0001}$	$-4,39 \pm 1,78^{0,0141}$
h^i_{az}	$0,83 \pm 0,43^{0,0529}$	$2,49 \pm 1,15^{0,0313}$	$0,20 \pm 0,05^{0,0002}$	$1,07 \pm 1,51^{0,4756}$
h^i_{bz}	$0,75 \pm 0,24^{0,0021}$	$1,87 \pm 0,81^{0,0211}$	$0,11 \pm 0,03^{0,0008}$	$0,97 \pm 0,86^{0,2602}$
h^i_{cz}	$0,83 \pm 0,31^{0,0080}$	$1,46 \pm 1,03^{0,1575}$	$-0,08 \pm 0,04^{0,0585}$	$1,21 \pm 1,11^{0,2775}$
h^i_{ab}	$0,63 \pm 0,41^{0,1259}$	$0,28 \pm 1,07^{0,7916}$	$-0,04 \pm 0,05^{0,4441}$	$0,67 \pm 1,44^{0,6444}$
h^i_{ac}	$1,30 \pm 0,44^{0,0035}$	$0,97 \pm 1,15^{0,3996}$	$-0,07 \pm 0,06^{0,2360}$	$2,89 \pm 1,56^{0,0636}$
h^i_{bc}	$0,25 \pm 0,25^{0,3140}$	$-1,28 \pm 0,66^{0,0508}$	$-0,13 \pm 0,03^{0,0001}$	$1,63 \pm 0,89^{0,0666}$
R^2	0,61	0,52	0,50	0,14
Modelo II				
g^i_{Ta}	$-1,02 \pm 0,38^{0,0076}$	$1,83 \pm 1,08^{0,0901}$	$0,11 \pm 0,05^{0,0271}$	$-3,50 \pm 1,34^{0,0092}$
g^i_{Tb}	$-0,92 \pm 0,33^{0,0060}$	$1,81 \pm 1,02^{0,0761}$	$0,11 \pm 0,04^{0,0135}$	$-1,82 \pm 1,18^{0,1237}$
g^i_{Tc}	$-0,76 \pm 0,38^{0,0473}$	$2,33 \pm 1,18^{0,0493}$	$0,15 \pm 0,05^{0,0038}$	$-3,87 \pm 1,36^{0,0045}$
h^i_{tz}	$0,69 \pm 0,20^{0,0005}$	$1,64 \pm 0,67^{0,0155}$	$0,08 \pm 0,03^{0,0020}$	$0,99 \pm 0,70^{0,1563}$
h^i_{tt}	$0,40 \pm 0,22^{0,0675}$	$-0,77 \pm 0,57^{0,1815}$	$-0,09 \pm 0,03^{0,0020}$	$1,52 \pm 0,77^{0,0507}$
R^2	0,61	0,52	0,49	0,14

¹Ta, Tb e Tc = taurino adaptado, taurino britânico e taurino continental, respectivamente; az, bz, cz, ab, ac, bc, tz e tt = taurino adaptado – zebu, taurino britânico – zebu, taurino continental – zebu, taurino adaptado – taurino britânico, taurino adaptado – taurino continental, taurino britânico – taurino continental, taurino – zebu e taurino – taurino, respectivamente.

²Característica; FC, CRA, pH e PPC = força de cisalhamento, capacidade de retenção de água, pH e perda por cocção, respectivamente.

Discussão

Quanto aos efeitos não genéticos incluídos nos modelos, os efeitos significativos de ano eram esperados, principalmente, em razão de variações no manejo antes e durante o confinamento, que possam ter ocorrido, de ano para ano. Também se esperava efeito significativo da idade ao início do confinamento, favorecendo as características de desempenho durante o confinamento e aquelas de carcaça ligadas ao tamanho do animal, uma vez que o aumento da idade inicial está diretamente relacionado à idade de abate dos animais. Estudos com animais confinados, cruzados Nelore e Angus, obtiveram resultados significativos dos efeitos de ano e de idade ao início de confinamento, para características de crescimento e de carcaça, mostrando que tanto o clima como ações de hormônios em animais mais

jovens, podem levar a diferenças nas produções (Kreikemeier e Mader, 2004; Bretschneider, 2005),

Os coeficientes de determinação (R^2) das análises de variância indicam que os modelos explicaram acima de 50% da variação existente em TCON, RCF, FC e CRA, de 40% a 50% da variação existente em PFIN, CMS e pH, mas que não explicaram boa parte da variação em GPD, PCF, EGAOL, AOL e, principalmente, PPC (Tabelas 4, 5 e 6).

Quanto aos modelos I e II, os coeficientes de determinação foram muito semelhantes para ambos, para todas as características, indicando que a substituição dos efeitos heteróticos de cada par de grupos de raças (Modelo I, completo) pelos efeitos agrupados taurino-zebuíno e taurino-aurino (Modelo II, simplificado) teve pouco efeito sobre a porcentagem de variação explicada. Apesar dessa semelhança nos R^2 , quando a redução nas somas de quadrados dos resíduos (SQR do modelo II - SQR do modelo I) dos dois modelos foi testada, dividindo-se os quadrados médios do resíduo da redução (II-I) pelos quadrados médios do resíduo do modelo I, observou-se diferença significativa ($P < 0,05$) para PFIN, TCON, GPD, PCF, RCF, EGAOL, AOL e pH, indicando que o modelo I foi melhor que o modelo II para essas características. Entretanto, a razão entre a SQR da redução e a variação total foi, em geral, muito pequena, 0,6% para PFIN, 1,1% para TCON, 1,1% para GPD, 0,5% para PCF, 0,5% para RCF, 0,6% para CMS, 1,5% para EGAOL, 0,6% para AOL, 0,2% para FC, 0,1% para CRA, 0,9% para pH e 0,1% para PPC. Além disso, a razão entre a SQR da redução e a SQR do modelo I foi de 1,1% para PFIN, 2,9% para TCON, 1,6% para GPD, 0,9% para PCF, 1,1% para RCF, 1,1% para CMS, 2,2% para EGAOL, 0,9% para AOL, 0,4% para FC, 0,3% para CRA, 1,8% para pH e 0,2% para PPC. Portanto, apesar de haver diferenças entre os modelos, eles são muito semelhantes em explicar a variação nas características estudadas.

Houve diferenças nas estimativas dos efeitos aditivos diretos obtidas pelos dois modelos para todas as características estudadas. É possível que a junção dos efeitos heteróticos em heteróticos taurino-zebuíno e taurino-aurino tenha tirado algum “confundimento” entre efeitos, principalmente com as raças taurinas adaptadas, modificando as estimativas dos efeitos aditivos diretos.

Em razão da escassez de trabalhos na área, efeitos aditivos e heteróticos para as características estudadas, trabalhos relacionados à comparação do desempenho de grupos serão utilizados na discussão. Também, para facilitar, a discussão será feita com base nos resultados do modelo II.

Na análise pelo modelo II, o ganho de peso no confinamento (GPD) e o peso de abate (PFIN) foram influenciados positivamente pela presença de taurino no animal, tanto para os taurinos adaptados (g_{Ta}^i) quanto para os britânicos (g_{Tb}^i) e continentais (g_{Tc}^i), mas com maior efeito para as raças não adaptadas (Tabela 4). Leal et al. (2018) também verificaram efeitos aditivos diretos positivos das raças Angus, Hereford e Caracu, em relação à raça Nelore, para o peso final, mas apenas das raças Angus e Hereford para o ganho diário, após fase de acabamento. Silva (2016), trabalhando com grupos genéticos 3/4 continentais e 3/4 britânicos, destacaram que os resultados dos continentais foram superiores aos britânicos para peso inicial e peso final, com menor tempo de permanência no confinamento. Em relação ao tempo de confinamento, Metz et al. (2009) concluíram que animais mestiços mais leves e de menor porte ao início do ciclo de terminação tendem a ter um maior tempo no confinamento. Neste trabalho, o efeito aditivo das raças continentais foi ligeiramente superior ao das raças britânicas para o peso final, mas não para o ganho de peso diário e para o tempo de confinamento.

Para o ganho de peso diário, Silveira et al. (2008), trabalhando com oito grupos genéticos resultantes de cruzamentos de Charolês e Nelore, com novilhos castrados e mantidos em confinamento, obtiveram maior ganho de peso para os animais com maior porcentagem de Charolês. Aluísio Filho et al. (2017), considerando avaliações com bovinos em confinamento, verificaram que os grupos Aberdeen Angus e Nelore obtiveram 1,50 kg/dia e 1,33 kg/dia, respectivamente, durante os 124 dias do confinamento, tendo sido constatada diferença estatisticamente significativa ($P < 0,05$). Vieira (2015) ressalta a importância do fator racial e destaca valores para grupos genéticos Bonsmara, Brangus e Canchim de GPD de 1,79 kg/dia, 1,87 kg/dia e 1,53 kg/dia, respectivamente. Os resultados obtidos neste trabalho, em que os efeitos aditivos das raças taurinas foram positivos para o ganho de peso diário em confinamento, concordam com os resultados obtidos pelos autores citados.

Para o consumo de matéria seca diário, como estudado (consumo bruto), esperava-se que os efeitos aditivos das raças taurinas fossem positivos e significativos, em razão dos efeitos positivos para PFIN e GPD. De fato, Goulart et al. (2008), em seu estudo com diversos grupos genéticos provenientes de cruzamento com o Nelore, fizeram as comparações de ganho de peso e relacionaram com o maior consumo de matéria seca. Neste trabalho, entretanto, os efeitos aditivos não foram significativos (Tabela 4). É possível que os resultados sejam diferentes se o consumo for expresso em 100 kg de peso final ou de peso de carcaça.

Na avaliação de medidas relacionadas à carcaça, animais de raças britânicas, como a Hereford e a Angus, são animais que possuem gordura bem distribuída na carcaça e carnes com aspectos de marmorização, e apresentam similaridade na composição física da carcaça, em razão da proximidade quanto à origem e à aptidão (Brondani et al., 2006). De Rouen et al. (1992), trabalhando com as raças Brangus, Charolesa, Angus e Hereford, em cruzamento rotacionado de duas, três ou quatro dessas raças, concluíram que os cruzamentos incluindo a raça Charolesa aumentaram o peso da carcaça e o rendimento dos cortes cárneos, enquanto a combinação de Angus e Hereford em cruzamentos aumentou as médias relativas às características de carcaça associadas às medidas de gordura, como mármore e espessura de gordura.

Neste trabalho, os efeitos aditivos diretos para peso de carcaça fria, em relação à raça Nelore, pela análise utilizando o modelo II, foram maiores para as raças continentais, seguidos das raças britânicas e foram não significativos para as raças taurinas adaptadas (Tabela 5). Já para a espessura de gordura, os efeitos aditivos diretos foram positivos para as raças taurinas adaptadas e britânicas e negativos, porém apenas aproximando do nível de significância de 0,05%, para as continentais, concordando com Ribeiro (2000) que observou que raças britânicas apresentaram maior tendência de acúmulo de gordura que as continentais, apresentando os animais 3/4 britânico superioridade, com cerca de três mm a mais que os animais 3/4 continental. Para AOL, característica relacionada ao tamanho, neste trabalho, as três estimativas de efeitos aditivos diretos em relação ao Nelore foram positivas, mas muito maior para as raças continentais. Bergen et al. (1997), comparando raças continentais (Simental e Charolês) e britânicas (Shorthorn, Aberdeen Angus e Hereford),

observaram maiores valores de AOL nas raças continentais. Prado et al. (2004) obtiveram para os grupos genéticos estudados as seguintes médias em grupos: $\frac{1}{2}$ Limousin + $\frac{1}{2}$ Nelore apresentaram a maior média (66,41cm²), seguido pelo grupo $\frac{1}{2}$ Canchim + $\frac{1}{2}$ Nelore (58,20 cm²), e os grupos Brangus e Nelore, apresentaram as menores médias, 54,63cm² e 51,46 cm², respectivamente. Os resultados obtidos neste estudo para os efeitos aditivos de grupos de raças, estão de acordo com a natureza das classes de raças utilizadas, as continentais são maiores, com menos gordura, as britânicas são de tamanho médio, com mais gordura, e as adaptadas são mais próximas das britânicas nesses aspectos, pelas raças que as compõem.

O peso de carcaça quente e os rendimentos se relacionam com o valor comercial para o produtor e são medidas de interesse para o frigorífico, para a avaliação do produto adquirido e dos custos operacionais (Restle et al., 1999a; Costa et al. 2002). Pacheco et al. (2005) obtiveram o peso de carcaça quente oscilando entre 239,25 kg e 242,52 kg e o de carcaça fria entre 232,38 kg e 233,52 kg, sendo que os novilhos $\frac{5}{8}$ Nelore + $\frac{3}{8}$ Charolês super jovens apresentaram maiores rendimentos de carcaça quente (57,51% vs. 54,10%) e fria (54,84% vs. 52,62%) que os $\frac{5}{8}$ Charolês + $\frac{3}{8}$ Nelore, enquanto na categoria jovem a relação foi 55,43% vs. 53,84%. Neste trabalho, os efeitos aditivos diretos foram negativos e significativos para as raças taurinas adaptadas e britânicas, mas não para as continentais, indicando que o rendimento de carcaça é melhor para a raça Nelore, em comparação aos dois primeiros grupos de raças. É possível que esses dois grupos de raças tenham mais gordura na carcaça em relação ao Nelore, conforme indicado pela EGAOL, o que não aconteceu com o grupo das continentais.

Os efeitos aditivos diretos dos grupos de raças taurinas em relação à raça Nelore para a força de cisalhamento foram todos negativos e significativos, indicando que a presença de taurino no animal melhora a maciez da carne (Tabela 6). Quanto a essa característica, vários autores atestam que a maciez da carne aumenta com o aumento da proporção de taurino no animal, entre eles, Restle et al. (1999b), que observaram redução na força de cisalhamento de animais $\frac{1}{4}$ Hereford + $\frac{3}{4}$ Nelore em comparação com animais 100% Hereford. Ferrari (2016), que utilizou parte dos dados utilizados neste trabalho, obteve os maiores valores de força de cisalhamento para os filhos de touros da raça Canchim em comparação com os filhos de touros das raças

Brangus e Bonsmara. Uma possível explicação, segundo o autor, pode ser em razão da proporção de taurino nos filhos de touros da raça Bonsmara e de alguma possível diferença entre o Angus e o Charolês, no caso dos filhos de touros da raça Brangus. Climaco et al. (2011) obtiveram resultados de maciez para os grupos genéticos 1/2 Bonsmara + 1/2 Nelore e 1/2 Bonsmara + 1/4 Red Angus + 1/4 Nelore de 5,6 e 4,6, respectivamente, obtendo o melhor resultado com animais pertencentes ao grupo genético com composição britânica.

Para a capacidade de retenção de água (CRA) apenas o efeito aditivo direto das raças taurinas continentais foi significativo, indicando maior retenção de água para esse grupo de animais em relação ao Nelore. Feijó (2019) obteve valores superiores em novilhos Brangus em relação aos Angus e intermediários para Braford, com valores de 555,1 g/kg; 591,6 g/kg e 576,1 g/kg, respectivamente.

Com respeito à perda por cocção, os efeitos aditivos foram significativos apenas para as raças taurinas adaptadas e as continentais, mostrando menores perdas para esses grupos em relação ao Nelore (Tabela 6). Climaco et al. (2011) observaram que perdas na cocção não diferiram ($P > 0,05$) entre os grupos genéticos 1/2 Bonsmara + 1/2 Nelore e 1/2 Bonsmara + 1/4 Red Angus + 1/4 Nelore, e animais puros Bonsmara e Tabapuã, sendo os valores de 34,9%; 32,2%; 33,3% e 35,1%, respectivamente. Ribeiro et al. (2008) obtiveram os valores de 29,9%; 30,8% e 26,3% para animais dos grupos genéticos Nelore, 1/2 Guzerá + 1/2 Nelore e 1/2 Brahman + 1/2 Nelore, respectivamente.

Os efeitos heteróticos taurino-zebuíno foram positivos e significativos para PFIN, PCF, RCF, EGAOL, AOL, FC, CRA e pH, mas não significativos para TCON, GPD, CMS e PPC (Tabelas 4, 5 e 6). Leal et al. (2018), para as raças Angus, Caracu, Hereford e Nelore, verificaram efeitos heteróticos taurino-zebuíno positivos para PFIN e GPD. Quanto à combinação taurino-taurino os efeitos heteróticos foram significativos para CMS, positivo, e RCF, EGAOL e pH, negativos (Tabelas 4, 5 e 6). Já, Leal et al. (2018) encontraram efeitos heteróticos taurino-taurino positivos e significativos para PFIN e GPD. O trabalho de Leal et al. (2018) foi realizado na região Sul do País, em Bagé, RS, onde as raças taurinas são mais adaptadas do que a Nelore, situação que não ocorre no local onde foi realizado este trabalho. Neste trabalho, a distância genética entre as raças (taurinas e a Nelore) foi muito importante

para determinar a importância da heterose para a maioria das características estudadas.

Restle et al. (2002) e Rotta et al. (2009) citaram que a superioridade dos animais britânicos e continentais em relação ao Zebu pode ser explicada pela pressão de seleção e pela elevada taxa de ganho em peso, que se manifesta, principalmente, com boas condições alimentares, condições observadas neste trabalho em sistema de confinamento.

Segundo Klont et al. (2011), 30% da variação na maciez da carne entre as raças pode ser explicada pelos efeitos genéticos aditivos, sendo 70% explicado pelo meio e por efeitos genéticos não aditivos. Portanto, a maciez pode ser aumentada significativamente quando fatores ambientais como estresse, resfriamento, condições de cozimento, ou o próprio processo de maturação, são controlados.

Silva (2016) concluiu que, para as características de tamanho, os animais 3/4 continental foram superiores e para a característica de acabamento, os animais com maior porcentagem de raças britânicas foram superiores. A superioridade do 3/4 continental em relação ao 3/4 britânico deve-se às diferenças de efeitos aditivos diretos do continental e do britânico, diferenças entre os efeitos heteróticos individuais do continental-zebu e do britânico-zebu, diferenças entre os efeitos aditivos maternos do continental e do britânico e a diferença entre os efeitos heteróticos maternos do continental-zebu e do britânico-zebu.

Neste estudo, ambos os efeitos aditivos diretos de raças taurinas e os heteróticos individuais taurino-zebuíno foram importantes para a maioria das características estudadas.

Conclusões

O cruzamento da raça Nelore com raças taurinas adaptadas, britânicas e continentais pode ser usado para produzir animais com melhor desempenho em confinamento, principalmente para características de peso de abate, ganho de peso, peso de carcaça fria, área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea, mas sem ganhos no rendimento de carcaça fria e na força de cisalhamento da carne no dia zero de maturação. Entre os taurinos, as maiores vantagens ocorrem na utilização

das raças britânicas e continentais, para algumas das características avaliadas. Esses benefícios são tanto em função dos efeitos aditivos diretos das raças taurinas em relação ao Nelore quanto dos efeitos heteróticos entre taurino e zebuíno.

Referências

- Alencar MM (2004) Utilização de cruzamentos industriais na pecuária de corte tropical. In: Simpósio sobre Bovinocultura de Corte, 5. **Anais...** Piracicaba: FEALQ p. 149-170.
- Alencar MM, Barbosa PF (2010) Melhoramento genético de gado de corte no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, 8. Melhoramento animal no Brasil: uma visão crítica - **Anais...** Maringá: SBMA, 9 p.
- Abdel-aziz M, Schoeman SJ, Jordaan GF (2003) Estimation of additive, maternal and non-additive genetic effects of preweaning growth traits in a multibreed beef cattle project. **ANIMAL SCIENCE JOURNAL**, V.74, p.169-179.
- Aluísio Filho A, Silva WV, Vasconcelos BF, Taveira RZ, Carvalho FE, (2017) **Ganho em peso médio diário de diferentes grupos genéticos de bovinos de corte**, PUBVET medicina veterinária e zootecnia, v.11, p.87-90.
- Bergen RD, Mckinnon JJ, Christensen DA, Kohle N, Belanger, A (1997) Use of real-time ultrasound to evaluate live animal carcass traits in young performance-tested beef bulls. **Journal of Animal Science**.v. 75 p. 2300-2307.
- Bretschneider G (2005) Effects of age and method of castration on performance and stress response of beef male cattle: A Review. **Livestock Production Science**. v.97 p.89-100.
- Brondani IL, Sampaio AAM, Restle J, Alves Filho DC, Freitas LS, Amaral GA, Silveira MF, Cezimbra IM (2006) 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, p. 2034- 2042.
- Costa EC, Restle J, Vaz FN et al. (2002) Características da carcaça de novilhos Red Angus super precoces abatidos com diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.119-128.
- Climaco SM, Ribeiro ELA, Mizubuti IY, et al. (2011). Características de carcaça e qualidade da carne de bovinos de corte de quatro grupos genéticos terminados em confinamento **R. Bras. Zootec.**, v.40, p.2791-2798.
- Dickerson GE (1973) Inbreeding and heterosis in animals. In: PROCEEDINGS OF THE ANIMAL BREEDING AND GENETICS SYMPOSIUM IN HONOR OF Dr. J. L. Lush. Am. Soc. Anim. Sci., p.54-77.
- De Rouen SM, Franke De, Bidner TD, Blouin DC. (1992) Two- three-, and four breed rotational crossbreeding of beef cattle: carcass traits. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 3665-3676.

Euclides Filho K (1996) **Melhoramento genético e os seus cruzamentos em bovinos de corte**. CAMPO GRANDE: EMBRAPA-CNPGC, 35P.

Feijó FD (2019) **Avaliação qualitativa e quantitativa da carcaça e da carne de raças bovinas**. 104 f. Dissertação (doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Ferrari FB (2016) **Desempenho de bovinos cruzados terminados em confinamento e qualidade dos músculos longissimus e semitendinosus in natura e maturados**. 81 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

Goulart RS, Alencar MM, Pott EB, Cruz GM, Tullio RR, Alleoni GF, Lanna DPD (2008) Composição corporal e exigências líquidas de proteína e energia de bovinos de quatro grupos genéticos terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.926-935, 2008

Klont RE, Barnier VMH, Dijk AV, Smulders FJM, Hoving-Bolink AH, Hulsegge B, Eikelenboom G (2011) Effects of rate pH fall, time of deboning, aging period, and their interaction on veal quality characteristics. **Journal of Animal Science**, v.78, p.1845-1851.

Koger M, Peacock FM, Kirk WG, Crockett JR (1975) Heterosis effects on weaning performance of Brahman-Shorthorn calves. **J. Anim. Sci.**, v.40, p.826-833.

kreikemeier WM, Mader, TL (2004) Effects of growth-promoting agents and season on yearling feedlot heifer performance. **J. Anim. Sci.** p. 2481-2488.

Leal WS, MacNeil MD, Carvalho HG, Vaz RZ, Cardoso FF (2018) Direct and maternal breed additive and heterosis effects on growth traits of beef cattle raised in southern Brazil. **J. Anim. Sci.**, v.96, p.2536-2544.

Metz PAM, Menezes LFGD, Arboitte MZ, Brondani, IL, Restle J, Callegaro AM (2009) Influência do peso ao início da terminação sobre as características de carcaça e da carne de novilhos mestiços Nelorex Charolês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 2, p. 346-353.

Pacheco PS, Silva JHS, Restle J, Arboitte MZ, Brondani IL, Filho DCA, Freitas AK (2005). Características quantitativas da carcaça de novilhos jovens e super jovens de diferentes grupos genéticos¹. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, 1667-1677.

Pereira JCC (2004) Melhoramento genético aplicado à produção animal. 4.ed. Belo horizonte: fepmvz editora, p. 609.

Prado CS, Pádua JT, Corrêa MPAC, Ferraz JBS, et al. (2004) Comparação de diferentes métodos de avaliação da área de olho de lombo e cobertura de gordura em bovinos de corte. **Ciência Animal Brasileira**, 5(3), 141-148

Restle J, Brondani IL, Bernardes RAC (1999a) O novilho super precoce. Confinamento, pastagens e suplementação para produção de bovinos de corte. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, p.191-214.

Restle J, Pascoal LL, Faturi C, Alves Filho DC, Brondani IL, Pacheco PS, Peixoto LAO (2002). Efeito do grupo genético e da heterose nas características quantitativas da carcaça de vacas de descarte terminadas em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 31: 350-362.

Restle J, Vaz FN, Quadros ARB, Müller L (1999b) Características 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.

Ribeiro ELA, Hernandez JA, Zanella EL, Mizubuti IY, Silva LDF, Reeves JJ (2008) Desempenho e características de carcaça de bovinos de diferentes grupos genéticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1669-1673.

Ribeiro FG (2000) **Características de carcaça e qualidade da carne de tourinhos alimentados com dietas de alta energia**. 82 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga.

Rotta PP, Prado IN, Prado RM, Moletta JL, Silva RR, Perotto D (2009). Carcass characteristics and chemical composition of the Longissimus muscle of Nellore, Caracu and Holstein-friesian bulls finished in a feedlot. **Asian-Australasian Journal Animal Science**, 22: 598-604.

Silva MLP (2016) **Desempenho e qualidade da carne de bovinos cruzados alimentados com diferentes dietas em confinamento**. 87 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista – Jaboticabal.

Silveira IDB, Fischer V, Farinatti LHE, Restle J, Alves Filho DC (2008) Relação entre genótipos e temperamento de novilhos Charolês x Nelore em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, p.1808-1814.

Swan AA, Kinghorn BP (1992) Evaluation and exploitation of crossbreeding in dairy cattle. **J Dairy SCI**, v.75, p.624- 639.

Vieira LDC (2015) **Desempenho de bovinos cruzados e parâmetros qualitativos de músculos maturados**. 82 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista – Jaboticabal.

CAPÍTULO 3 - Estimativas de herdabilidade e de correlações genéticas para características de desempenho, carcaça e carne, em bovinos de diferentes composições raciais terminados em confinamento

RESUMO-Este trabalho teve como objetivo estimar parâmetros genéticos das seguintes características: características de desempenho no confinamento - peso ao final (PFIN; peso de abate) do confinamento, ganho de peso diário no confinamento (GPD), tempo de confinamento (TCON) e consumo de matéria seca diário (CMS); características de carcaça - peso de carcaça fria (PCF), rendimento de carcaça fria (RCF = PCF/PFIN), espessura de gordura subcutânea (EGAOL) e área de olho de lombo (AOL); características da carne - força de cisalhamento (FC), capacidade de retenção de água (CRA), pH e perda por cocção (PPC), de animais de vários grupos genéticos. Foram utilizados dados de animais Nelore e cruzados Nelore com raças taurinas adaptadas (Bonsmara e Senepol), britânicas (Angus e Hereford) e continentais (Charolesa, Limousin, Pardo Suíço tipo carne e Simental) e as raças sintéticas Brangus (5/8 Angus + 3/8 Zebu) e Canchim (5/8 Charolês + 3/8 Zebu). Os grupos genéticos foram classificados de acordo com sua composição de taurino adaptado (Ta), taurino britânico (Tb), taurino continental (Tc) e zebuíno (Zb). Os dados, pertencentes a vários experimentos de confinamento foram primeiramente ajustados para condição sexual e tratamento, quando necessário. Foram realizadas análises uni e bicaracterística, pelo método da máxima verossimilhança restrita, utilizando modelo estatístico que incluiu os efeitos fixos de ano de nascimento do animal, classe de grupo genético do animal e idade de início no confinamento como covariável (efeito linear), assim como os efeitos aleatórios aditivo direto e residual, para obter as estimativas de herdabilidade e de correlações genéticas, respectivamente. As estimativas de herdabilidade obtidas foram iguais a $0,53 \pm 0,06$; $0,39 \pm 0,07$; $0,57 \pm 0,06$; $0,31 \pm 0,08$; $0,57 \pm 0,06$; $0,51 \pm 0,06$; $0,37 \pm 0,06$; $0,59 \pm 0,07$; $0,09 \pm 0,05$; $0,43 \pm 0,07$; $0,29 \pm 0,06$ e $0,19 \pm 0,07$, para PFIN, TCON, GPD, CMS, PCF, RCF, EGAOL, AOL, FC, CRAC, pH e PPC, respectivamente, indicando a possibilidade de obtenção de progresso genético pela seleção para todas essas características, exceto FC. As correlações genéticas variaram de média a alta para PFIN com GPD (0,46), PCF (0,95) e FC (-0,60), GPD com PCF (0,59), RCF (0,57), AOL (0,34) e FC (-0,37), PCF com RCF (0,33), AOL (0,82) e FC (-0,80), RCF com AOL (0,52) e FC (-0,56), EGAOL com FC (-0,52) e AOL com FC (-0,38), indicando a possibilidade de resposta à seleção correlacionada para essas características. Outras estimativas de correlação genética foram de baixa magnitude.

Palavras-chave: bovinos de corte, cruzamento, parâmetros genéticos, taurino, zebuíno

CHAPTER 3 - Heritability and genetic correlation estimates for growth, carcass and meat traits in feedlot finished cattle of different genetic composition

ABSTRACT - This study aimed to estimate genetic parameters for the following traits: feedlot performance traits - weight at the end (PFIN; slaughter weight) of the feedlot, daily weight gain in feedlot (GPD), time in feedlot (TCON), and daily dry matter consumption (CMS); carcass traits - cold carcass weight (PCF), cold carcass yield (RCF = PCF/PFIN), subcutaneous fat thickness (EGAOL), and rib eye area (AOL); meat traits - shear force (FC), water retention capacity (CRA), pH, and cooking loss (PPC), of Nellore animals and various crossbred genetic groups. Data on Nellore and Nellore crossbreds with adapted taurine breeds (Bonsmara and Senepol), British breeds (Angus and Hereford) and continental breeds (beef type Brown Swiss, Charolais, Limousin, and Simmental), and the synthetic breeds Brangus (5/8 Angus + 3/8 Zebu) and Canchim (5/8 Charolais + 3/8 Zebu) were used. The genetic groups were classified according to their composition of adapted taurine (Ta), British taurine (Tb), continental taurine (Tc) and zebu (Zb). The data, from various feedlot experiments, were firstly adjusted for sexual condition and treatment, when necessary. One and two-trait analyses were performed using the restricted maximum likelihood method, using a statistical model that included the fixed effects of year of birth, class of genetic group, and age at the beginning of feedlot as a covariate (linear effect), as well as the direct additive and residual random effects, to estimate heritability and genetic correlations, respectively. The estimates of heritability were equal to 0.53 ± 0.06 , 0.39 ± 0.07 , 0.57 ± 0.06 , 0.31 ± 0.08 ; 0.57 ± 0.06 , 0.51 ± 0.06 , 0.37 ± 0.06 , 0.59 ± 0.07 , 0.09 ± 0.05 , 0.43 ± 0.07 , 0.29 ± 0.06 and 0.19 ± 0.07 , for PFIN, TCONF, GPD, CMS, PCF, RCF, EGAOL, AOL, FC, CRA, pH and PPC, respectively, indicating the possibility of obtaining genetic progress by selecting for all these traits, except FC. The genetic correlations varied from medium to high for PFIN with GPD (0.46), PCF (0.95) and FC (-0.60), GPD with PCF (0.59), RCF (0.57), AOL (0.34) and FC (-0.37), PCF with RCF (0.33), AOL (0.82) and FC (-0.80), RCF with AOL (0.52) and FC (-0.56), EGAOL with FC (-0.52) and AOL with FC (-0.38), indicating the possibility of correlated response to selection for these traits. Other genetic correlations were of low magnitude.

Keywords: beef cattle, crossbreeding, genetic parameters, indicine, taurine

Introdução

Segundo Dionello et al. (2008), informações básicas do melhoramento genético animal, tais como parâmetros genéticos bem determinados e precisos, servem para a obtenção de animais de qualidade em um sistema de cruzamento. A partir destas informações são estabelecidos os critérios de seleção para a renovação de plantéis com animais de potencial genético superior a cada geração, podendo auxiliar no incremento da produtividade dos rebanhos de corte. Portanto, segundo Weber et al. (2009), a estimação de parâmetros genéticos como herdabilidade e correlação genética se faz necessária para as características de importância econômica, pois possibilitarão o planejamento e a adoção de programas de melhoramento genético.

Falconer e Mackay (1996) citaram que a herdabilidade é própria da população e do ambiente onde o animal se encontra, enquanto a variância ambiental depende das condições de ambiente e manejo; maior variação ambiental afeta a estimativa de herdabilidade, por reduzir a proporção da variância aditiva em relação a variância total. Segundo Euclides Filho (1999), o grau de correspondência entre o fenótipo e o valor genético é medido pela herdabilidade, ou seja, aquilo que influenciará a próxima geração em um possível cruzamento. A correlação genética mede o grau de associação entre duas características. Se duas características de importância econômica forem altamente correlacionadas, pode-se reduzir o número de características a serem selecionadas, já que a seleção para uma resulta em impactos positivos na outra característica. Caso contrário, se as características não apresentarem nenhuma correlação, a seleção de uma não afetará a outra (Robertson, 1959; Pereira, 2008).

No Brasil, várias raças bovinas exóticas foram introduzidas nas últimas décadas, com o propósito de serem utilizadas em cruzamentos comerciais ou na formação de novos grupos denominados compostos. A manutenção de grupos compostos ou de uma população cruzada depende de seleção dos animais superiores para serem usados na reprodução. A escolha de critérios de seleção vai depender de estimativas de parâmetros genéticos para características de importância econômica. O objetivo deste trabalho foi verificar a possibilidade de seleção para características

de desempenho em confinamento e características de carcaça e da carne, em uma população composta por animais de diferentes composições raciais.

Material e Métodos

Os dados utilizados neste trabalho são provenientes do banco de dados de bovinos de corte da Embrapa Pecuária Sudeste, localizada no município de São Carlos, SP. Os animais nasceram de 1998 a 2013 e os dados são oriundos de vários projetos de cruzamento envolvendo a raça Nelore, raças exóticas (taurinas britânicas, taurinas continentais e taurinas adaptadas) e raças compostas. Os projetos tinham objetivos específicos, com cruzamentos e tratamentos próprios, mas todos envolveram a terminação em confinamento, às vezes após o desmame, às vezes após a recria, aos 15-17 meses de idade, às vezes apenas com machos inteiros ou castrados, às vezes com a combinação desses e desses com fêmeas. Pode ter ocorrido também algum tipo de tratamento alimentar. Animais de diferentes grupos genéticos (GG) nasceram em diferentes anos e em diferentes épocas do ano. Entretanto, não houve confundimento total, pois vários GGs estavam presentes em diferentes anos e épocas de nascimento, condições sexuais (macho inteiro ou castrado e fêmea) e tratamentos. Foram considerados apenas animais que foram terminados em confinamento por algum período.

Nos cruzamentos, as raças Angus e Hereford representaram as taurinas britânicas, as raças Charolesa, Limousin, Pardo Suíça e Simental as taurinas continentais, as raças Bonsmara e Senepol as taurinas adaptadas, e a raça Nelore representou as zebuínas. As raças Brangus e Canchim também utilizadas são 5/8 Angus + 3/8 Zebu e 5/8 Charolês + 3/8 Zebu, respectivamente.

Neste estudo foram consideradas as seguintes características: 1) características de desempenho no confinamento - peso ao final (PFIN; peso de abate) do confinamento, ganho de peso diário no confinamento (GPD), tempo de confinamento (TCON) e consumo de matéria seca diário (CMS); 2) características de carcaça - peso de carcaça fria (PCF), rendimento de carcaça fria (RCF = PCF/PFIN), espessura de gordura subcutânea (EGAOL) e área de olho de lombo (AOL); e 3) características da carne - força de cisalhamento (FC), capacidade de retenção de água (CRA), pH e perda por cocção (PPC).

Os abates dos animais aconteceram em diferentes locais (abatedouros/frigoríficos), mas seguindo as normas para o Estado de São Paulo. A escolha dos animais para o abate seguiu os critérios da Embrapa Pecuária Sudeste, observação visual e/ou uso da ultrassonografia. As medidas de carcaça (PCF, RCF, EGAOL e AOL) e de qualidade da carne (FC, CRA, pH e PPC) foram feitas de acordo com os métodos usados no Laboratório de Carnes da Embrapa Pecuária Sudeste, embora para essas últimas, em alguns anos as medidas tenham sido feitas em outros laboratórios. As medidas de EGAOL, AOL, FC, CRA, pH e PPC foram feitas no músculo *longissimus dorsi*.

Para a característica PCF, em um arquivo os dados de 48 animais estavam incompletos e foram calculados com base na relação peso de carcaça quente (PCQ) e PCF, calculada dos dados existentes, dentro de GG e tratamento alimentar. Também para PCF, em dois outros arquivos, em um total de 109 animais, existiam apenas os dados de PCQ e o PCF foi calculado multiplicando-se PCQ pelo fator 0,985.

Os dados foram inicialmente organizados em vários arquivos, cada um representando um projeto de pesquisa, de maneira que os animais dos diferentes grupos genéticos tenham sido submetidos aos mesmos tratamentos (condição sexual e/ou tratamento alimentar).

Todos os animais foram classificados dentro de uma classe de grupo genético (CGG), conforme a proporção de taurino britânico (Tb), taurino continental (Tc), taurino adaptado (Ta) e zebuino (Zb) na sua constituição. Assim, Nelore = zebu (Zb); $\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore = $\frac{1}{2}$ Tb + $\frac{1}{2}$ Zb (1Tb1Zb); $\frac{1}{2}$ Hereford + $\frac{1}{2}$ Nelore = $\frac{1}{2}$ Tb + $\frac{1}{2}$ Zb (1Tb1Zb); $\frac{1}{2}$ Charolês + $\frac{1}{2}$ Nelore = $\frac{1}{2}$ Tc + $\frac{1}{2}$ Zb (1Tc1Zb); $\frac{1}{2}$ Bonsmara + $\frac{1}{2}$ Nelore = $\frac{1}{2}$ Ta + $\frac{1}{2}$ Zb (1Ta1Zb); $\frac{1}{2}$ Senepol + $\frac{1}{2}$ Nelore = $\frac{1}{2}$ Ta + $\frac{1}{2}$ Zb (1Ta1Zb), etc. (Tabela 1).

Tabela 1. Grupo genético (GG) do pai, da mãe e do bezerro, e classe do grupo genético (CGG; Zb = Zebu; Ta = Taurus adaptado; Tb = Taurus britânico; Tc = Taurus continental) do pai, da mãe e do bezerro

GG ¹			CGG ¹		
Pai	Mãe	Bezerro	Pai	Mãe	Bezerro
Nelore (Ne)	Nelore	Nelore	Zb	Zb	Zb
Angus (An)	Ne	1An1Ne	Tb	Zb	1Tb1Zb
Bonsmara (Bo)	Ne	1Bo1Ne	Ta	Zb	1Ta1Zb
Charolês (Ch)	Ne	1Ch1Ne	Tc	Zb	1Tc1Zb
Hereford (He)	Ne	1He1Ne	Tb	Zb	1Tb1Zb
Pardo Suiço (Ps)	Ne	1Ps1Ne	Tc	Zb	1Tc1Zb
Senepol (Se)	Ne	1Se1Ne	Ta	Zb	1Ta1Zb
Simental (Si)	Ne	1Si1Ne	Tc	Zb	1Tc1Zb
Na	1An1Ne	3An1Ne	Tb	1Tb1Zb	3Tb1Zb
Na	1Se1Ne	2An1Se1Ne	Tb	1Ta1Zb	2Tb1Ta1Zb
Na	1Si1Ne	2An1Si1Ne	Tb	1Tc1Zb	2Tb1Tc1Zb
Bo	1An1Ne	2Bo1An1Ne	Ta	1Tb1Zb	2Ta1Tb1Zb
Bo	1Se1Ne	2Bo1Se1Ne	Ta	1Ta1Zb	3Ta1Zb
Bo	1Si1Ne	2Bo1Si1Ne	Ta	1Tc1Zb	2Ta1Tc1Zb
Brangus (Br)	Ne	5An11Ne	5Tb3Zb	Zb	5Tb11Zb
Br	1An1Ne	9An7Ne	5Tb3Zb	1Tb1Zb	9Tb7Zb
Br	1Se1Ne	5An4Se7Ne	5Tb3Zb	1Ta1Zb	5Tb4Ta7Zb
Canchim (Ca)	Ne	5Ch11Ne	5Tc3Zb	Zb	5Tc11Zb
Ca	1An1Ne	5Ch4An7Ne	5Tc3Zb	1Tb1Zb	5Tc4Tb7Zb
Ca	1Se1Ne	5Ch4Se7Ne	5Tc3Zb	1Ta1Zb	5Tc4Ta7Zb
Ca	1Si1Ne	5Ch4Si7Ne	5Tc3Zb	1Tc1Zb	9Tc7Zb
Ch	1An1Ne	2Ch1An1Ne	Tc	1Tb1Zb	2Tc1Tb1Zb
Ch	1Se1Ne	2Ch1Se1Ne	Tc	1Ta1Zb	2Tc1Ta1Zb
Ch	1Si1Ne	2Ch1Si1Ne	Tc	1Tc1Zb	3Tc1Zb
He	1An1Ne	2He1An1Ne	Tb	1Tb1Zb	3Tb1Zb
He	1Se1Ne	2He1Se1Ne	Tb	1Ta1Zb	2Tb1Ta1Zb
He	1Si1Ne	2He1Si1Ne	Tb	1Tc1Zb	2Tb1Tc1Zb
Limousin (Li)	1An1Ne	2Li1An1Ne	Tc	1Tb1Zb	2Tc1Tb1Zb
Li	1Si1Ne	2Li1Si1Ne	Tc	1Tc1Zb	3Tc1Zb
Ps	1An1Ne	2Ps1An1Ne	Tc	1Tb1Zb	2Tc1Tb1Zb
Ps	1Se1Ne	2Ps1Se1Ne	Tc	1Ta1Zb	2Tc1Ta1Zb

¹ Raça do pai e classe da raça do pai são identificadas pelo primeiro símbolo nos grupos cruzados. Os números nos GGs e nas CGGs representam a proporção de cada raça e classe de raça (ex.: 1An1Ne = 1/2 An + 1/2 Ne; 2Bo1An1Ne = 1/2 Bo + 1/4 An + 1/4 Ne; 2Bo1Se1Ne = 1/2 Bo + 1/4 Se + 1/4 Ne e 1Ta1Zb = 1/2 Ta + 1/2 Zb; 2Ta1Tb1Zb = 1/2 Ta + 1/4 Tb + 1/4 Zb; 3Ta1Zb = 3/4 Ta + 1/4 Zb).

Após a classificação dos animais em CGG, quando o arquivo continha animais de mais de uma condição sexual ou mais de um tratamento de alimentação, foi feito ajuste dos dados para a condição sexual de macho e para o tratamento controle, que era o normalmente utilizado na Embrapa Pecuária Sudeste. Para tanto, dependendo do arquivo (projeto de pesquisa), foram feitas análises de variância dentro de arquivo e de CGG, para cada característica estudada, com modelos estatísticos que incluíam

os efeitos de ano de nascimento e condição sexual, ou ano de nascimento e tratamento alimentar. Em um arquivo o modelo incluiu apenas condição sexual, pois havia apenas registro de um ano. Após essas análises, dentro de cada arquivo e CGG, foram feitos fatores de correção multiplicativos ajustando os dados para a condição sexual de macho (inteiro ou castrado) ou para o tratamento alimentar básico. Dessa maneira, alguns arquivos ficaram com a condição sexual macho inteiro e outros com a condição macho castrado, fato desconsiderado nas análises posteriores, pois também não houve confundimento total com CGG. A estrutura dos dados é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2: Estatísticas descritivas das características de desempenho, carcaça e carne, de animais cruzados terminados em confinamento

Caract. ¹	Animais em A ⁻¹	Nº de registros	Média	Mínimo	Máximo	Desvio-padrão	CV (%)
PFIN (kg)	2.662	1.704	488,37	308,00	694,80	54,89	11,24
TCON (kg)	2.662	1.704	106,74	49,00	216,00	28,36	26,57
GPD (dias)	2.662	1.704	1,62	1,00	2,70	0,28	17,3
CMS (kg/dia)	2.662	853	10,92	6,10	23,11	2,25	20,65
PCF (kg)	2.662	1.704	265,76	162,90	420,10	30,67	11,54
RCF (%)	2.662	1.704	0,54	0,43	0,62	0,02	4,28
EGAOL (mm)	2.662	1.701	6,30	0,70	22,50	2,83	45,00
AOL (cm)	2.662	1.644	70,76	42,50	119,25	11,01	15,57
FC (kgf)	2.662	1.524	6,03	1,12	14,22	2,30	38,19
CRA (%)	2.662	1.312	77,71	60,01	92,29	5,36	6,90
pH	2.662	1.449	5,56	5,12	6,97	0,26	4,61
PPC (%)	2.662	1.514	25,65	10,11	57,75	5,46	21,37

¹ Característica; PFIN, TCON, GPD, CMS, PCF, RCF, EGAOL, AOL, FC, CRA, pH e PPC = peso ao final do confinamento, tempo de confinamento, ganho de peso diário no confinamento, consumo de matéria seca diário, peso de carcaça fria, rendimento de carcaça fria, espessura de gordura subcutânea, área de olho de lombo, força de cisalhamento, capacidade de retenção de água, pH e perda por cocção, respectivamente.

As estimativas dos componentes de (co) variância e dos parâmetros genéticos foram obtidas pelo método de máxima verossimilhança restrita livre de derivadas (DFREML), utilizando-se o programa MTDFREML sob modelo animal (Boldman et al., 1993), com critério de convergência de 1×10^{-9} .

O modelo estatístico utilizado incluiu os efeitos fixos de ano de nascimento, classe de grupo genético (CGG) e idade de início no confinamento como covariável (efeito linear), e os efeitos aleatórios aditivos direto e residual. O modelo estatístico completo utilizado, descrito em termos matriciais, foi:

$$Y = Xb + Zg + e$$

Em que: Y é o vetor de observações; X é a matriz de incidência dos efeitos fixos; b= vetor de efeitos fixos; Z é a matriz de incidência dos efeitos genéticos aditivos diretos; g é o vetor de efeitos genéticos aditivos diretos; e e é o vetor dos erros aleatórios associados às observações. Foram realizadas análises uni e bicaracterística para obter os componentes de (co)variância e estimar os parâmetros genéticos.

Resultados

As estimativas de herdabilidade direta obtidas neste estudo para as características estudadas variaram de $0,09 \pm 0,05$ a $0,59 \pm 0,07$ para FC e AOL, respectivamente (Tabela 3). Para PFIN (0,53), TCON (0,39), GPD (0,57), CMS (0,31), PCF (0,57), RCF (0,51), EGAOL (0,37), AOL (0,59) e CRA (0,43) as estimativas de herdabilidade foram de magnitude média, enquanto que as características FC (0,09), pH (0,29) e PPC (0,19) apresentam coeficientes de herdabilidade mais baixos.

Tabela 3. Estimativas¹ dos componentes de variância e de herdabilidade para características de desempenho, carcaça e carne de animais cruzados terminados em confinamento, obtidas em análises unicaracterística.

Característica ²	σ_a^2	σ_p^2	σ_e^2	h_a^2
PFIN	861,54	1.640,12	778,59	$0,53 \pm 0,06$
TCON	124,79	316,36	191,58	$0,39 \pm 0,07$
GPD	0,03	0,05	0,02	$0,57 \pm 0,06$
CMS	89,57	289,47	199,89	$0,31 \pm 0,08$
PCF	343,86	601,74	257,88	$0,57 \pm 0,06$
RCF	$1,4^{-4}$	$2,7^{-4}$	$1,3^{-4}$	$0,51 \pm 0,06$
EGAOL	1,95	5,35	3,39	$0,37 \pm 0,06$
AOL	44,95	76,41	31,46	$0,59 \pm 0,07$
FC	0,19	2,09	1,90	$0,09 \pm 0,05$
CRA	6,05	14,01	7,97	$0,43 \pm 0,07$
pH	$9,8^{-3}$	0,03	0,02	$0,29 \pm 0,06$
PPC	4,98	26,24	21,27	$0,19 \pm 0,07$

1 $\sigma_a^2, \sigma_p^2, \sigma_e^2$ e h_a^2 = componentes de variância genética aditiva direta, fenotípica e residual e herdabilidade direta, respectivamente.

2 PFIN, TCONF, GPD, CMS, PCF, RCF, EGAOL, AOL, FC, CRA, pH e PPC = peso ao final do confinamento, tempo de confinamento, ganho de peso diário no confinamento, consumo de matéria seca diário, peso de carcaça fria, rendimento de carcaça fria, espessura de gordura subcutânea, área de olho de lombo, força de cisalhamento, capacidade de retenção de água, pH e perda por cocção, respectivamente.

As correlações genéticas entre as características apresentaram-se de baixa a alta magnitude (Tabela 4). Para FC todas as estimativas foram negativas, exceto com CMS que foi próximo de zero. Outros valores negativos foram apresentados para PCF e CMS; AOL e EGAOL. As demais correlações foram todas positivas (GPD e PFIN; PCF e PFIN; PCF e GPD; RCF e GPD; AOL e PCF; AOL e RCF), demonstrando associação genética favorável para essas características.

Tabela 4. Estimativas das correlações genéticas para características de desempenho, carcaça e carne de animais cruzados terminados em confinamento obtidos em análises bicaracterística

Característica ¹	GPD	CMS	PCF	RCF	EGAOL	AOL	FC
PFIN	0,46	0,13	0,95	0,24	0,04	0,20	-0,60
GPD		0,20	0,59	0,57	0,11	0,34	-0,37
CMS			-0,02	0,24	0,20	0,01	0,03
PCF				0,33	0,04	0,82	-0,80
RCF					0,08	0,52	-0,56
EGAOL						-0,10	-0,52
AOL							-0,38

¹ Peso ao final do confinamento (Pfin), tempo de confinamento (Tcon), ganho de peso diário (Gpd), consumo de matéria seca (Cms), peso de carcaça fria (Pcf), rendimento de carcaça fria (Rcf), espessura de gordura subcutânea (Egaol), área de olho de lombo (Aol), força de cisalhamento (Fc), capacidade de retenção de água (Cra), pH e perda por cocção (Ppc).

Discussão

As estimativas de herdabilidade de peso final de confinamento e ganho médio diário, obtidas por Gleida et al. (2012), de 0,60 e 0,55, respectivamente, para animais da raça Nelore, são semelhantes às obtidas neste estudo, principalmente aquela para GPD, sendo os valores das variâncias genéticas aditivas maiores para ambas as características. Para a característica EGAOL, a herdabilidade estimada neste estudo (0,37) é inferior às estimadas por alguns autores, como Yokoo et al. (2011), Guindolin et. al. (2010) e Paula et al. (2015), que obtiveram valores de 0,50; 0,51 e 0,74, respectivamente, para animais da raça Nelore. Entretanto, é superior ao valor de 0,16 obtido por Buzanskas et al. (2017), ao analisar rebanhos de animais das raças Brahman e Nelore no Brasil.

Na Raça Canchim, Meirelles et al. (2011) obtiveram estimativas de herdabilidade de 0,24 e 0,33 para EGAOL e AOL, respectivamente. Gleida et al.

(2012) obtiveram herdabilidade de 0,66 para AOL, indicando que a seleção trará rápido progresso genético. Este valor foi superior ao descrito por Yokoo (2009), de 0,37. Em estudo feito por Yokoo et al. (2011), avaliando valores de estudos de 15 autores para as estimativas de herdabilidade de AOL e EGAOL, descreveram valores de 0,20 a 0,64 e de 0,04 a 0,56, respectivamente. As estimativas obtidas neste estudo estão próximas às estimativas mais altas apresentadas na literatura científica.

Para força de cisalhamento, apesar da magnitude da estimativa de herdabilidade obtida ser valor considerado baixo 0,09, está de acordo com Tizioto et al. (2013) e Castro et al. (2014), que obtiveram estimativas de 0,16 e 0,11, respectivamente. Na raça Nelore, Rosa et al. (2013) obtiveram estimativa de 0,30 para FC.

As correlações genéticas de PFIN com PCF e RCF foram positivas e de magnitude baixa a alta, 0,24 e 0,95, respectivamente, indicando que a seleção para PFIN deve resultar em progresso nas outras no mesmo sentido, principalmente no RCF. Costa (2014) em cruzamento das raças Nelore e Araguaia, obteve valores altos para essas correlações, 0,44 e 0,91, respectivamente.

Para bovinos da raça Nelore, Caetano et al. (2013) obtiveram correlações genéticas entre GPD e AOL e entre GPD e EGAOL positivas, respectivamente 0,41 e 0,08, indicando que a seleção para GPD favorece mais a AOL que a EGAOL, que deve ter uma resposta lenta ao processo de seleção indireta. Valores de correlações genéticas próximos a esses foram encontrados neste trabalho, 0,34 e 0,11 respectivamente.

Observou-se muita dificuldade em se obter, na literatura científica, estimativas de parâmetros genéticos (herdabilidade e correlação genética) para as características estudadas neste trabalho, provavelmente em razão da dificuldade em se trabalhar com essas características.

Em resumo, as correlações genéticas variaram de média a alta para PFIN com GPD (0,46), PCF (0,95) e FC (-0,60), GPD com PCF (0,59), RCF (0,57), AOL (0,34) e FC (-0,37), PCF com RC (0,82) e FC (-0,80), RCF com AOL (0,52) e FC (-0,56), EGAOL com FC (-0,52) e AOL com FC (-0,38), indicando a possibilidade de resposta à seleção correlacionada para essas características.

Conclusão

As estimativas de herdabilidade obtidas na população de animais cruzados, terminados em confinamento, indicam a possibilidade de se alcançar progresso genético pela seleção para as características PFIN, TCONF, GPD, CMS, PCF, RCF, AOL, EGAOL e CRA. As correlações genéticas altas e significativas entre GPD e PFIN; PCF e PFIN; PCF e GPD; RCF e GPD; AOL e PCF; AOL e RCF, sugerem que a seleção para qualquer uma dessas características, nessa população de animais cruzados, deve resultar em resposta no mesmo sentido nas outras.

Referências

- Boldman KG, Kriese LA, Van Vleck LD, Van Tassell CP, Kachman SD (1993) A manual for use of MTDFREML: a set of programs to obtain estimates of variances and covariances (DRAFT). Lincoln: Department of Agriculture/Agricultural Research Service, 1993. 120p.
- Buzanskas ME, Pires PS, Chud TCS, Bernardes PA, Rola LD, Savegnago RP, Lôbo RB, Munari DP (2017) Parameter estimates for reproductive and carcass traits in Nelore beef cattle. **Theriogenology**. 204-209 p.
- Caetano SL, Savegnago RP, Boligon AA, Ramos SB, Chud TCS, Lôbo RB, Munari DP (2013) Estimates of genetics parameters for carcass, growth and reproductive traits in Nellore Cattle. **Livestock Science**. p.1-7
- Castro, LM, Magnabosco, CU, Sainz, RD, Faria, CU, Lopes, FB (2014) Quantitative genetic analysis for meat tenderness trait in Polled Nellore cattle. **Revista Ciência Agronômica**. p.393-402.
- Costa NV (2014) **Características de carcaça e qualidade da carne de bovinos nelore e F1 Nelore – Araguaia**. 60f. Dissertação (Mestrado) UFU – Uberlândia.
- Dionello NJL, Correa GSS, Silva MA (2008) **Estimativas da trajetória genética do crescimento de codornas de corte utilizando modelos de regressão aleatória**. Arq Bras Med Vet Zoo, v.60, p.454-460.
- Euclides Filho, K (1999) **Melhoramento genético animal no brasil: fundamentos, história e importância**. Campo Grande, MS.
- Falconer DS, Mackay TFC (1996) **Introduction to quantitative genetics**. 4. ed. Edinburgh: Longman, p 464.
- Gleida ME, Magnabosco CU, Lopes FB (2012) Índices de seleção para bovinos da raça Nelore participantes de provas de ganho em peso em confinamento **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.** v.13, p.669-681.
- Guindolin DGF, Grupioni NV, Chud TCS, Urbinati L, Lôbo RB, Bezerra LAF, Paz CCP, Munari DP (2010) Genetic association for growth, reproductive and carcass traits in Guzera Beef Cattle. In: **Proceedings of 9th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production**. Leipzig, Germany.
- Meirelles SL, Alencar MM, Oliveira HN, Regitano LCA (2011). Efeitos de ambiente e estimativas de parâmetros genéticos para características de carcaça em bovinos da raça Canchim criados em pastagem **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.39, p. 1437-1442.

Paula EJH, Martins EN, Oliveira, CAL (2015) **Associations between reproductive and carcass traits in Nelore**. *Semana: Ciências Agrárias*, v.36, p.4423-4434, 2015.

Pereira JCC (2008) **Melhoramento Genético aplicado à Produção Animal**. 5. ed ed. Belo Horizonte - MG: FEPMVZ - Editora.

Rosa AN, Menezes GRO, Silva LOC, Tullio RT, Feijó GLD, Alencar MM. (2013). Parâmetros genéticos de características de carcaça e maciez da carne em uma população experimental da raça Nelore. X Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal Uberaba, MG.

Robertson A (1959) **The Sampling Variance of the Genetic Correlation Coefficient**. *Biometrics*, v. 15, p. 469-485.

Tizioto PC, Decker JE, Taylor JF, et al. (2013) Genome scan for meat quality traits in Nelore beef cattle. *Physiological Genomics* Published. p. 1012-1020

Weber AT, Rorato PRN, Lopes JS, Comin JG, Dornelles MA, Araújo RO (2009) Parâmetros genéticos e tendências genéticas e fenotípicas para características produtivas e de conformação na fase pré-desmama em uma população da raça Aberdeen. **R. Bras. Zootec.**, v.38, p.832-842.

Yokoo MJI (2009) **Análise Bayesiana da área de olho e espessura de gordura obtidas por ultrassom e suas associações com outras características de importância econômica na raça Nelore**. 84f. Dissertação (doutorado em Genética e Melhoramento Animal) – UNESP – Jaboticabal.

Yokoo MJI, Magnabosco CU, Gonzalez SRD, Faria CU, Araújo FRC, Rosa GJM, Cardoso FF, Albuquerque LG (2011) Avaliação genética de características de carcaça utilizando a técnica do ultrassom em bovinos de corte Embrapa Pecuária Sul (Documentos / Embrapa Pecuária Sul, ISSN 1982-5390; 115)