

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**JULIANA VARCHAKI PORTES**

**ÍNDICES DE SELEÇÃO BIOECONÔMICOS PARA BOVINOS NELORE EM  
SISTEMAS DE PRODUÇÃO DO CERRADO E PANTANAL**

**Porto Alegre  
2020**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**ÍNDICES DE SELEÇÃO BIOECONÔMICOS PARA BOVINOS NELORE EM  
SISTEMAS DE PRODUÇÃO DO CERRADO E PANTANAL**

**JULIANA VARCHAKI PORTES**

Zootecnista (UFPR)

Mestra em Zootecnia (UFPR)

Especialista em Gestão do Agronegócio (UFPR)

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia como requisito para obtenção do grau de Doutorado em Zootecnia, na Faculdade de Agronomia, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Área de concentração: Genética e Melhoramento Animal.

Orientador: José Braccini Neto

Coorientador: Gilberto R. de O. Menezes

**Porto Alegre (RS), Brasil**

**Março de 2020**

### CIP - Catalogação na Publicação

Portes, Juliana Varchaki  
Índices de seleção bioeconômicos para bovinos da  
raça Nelore em sistemas de produção do Cerrado e  
Pantanal / Juliana Varchaki Portes. -- 2020.  
129 f.  
Orientador: José Braccini Neto.

Coorientador: Gilberto Romeiro de Oliveira Menezes.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2020.

1. Bovinocultura de Corte. 2. Melhoramento  
genético. 3. Genética animal. 4. Índices de seleção.  
I. Braccini Neto, José, orient. II. Menezes, Gilberto  
Romeiro de Oliveira, coorient. III. Título.

Juliana Varchaki Portes  
Mestre em Zootecnia

## TESE

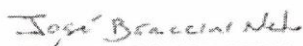
Submetida como parte dos requisitos  
para obtenção do Grau de

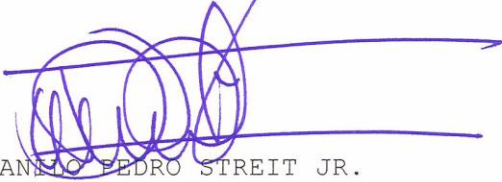
### **DOCTORA EM ZOOTECNIA**

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia  
Faculdade de Agronomia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre (RS), Brasil

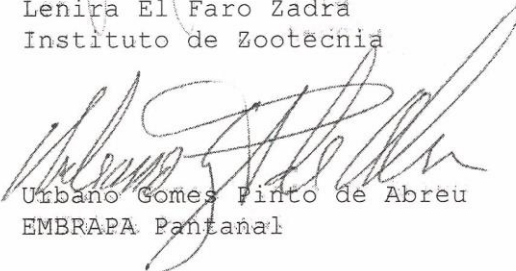
Aprovada em: 27.03.2020  
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 20/05/2020  
Por

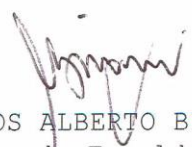
  
JOSÉ BRACCINI NETO  
PPG Zootecnia/UFRGS  
Orientador

  
DANIELO PEDRO STREIT JR.  
Coordenador do Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia

  
Lenira El Faro Zadra  
Instituto de Zootecnia

  
Urbano Gomes Pinto de Abreu  
EMBRAPA Pantanal

  
Flávia Martins de Souza  
UFRA

  
CARLOS ALBERTO BISSANI  
Diretor da Faculdade de Agronomia

**À todos que me apoiaram,  
de perto ou de longe,  
para chegar até aqui...**

**E à memória do meu querido  
padrinho Beto que  
sempre me incentivou...**

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, primeiramente, pela força concedida para enfrentar estes quatro anos de minha vida.

Aos meus pais que nunca mediram esforços para me dar suporte e apoio para atingir meus objetivos.

Ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da UFRGS e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela oportunidade e concessão da bolsa de estudos.

Aos pesquisadores Professor Braccini e Gilberto Menezes pela orientação e pelo apoio em minha caminhada, com aulas, cursos e conversas.

À Embrapa e seus pesquisadores pela disponibilização dos dados e pela confiança na execução do projeto.

In special, I would like to thank Mike MacNeil for all the help for the development of this work and mainly for his knowledge shared with me.

Aos pesquisadores Fernando F. Cardoso, Concepta McManus, Urbano Abreu, Flávia M. de Souza e Lenira El Faro que compuseram minhas bancas neste processo, contribuindo no projeto, na qualificação e na defesa.

Às pesquisadoras Laila Talarico e Joslaine Cyrillo que tanto me apoiam e acreditam em mim, dando conselhos e ajudando no possível sempre.

À Sociedade Brasileira de Zootecnia e sua Diretoria, pelas oportunidades que tem me proporcionado de aprender, trocar experiências e divulgar cada dia mais a ciência em produção animal brasileira.

Ao grupo Megagen pelos momentos compartilhados. Em especial, meus amigos Evelyn e Haendel que me acolheram em meu primeiro ano em Porto Alegre, e principalmente, minha pequena grande amiga Viviane, com quem passei grande parte dos meus dias nesses últimos quatro anos, rindo, chorando, nos divertindo, tomando mate e umas cervejinhas e também trabalhando muito.

Agradeço de coração cada um dos meus amigos, de perto e de longe, que fazem meus dias mais alegres. Os amigos de Curitiba, por terem feito minhas visitas à terrinha sempre divertidas (Bruno, Cintia, Cláudia, My e demais UFPR's). Os amigos que conheci no RS, pela convivência, mates e cervejas. Os amigos de SP, do Instituto de Zootecnia, da UNESP de Jaboticabal e especialmente os amigos das repúblicas Abatedouro, Arapuka, Mata Bixera, K-Bocanela, Tocaia e Xicreti por todos os momentos de conversa boa, cerveja gelada e por conhecer excelentes profissionais (e futuros) do agro.

Em especial, agradeço a República SóFadinhas, minha eterna casinha, onde fui acolhida em Jaboticabal e ganhei uma grande família, vivendo os melhores e mais divertidos anos da minha vida. Minhas amadas: A-balada, Bixana, Cházinha, Cilada, Clari-tin, Comassim, Diva, Dona Ká, Impina, Jujuba, Loma, Lorota, Lorpa, Pafrente, Proerd, Samantcha, Veterana, Yasmin e também as ex-moradoras que sempre apareciam pra nos visitar e matar a saudade.

À minha madrinha Irene, Deta e She pelos momentos e conversas neste período, admiro muito a garra de vocês diante da perda que tivemos e fico feliz de tê-las sempre ao meu lado, mesmo que muitas vezes à distância!

A todos que de alguma forma contribuíram, direta ou indiretamente, para que eu chegasse até aqui. MUITO OBRIGADA!

*“O período de maior ganho em  
conhecimento e experiência é o  
período mais difícil da  
vida de alguém”*

*Dalai Lama*

# ÍNDICES DE SELEÇÃO BIOECONÔMICOS PARA BOVINOS DA RAÇA NELORE EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DO CERRADO E PANTANAL<sup>1</sup>

Autora: Juliana Varchaki Portes

Orientador: José Braccini Neto

Coorientador: Gilberto Romeiro de Oliveira Menezes

**RESUMO:** O objetivo deste estudo foi desenvolver índices de seleção para bovinos Nelore para diferentes cenários: sistema de produção de ciclo completo com terminação à pasto e sistema de produção de ciclo completo com terminação em confinamento no Cerrado; e sistemas de ciclo completo à pasto no Pantanal com diferentes tamanhos de rebanho (1.000, 5.000 e 10.000 matrizes). Os valores econômicos foram determinados por simulação estocástica dos sistemas de produção, usando-se derivadas parciais da função lucro, alterando uma característica de cada vez, mantendo as demais constantes em suas respectivas médias. Valores econômicos foram calculados para peso da vaca (US\$0,15 - US\$0,67), peso à desmama (US\$0,41 - US\$0,45), peso à desmama sob efeito materno (US\$-0,15 - US\$0,10), ganho médio diário pós-desmama (US\$0,08 - US\$0,28), espessura de gordura subcutânea (US\$-0,59 - US\$-0,02), área de olho de lombo (US\$0,73 - US\$2,72) e stayability (US\$157,47 - US\$231,81) por vaca/ano. Os critérios de seleção considerados na construção dos índices foram: peso à desmama, ganho médio diário pós-desmama, peso ao sobreano, perímetro escrotal ao sobreano, área de olho de lombo, idade ao primeiro parto e peso da vaca. Essas características são utilizadas na avaliação genética do Programa Geneplus para obtenção das DEPs (diferença esperada na progênie). Os índices foram calculados por  $I = b' \text{DEP}$ . Os coeficientes dos índices ( $b$ ) foram calculados pela equação  $b = G_{11}^{-1} G_{12} v$ , em que  $G_{11}$  é uma matriz de (co)variâncias entre os critérios de seleção,  $G_{12}$  é uma matriz de (co)variâncias entre os critérios e os objetivos de seleção e  $v$  é o vetor dos valores econômicos. A stayability foi a característica mais importante dentro de todos os sistemas avaliados, afetando diretamente o lucro, através da produção de um maior número de animais para venda e também pela manutenção das matrizes no rebanho. O peso da vaca foi relevante devido ao aumento nos custos com alimentação, mas também devido à receita obtida pela venda de vacas de descarte. Já o peso à desmama, o ganho médio diário e a área de olho de lombo foram importantes devido à ligação com o produto final. A aplicação desses índices em operações similares poderá auxiliar criadores na escolha dos reprodutores que trarão maior progresso genético e lucratividade para seu rebanho.

**Palavras chave:** bovinos de corte; objetivo de seleção; valores econômicos

---

<sup>1</sup> Tese de Doutorado em Zootecnia – Genética e Melhoramento Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (129 p.) Março, 2020.



## BIOECONOMIC SELECTION INDICES FOR NELLORE CATTLE IN CERRADO AND PANTANAL PRODUCTION SYSTEMS<sup>2</sup>

Author: Juliana Varchaki Portes

Adviser: José Braccini Neto

Coadviser: Gilberto Romeiro de Oliveira Menezes

**ABSTRACT:** The objective of this study was to develop selection indexes for Nelore cattle for different scenarios: full cycle production system with pasture termination and complete cycle production system with feedlot termination in Brazilian Cerrado; and full cycle pasture systems in Brazilian Pantanal with different herd sizes (1,000, 5,000 and 10,000 cows). The economic values were determined by stochastic simulation of the production systems, using partial derivatives of the profit function, changing one trait at a time, keeping the others constant in their respective averages. Economic values were calculated for cow weight (US\$0,15 - US\$0,67), weaning weight (US\$0,41 - US\$0,45), maternal weaning weight (US\$-0,15 - US\$0,10), post-weaning average daily gain (US\$0,08 - US\$0,28), fat thickness (US\$-0,59 - US\$-0,02), rib eye area (US\$0,73 - US\$2,72) and stayability (US\$157,47 - US\$231,81) per cow/year. The selection criteria considered in the construction of the indices were: weaning weight, post-weaning average daily gain, yearling weight, scrotal circumference at yearling, rib eye area, age at first calving and cow weight, traits used in genetic evaluation of the Genepus Program to obtain EPDs (expected progeny differences). The indices were calculated by  $I = b'EPD$ . The coefficients of the indices ( $b$ ) were calculated using the equation  $b = G_{11}^{-1}G_{12}v$ , where  $G_{11}$  is a matrix of covariances between selection criteria,  $G_{12}$  is a matrix of covariances between criteria and objectives, and,  $v$  is the vector of economic values. Stayability was the most important trait within all evaluated systems, directly affecting profit, through the production of a larger number of animals for sale and also by keeping the dams in the herd. Cow weight was relevant due to the increase in feed costs, but also due to the revenue obtained from the sale of culling cows. Weaning weight, average daily gain and rib eye area were important due to the connection with the final product. The application of these indices in similar operations may assist breeders in the choice of sires that will bring greater genetic progress and profitability to their herd.

**Keywords:** beef cattle; breeding objectives; economic values

---

<sup>2</sup> Doctoral Thesis in Animal Science – Animal Breeding and Genetics, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (129 p.) March, 2020.

## SUMÁRIO

CAPÍTULO I – Considerações Gerais .....	11
1. INTRODUÇÃO .....	12
1.1. Hipóteses .....	14
1.2. Objetivos .....	14
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	15
2.1. Sistemas de produção da bovinocultura brasileira .....	16
2.2. Sistemas de produção de bovinos de corte do Cerrado e Pantanal .....	18
2.3. Objetivos e critérios de seleção .....	21
2.4. Valores econômicos .....	23
2.5. Índices de seleção .....	25
2.6. Resultados da Literatura .....	34
CAPÍTULO II – Manuscrito 1 .....	38
Selection indices for Nellore production systems in the Brazilian Cerrado .....	39
Abstract .....	39
Introduction .....	40
Material and Methods .....	42
Results .....	50
Discussion .....	52
Acknowledgements .....	57
Conflict of Interest .....	58
References .....	58
Appendices .....	71
CAPÍTULO III – Manuscrito 2 .....	73
Índices de seleção para sistemas de produção da raça Nelore no Pantanal ...	74
Abstract .....	75
Introdução .....	75
Material e Métodos .....	77
Resultados .....	85
Discussão .....	88
Agradecimentos .....	95
Conflito de Interesse .....	95
Referências .....	95
Apêndice .....	111
CAPÍTULO IV – Considerações Finais .....	113
REFERÊNCIAS .....	116
APÊNDICE .....	121
Normas para publicação da Revista Animal Breeding and Genetics .....	121
VITA .....	129

## **CAPÍTULO I – Considerações Gerais**

## 1. INTRODUÇÃO

A pecuária de corte ocupa lugar de destaque no agronegócio mundial, em que o Brasil detém o maior rebanho comercial do mundo, com 214 milhões de bovinos (IBGE, 2018), sendo o segundo maior produtor mundial de carne desta espécie perdendo apenas para os Estados Unidos (ABIEC, 2019).

O Brasil apresenta grande diversidade de biomas, com sistemas de produção distintos para cada região, clima e relevo. Na região Centro Oeste do país, onde localizam-se os biomas Cerrado e Pantanal, conhecidos pela expressiva atividade pecuária, a preocupação com a conservação desses biomas tem aumentado, assim como a demanda pela produção de bovinos mais eficiente. Esse aumento ocorre em função das mudanças climáticas que vem ocorrendo nos últimos anos, bem como a competição com a agricultura, principalmente, produção de soja.

Para melhorar a eficiência produtiva dos rebanhos é imprescindível o investimento em tecnologias no âmbito da produção animal: nutrição, reprodução, sanidade e melhoramento genético, além da correta coleta de dados para gestão e planejamento do sistema produtivo.

A raça Nelore representa cerca de 80% do rebanho nacional, considerando-se animais puros ou cruzados (ACNB, 2020), sendo essa proporção explicada devido à boa adaptabilidade e rusticidade da raça ao ambiente tropical do país. Grande parte dos programas de melhoramento genético de gado de corte brasileiros são voltados ao progresso genético desta raça zebuína, visando melhorar características de crescimento, reprodutivas e de qualidade de carcaça, obtendo-se um biotipo animal de desempenho superior, com crescimento equilibrado.

Estas características, denominadas critérios de seleção, são medidas à campo e avaliadas pelos programas de melhoramento, resultando nas estimativas de variabilidade genética das características na população e também na predição dos valores genéticos dos indivíduos, possibilitando a seleção dos animais que se reproduzirão e deixarão descendentes.

Na tentativa de obter animais geneticamente superiores para várias características simultaneamente, os programas de melhoramento construíram índices de seleção empíricos, agrupando as características a serem melhoradas

para seleção dos reprodutores. Nestes índices, cada característica tem uma ponderação empírica (peso) relativa à sua importância no sistema produtivo. Desta forma, é possível realizar a ordenação dos candidatos à seleção, resumindo o mérito genético para várias características de interesse em um único valor, considerando a importância relativa de cada característica (HAZEL, 1943).

Alguns países como África do Sul, Austrália, Argentina, Estados Unidos, Namíbia, Nova Zelândia e Reino Unido usam em seus programas de melhoramento índices bioeconômicos para raças taurinas e zebuínas e diferentes objetivos de seleção (eBEEF.ORG, 2014; BREEDPLAN, 2019). Recentemente, estudos têm proposto inclusive a inclusão de características de difícil mensuração na formação dos índices, como a emissão de gases de efeito estufa, uma vez que o melhoramento genético tem potencial permanente e cumulativo para aumentar os ganhos em características que reduzam a emissão destes gases por unidade do produto (ABY *et al.*, 2013; AMER *et al.*, 2017).

No Brasil, em 2015, a Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP) incluiu o Mérito Genético Total Econômico (MGTe) nos sumários de avaliação genética de raças zebuínas, valor este obtido por um índice bioeconômico baseado em uma fazenda padrão da região Centro Oeste brasileiro. O MGTe contempla características de precocidade, fertilidade, ganho de peso e de carcaça em sua formação.

A vantagem na utilização de índices bioeconômicos de seleção está na ponderação das características que serão utilizadas no procedimento de seleção pelo seu valor econômico dentro do sistema avaliado, maximizando o lucro. Contudo, no Brasil, devido à dificuldade de informações de gestão de receitas e despesas das propriedades, diferenças entre sistemas produtivos utilizados, índices zootécnicos e também entre características avaliadas nos programas de melhoramento, ainda há uma lacuna sobre o cálculo dos valores econômicos das características e a obtenção de índices que retratem a realidade dos rebanhos para uma seleção efetiva. Atualmente, alguns trabalhos têm avaliado diferentes objetivos de seleção e índices de seleção para algumas raças bovinas e distintos sistemas de produção do país (CAMPOS *et al.*, 2014; CARVALHO & BITTENCOURT, 2015; PERIPOLLI *et al.*, 2016; COSTA *et al.*, 2017; REIS *et al.*, 2017; FERNANDES *et al.*, 2018, SIMÕES *et al.*, 2019). Os

resultados apontam a necessidade de mais estudos que, além de incorporar características produtivas, incluam características reprodutivas das fêmeas, pois estas influenciam diretamente o lucro do sistema.

Assim, visando otimizar a rentabilidade da propriedade, a seleção utilizando índices que contenham valores econômicos calculados adequadamente com base no sistema de produção utilizado pelo produtor é necessária, permitindo que este tome decisões de forma adequada, considerando as características mais relevantes do ponto de vista econômico para seu sistema produtivo e identificando animais mais rentáveis. Por isso, estudos que desenvolvam índices de seleção bioeconômicos apropriados aos sistemas produtivos do Brasil são importantes para incrementar a produção e o lucro de forma eficiente.

### **1.1. Hipóteses**

Valores econômicos das diferentes características avaliadas na raça Nelore variam de acordo com o sistema produtivo do Cerrado e Pantanal.

Diferentes sistemas de produção da raça Nelore necessitam de índices de seleção específicos para cada sistema do Cerrado e Pantanal.

### **1.2. Objetivos**

Calcular valores econômicos para características de importância econômica e biológica dentro de sistemas de produção de bovinos da raça Nelore no Cerrado e Pantanal.

Desenvolver índices de seleção bioeconômicos para bovinos da raça Nelore a partir de informações genóticas associadas às características de produção, reprodução e qualidade de carcaça para diferentes sistemas de produção adotados no Cerrado e Pantanal.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

A produção de carne bovina tem grande importância na economia brasileira, com distribuição em grande parte do território nacional e é responsável pela geração de empregos e renda de milhões de brasileiros. Porém, o conjunto de agentes que compõe esta cadeia produtiva, desde a fase produtiva dentro da fazenda até o venda para o consumidor final, apresenta grande heterogeneidade, quanto aos níveis de tecnificação e investimentos, trazendo como consequências divergências na produtividade e preço (BRASIL, 2007; BERNARDINO DE CARVALHO & DE ZEN, 2017).

Diferente de propriedades agrícolas onde o ciclo de produção é geralmente curto e o monitoramento de custos e receitas é realizado pelo produtor para maior controle e gerenciamento de suas atividades produtivas, auxílio na tomada de decisões e também devido às exigências para obtenção de empréstimos para financiamento, os sistemas de produção de bovinos de corte muitas vezes ainda têm seus custos de produção incompletos e sem o correto controle de gastos (PEREIRA, 2016), impedindo a identificação dos principais problemas na propriedade rural e, conseqüentemente, possíveis estratégias e soluções.

Melhorias no planejamento, no gerenciamento e nos índices zootécnicos e econômicos são imprescindíveis para garantir a manutenção da competitividade e conseqüentemente a permanência como empreendimento viável. Atualmente, outros desafios têm que ser superados pelos produtores e profissionais da área, entre os quais, a maior exigência dos consumidores por produtos de qualidade, preocupação com o bem-estar animal e com a conservação ambiental, além dos aspectos sociais dos sistemas produtivos e dos demais segmentos da cadeia produtiva (EUCLIDES FILHO, 2013).

No melhoramento genético, segundo Menezes et al. (2016) alguns gargalos devem ser solucionados para obtenção de um setor eficiente. Um ponto importante é o fato de que o número de touros superiores e avaliados geneticamente hoje não é suficiente para atender a demanda dos rebanhos brasileiros. Quanto à avaliação genética, uma padronização nas metodologias de análise e também a apresentação dos resultados pelos diferentes programas

de melhoramento para fácil compreensão e uso correto dos sumários pelos produtores.

Além disso, os autores apontam a necessidade de maior integração entre o setor de geração e desenvolvimento da genética e o setor produtivo visando maior produtividade e melhoria constante dos produtos, soluções computacionais nacionais para as avaliações genéticas e estratégias para inclusão da genética molecular, genômica e para incorporação de biotécnicas reprodutivas para melhorar a eficiência na seleção e difusão do material genético.

Os autores finalizam o trabalho destacando ainda o uso de índices de seleção bioeconômicos para sistemas de produção com objetivos específicos para lucratividade do sistema e também a identificação e desenvolvimento de genótipos específicos envolvidos com a resistência a doenças, eficiência alimentar, adaptação à produção nos trópicos e também de qualidade de carne demandada por diferentes mercados.

Para tanto, a participação de fazendas em programas de melhoramento para avaliação genética dos animais e posterior escolha dos indivíduos destinados à reprodução é uma ferramenta imprescindível a ser utilizada para o aumento da produtividade e geração de lucro. Os programas de melhoramento de gado de corte do Brasil e do mundo têm priorizado a identificação de animais eficientes do ponto de vista produtivo e bem adaptados às condições ambientais em que vivem, para obter maior retorno econômico. Com isso, como descrito por Hazel e Lush (1942), a seleção dos animais deve ser baseada em uma avaliação conjunta de todas as características que influenciem o resultado desejado para maximização do progresso genético.

## **2.1. Sistemas de produção da bovinocultura brasileira**

Cezar *et al.* (2005), Tôsto *et al.* (2013) e Benez e Cabral (2015) descreveram os tipos de sistemas de produção de bovinos de corte, de acordo com o ambiente de criação dos animais e manejo alimentar utilizado (à pasto, semiconfinamento e confinamento) e pela atividade econômica (cria, recria, terminação ou ciclo completo), conforme o produto produzido da seguinte forma: bezerros desmamados, garrotes e boi gordo, além de reprodutores e matrizes.



A caracterização dos sistemas à pasto é dada pela utilização de pastagens nativas e/ou cultivadas como únicas fontes de alimentos energéticos e proteicos, representando cerca de 80% dos sistemas utilizados no Brasil, devido às grandes áreas e aos menores custos produtivos.

Nos sistemas semiconfinados, a base alimentar também é de pastagens, porém é realizada a suplementação mineral proteica/energética. Este sistema tem como objetivo uma pecuária de ciclo mais curto, suplementando os animais em suas diversas fases de crescimento, dependendo das metas de produção de cada sistema, utilizando as modalidades de *creep feeding*, sal proteico e/ou concentrado.

Já os sistemas de confinamento são utilizados na fase final de produção para a terminação de dos animais. Em busca de maior produtividade, com ciclos menores e mais eficientes, os produtores tem aumentado o uso deste sistema nos últimos anos. No confinamento, a preocupação é reduzir custos com a alimentação, cerca de 70% do custo total, utilizando dietas com uma relação volumoso:concentrado que variam de 55:45 a 60:40 para menores custos.

Quanto às atividades econômicas desenvolvidas nos sistemas de produção de bovinos de corte, os sistemas de cria são compostos por fêmeas em reprodução, podendo estar inclusa ainda a recria de fêmeas para reposição, tanto para o crescimento do rebanho quanto para a venda destes animais. Neste sistema o objetivo é a venda de bezerros e todos os machos são vendidos após a desmama (7 a 9 meses de idade). Além dos machos desmamados são comercializados bezerras desmamadas, novilhas, vacas e touros. Em geral, as bezerras desmamadas e novilhas jovens (1 a 2 anos) são vendidas para reprodução, enquanto novilhas de 2 a 3 anos, vacas e touros descartados são destinados ao abate.

O sistema de recria difere da anterior pelo fato de machos e fêmeas serem retidos até 15 a 18 meses de idade, quando então são comercializados como garrotes. Já nos sistemas de ciclo completo (cria, recria e terminação), tem-se a venda dos machos e fêmeas excedentes para abate, com idade variável 15 a 42 meses, variando de acordo com o sistema de produção, resultando em animais com peso por volta de 450 a 500 kg na raça Nelore.

O sistema recria e terminação inicia-se com os bezerros desmamados e termina com o boi gordo/vaca gorda. Entretanto, em função da oferta de

garrotes de melhor qualidade, também pode começar com esse tipo de animal, o que, associado a uma boa alimentação, reduz o período de recria/terminação, o que pode acontecer também com bezerros desmamados de alta qualidade. Embora essa atividade tenha predominância de machos, verifica-se também a utilização de fêmeas, devido à diferenciação na composição e qualidade do produto final, dado que fêmeas depositam gordura mais precocemente do que os machos, fornecendo um produto diferenciado ao mercado consumidor (VENKATA REDDY *et al.*, 2014).

Os sistemas de terminação iniciam com o boi magro pesando cerca de 420 kg e idade entre 24 e 36 meses em média na raça Nelore, porém, atualmente, esse sistema tem sido utilizado por pecuaristas que também fazem terminação de fêmeas, buscando a produção e venda dos animais para um nicho específico de mercado que preza pela qualidade do produto.

O sistema de ciclo completo de produção é a junção de todos os anteriores já descritos, com reposição das fêmeas para reprodução do próprio rebanho, venda de bois gordos para o abate e de fêmeas excedentes.

## **2.2. Sistemas de produção de bovinos de corte do Cerrado e Pantanal**

O Centro Oeste brasileiro é hoje a região de maior produção de carne bovina do país (IBGE, 2018), com cerca de 74 milhões de cabeças, onde predominam os biomas Cerrado e Pantanal, com suas particularidades e características específicas de clima, vegetação e fauna.

### **2.2.1. Cerrado**

O Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul, ocupa área de 2 milhões de quilômetros quadrados, cerca de 22% do território brasileiro. Fazem parte do bioma os estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná, São Paulo e Distrito Federal, além de enclaves no Amapá, Roraima e Amazonas (BRASIL, 2017). Este bioma é constituído por vários tipos de vegetação e classificado em subsistemas (campo, cerrado, cerradão, matas, matas ciliares e veredas e ambientes alagadiços). O clima que predomina é o tropical,

apresentando duas estações bem definidas, sendo uma chuvosa, entre outubro e abril, e outra seca, entre maio e setembro.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2018, último Censo Agropecuário Brasileiro, 36% do rebanho bovino brasileiro encontrava-se no Cerrado, considerado, desta forma, detentor do maior efetivo dos biomas brasileiros.

Dos sistemas produtivos utilizados no Cerrado, predominam os extensivos, com forragens adaptadas às condições climáticas da região (VIU *et al.*, 2007), com diferentes atividades de cria, recria e engorda e ciclo completo.

Oliveira *et al.* (2017), identificando padrões tecnológicos do sistema de pecuária de corte desenvolvidos no Cerrado, observaram que o Mato Grosso é o estado que apresenta maior diversidade nos tipos de sistema produtivo utilizados. Dentre eles têm-se municípios com predomínio da fase de cria em produção extensiva (14%), municípios em que as fases de cria e recria são destaque (23%), municípios com produção em ciclo completo (24%) e da fase de engorda a pasto (13%), municípios com diversificação lavoura/pecuária com presença de confinamento para a terminação (8%) e municípios em que as atividades de ciclo completo à pasto e lavouras são expressivas (18%).

Na região Sul do Cerrado utilizados sistemas mais tecnificados, envolvendo integração lavoura-pecuária, ciclo completo e confinamento. Já municípios mais ao norte estão associados à produção mais extensiva e às fases de cria e recria, embora haja a presença de ciclo completo e engorda, particularmente no Maranhão.

### **2.2.2. Pantanal**

O bioma Pantanal é considerado o de menor extensão territorial no Brasil, com área aproximada de 150 mil quilômetros quadrados, cerca de 1,8% da área total do Brasil, situado no sul do Mato Grosso e no noroeste de Mato Grosso do Sul, além de também englobar o norte do Paraguai e leste da Bolívia (BRASIL, 2017). O Pantanal pode ser dividido em onze sub-regiões distintas por hidrologia, solo e vegetação, são elas: Cáceres (MT), Poconé (MT), Barão de Melgaço (MT), Paiaguás (MS), Nhecolândia (MS), Abobral (MS), Aquidauana

(MS), Miranda (MS), Paraguai (MS), Nabileque (MS) e Porto Murtinho (MS) (SILVA & ABDON, 1998).

A pecuária é a principal atividade econômica da região, desenvolvida em sistemas extensivos, geralmente em grandes propriedades com poucas divisões de piquetes e baixa lotação animal, predominando as fases de cria e recria na planície e a terminação ou sistemas de ciclo completo no planalto (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

De acordo com Crespolini *et al.* (2017), que analisaram dados da Famasul (Federação da Agricultura e Pecuária de Mato Grosso do Sul) em 2014, de 880 propriedades georreferenciadas no Pantanal, apenas cinco possuíam uma área total inferior a 100 hectares. Já propriedades com até 5.000 hectares representavam 61% dos estabelecimentos, ocupando 18% da área total. As propriedades de 5.001 a 10.000 hectares correspondiam a 18% do número de estabelecimentos, ocupando 19% da área total. Por fim, as de 10.001 a 20.000 hectares eram 14% dos estabelecimentos e 28% da área total e as maiores que 20.000 hectares representavam 7% dos estabelecimentos e ocupavam 35% da área total, ou seja, mais da metade da área total é ocupada por grandes propriedades.

Das particularidades do Pantanal, o clima na região é quente e com inverno seco, sendo que, pode ocorrer geadas em julho ou agosto. A precipitação varia entre 1.000 e 1.400 mm por ano, sendo que cerca de 80% das chuvas se concentram no verão, entre novembro e março. Neste período, a água na bacia do Pantanal aumenta entre dois e cinco metros e mais de 80% das planícies ficam submersas. A vegetação é variada e definida como 'Complexo Pantanal' (UNEP, 2007), em que são observados diferentes sistemas de plantas como: savana, campos abertos, campos "sujos" (árvores pequenas e arbustos), pântanos com vegetação hidrofílica, floresta tropical pluvial, entre outros. Com isso, os índices zootécnicos dos sistemas produtivos do Pantanal são diferentes dos observados em outras regiões, devido à baixa produtividade e qualidade das pastagens nativas, muito influenciadas pelos ciclos expressivos de seca e águas/chuvas (CARDOSO & CRISPIM, 2012).

A fim de tornar a produção de bovinos de corte eficiente e sustentável neste bioma, a EMBRAPA Pantanal e a EMBRAPA Gado de Corte prestam serviço técnico especializado através do Programa de Melhoramento Genético

GENEPLUS aos criadores, construindo um plano de trabalho adequado a ser realizado na fazenda para maior produtividade do rebanho, produzindo inclusive touros adaptados ao calor, enchentes e restrições periódicas de pastagem de qualidade do bioma em questão (ABREU *et al.*, 2019).

### **2.3. Objetivos e critérios de seleção**

Para participar de um programa de melhoramento, o primeiro passo a ser dado pelo produtor de bovinos de corte é definir os objetivos de seleção, ou seja, as características que influenciam as receitas e despesas dentro do sistema produtivo, que poderão contribuir para aumentar o lucro da propriedade (HAZEL, 1943).

Ponzoni (1986) e Ponzoni e Newman (1989) demonstraram que a obtenção dos objetivos deve ser realizada através dos seguintes pontos: a) especificação do sistema produtivo, mercado e reprodução; b) identificação das fontes de receita e despesas no rebanho; c) determinação das características biológicas que influenciam os rendimentos e despesas e; d) estimação dos valores econômicos para cada característica que irá compor os objetivos de seleção.

A ponderação relativa, ou seja, a importância de cada objetivo de seleção dentro do sistema produtivo deve ser determinada e depende da importância econômica, potencial ganho genético, correlações genéticas com outras características e os custos de medição, com mão-de-obra, instalações e tempo (HARRIS, 1970). Segundo Pearson (1982), uma abordagem prática para escolha dos objetivos de seleção pode ser a inclusão de características que sejam significativas em mais de 10% na variação do lucro. Em sistemas de ciclo completo de produção, características reprodutivas têm um impacto econômico cerca de dez vezes maior do que as associadas ao crescimento (HILL, 1998).

Após a definição dos objetivos, deve-se então avaliar quais os critérios de seleção serão utilizados para atingir estes objetivos. Os critérios de seleção são as características medidas e usadas na estimação dos valores genéticos dos animais, dentro dos programas de melhoramento, afim de observar quais são os melhores indivíduos para cada característica avaliada. Os critérios devem ser de fácil mensuração, apresentar variabilidade genética e

boas correlações genéticas com os objetivos de seleção (HAZEL, 1943), podendo ser divididos em: a) características reprodutivas; b) características de crescimento; c) características morfológicas; d) características relacionadas ao produto (carcaça) e; e) características de adaptação (MARTÍN NIETO, ALENCAR e ROSA, 2013).

Muitas características avaliadas em programas de melhoramento não afetam diretamente o lucro do rebanho, porém estão correlacionadas geneticamente com outras economicamente relevantes (objetivos de seleção). Ao contrário das características de crescimento, morfológicas e de carcaça que apresentam, normalmente, coeficientes de herdabilidades de moderada a alta magnitude e são de fácil mensuração, possibilitando ganho genético via seleção direta, as características reprodutivas, geralmente, apresentam baixas estimativas de herdabilidade e mensuração cara, difícil e/ou tardia, dificultando obtenção de ganhos expressivos no rebanho.

Exemplo disso é a seleção para precocidade sexual no rebanho, em que o desempenho produtivo das fêmeas está diretamente ligado à idade em que as novilhas entram em reprodução. Fêmeas que atingem a puberdade precocemente, parindo mais cedo, tendem a apresentar maior habilidade de permanência no rebanho, devido à alta e favorável correlação genética (0,64) entre prenhez precoce e longevidade produtiva (VAN MELIS *et al.*, 2010). Então, ao se realizar seleção para precocidade sexual, indiretamente haveria ganho em longevidade, pois quanto mais cedo as fêmeas parissem, maior seria a duração da sua vida reprodutiva no rebanho produzindo bezerros. Porém, a identificação da puberdade em fêmeas é um processo caro, que demanda a mensuração de níveis hormonais para detecção da primeira ovulação das novilhas. Da mesma forma, a identificação de animais longevos é um processo tardio, que necessita da coleta de informações por determinado período de tempo, normalmente partos entre os 5 e 6 anos, atrasando o processo de melhoramento.

Assim, Souza (2016) relatou que a medida do perímetro escrotal, por exemplo, embora não apresente valor econômico, por não ter relação direta com os custos e receitas, é um bom indicador de fertilidade e precocidade tanto em machos quanto em fêmeas, devido à correlação genética negativa e favorável com a idade ao primeiro parto, ou seja, selecionando-se animais para maiores perímetros, por resposta correlacionada, a idade ao primeiro parto diminuirá, o

que impactará positivamente para melhorar a eficiência reprodutiva do rebanho. O perímetro escrotal é uma característica de baixo custo e fácil mensuração, apresenta coeficiente de herdabilidade moderado a alto, resultando em maior ganho genético e, por essa razão, pode ser utilizado como critério de seleção para melhorar a precocidade sexual no rebanho, permitindo um maior número de filhos por matriz, possibilitando a fêmea cobrir seus custos de produção e passar a dar lucro dentro do sistema.

#### **2.4. Valores econômicos**

A importância econômica das características a serem utilizadas como objetivos de seleção deve ser avaliada por seus valores econômicos, que podem ser definidos como a mudança no lucro anual de um sistema de produção decorrente do aumento em uma unidade de uma característica, mantendo-se as demais constantes (HAZEL, 1943).

Os valores econômicos podem ser obtidos de duas formas: pelo método positivo, com avaliação de dados reais, ou pelo método normativo, com simulação dos dados, através de equações de lucro ou modelos bioeconômicos.

O método positivo é realizado através de uma análise de regressão que relaciona o lucro do sistema com os valores genéticos dos animais para as características avaliadas, porém este processo demanda uma grande quantidade de informações para sua execução. Além disso, os valores econômicos são calculados com base em informações obtidas no passado, enquanto o progresso deve ser projetado para o futuro. Por isso, o método normativo, utilizando simulação de dados, é preferido para obtenção dos valores econômicos (KRUPOVÁ *et al.*, 2008).

A equação de lucro é uma função linear criada para representar a relação entre o desempenho do animal e o lucro do sistema produtivo (BOURDON, 1998). Os valores econômicos são calculados como derivadas parciais da função de lucro em relação a cada característica considerada no objetivo de seleção. Assim, a alteração de cada característica é feita individualmente, em que por exemplo, o aumento no peso ao sobreano não é acompanhado pelo aumento no peso adulto. Os valores econômicos representam então a mudança no lucro induzida pela mudança no valor

fenotípico ou genético de uma característica por vez. A principal vantagem das funções de lucro é a simplicidade e facilidade na interpretação dos resultados (KRUPOVÁ *et al.*, 2008).

Os modelos bioeconômicos podem ser determinísticos ou estocásticos. Estes modelos apresentam várias equações, representando relações biológicas, de manejo, gestão e econômicas do sistema produtivo. Com isso, os modelos contemplam mais informações biológicas do que as equações de lucro, apresentando maior controle sobre o impacto econômico que uma dada característica pode ter para um sistema de produção (JONES *et al.*, 2004; KRUPOVÁ *et al.*, 2008). Uma desvantagem dessa metodologia é a exigência de uma grande quantidade de informações para descrever corretamente o ambiente, o gerenciamento, a produção e os fatores econômicos do sistema como um todo. Além da obtenção desses dados junto aos produtores ser difícil, estes modelos normalmente são projetados para simular sistemas de produção muito específicos e, conseqüentemente, que não se adequam para outros sistemas de produção (BOURDON, 1998).

O valor econômico ( $ve$ ) de uma característica ( $i$ ) pode ser expresso em reais por animal por ano, e é obtido pela diferença entre o lucro após ( $L'$ ) e antes da mudança ( $L$ ) em uma unidade de cada característica, denominado lucro variante ( $\Delta L$ ), mantendo-se inalteradas as médias das demais características. Esta função pode ser representada por:

$$ve_i = \Delta L_i / n$$

em que  $\Delta L$  é o lucro variante ( $L' - L$ ) da característica  $i$  e  $n$  é o número de vacas do rebanho (PONZONI, 1992).

Para possibilitar a comparação dos valores econômicos das características avaliadas, mesmo que em diferentes unidades de medida, o valor econômico é ponderado pelo desvio-padrão da característica, dado por:

$$a = ve_i \times \sigma_a$$

em que  $a$  é o valor econômico padronizado da característica  $i$  e  $\sigma_a$  é o desvio-padrão genético aditivo da característica  $i$ . Desta forma, o valor



econômico de cada característica irá se referir ao lucro obtido por meio da mudança de um desvio-padrão genético aditivo da característica avaliada (PONZONI & GIFFORD, 1990).

O valor econômico relativo ( $vR$ ), ou seja, a importância da característica dada em porcentagem, pode ser calculado como:

$$vR_i = (a_i / \sum a_n) \times 100$$

em que  $\sum a_n$  é a soma dos valores econômicos padronizados de todas as características avaliadas.

Os valores econômicos são necessários para garantir que a ênfase na seleção seja proporcional à importância econômica de cada uma das características num determinado objetivo de seleção (AMER *et al.*, 2001).

## **2.5. Índices de seleção**

Segundo Hazel e Lush (1942), o meio de seleção mais efetivo em avaliar o valor de um animal é a combinação das informações econômicas das características com seus respectivos valores genéticos em índices econômicos de seleção. Porém, devido aos diferentes sistemas produtivos, fatores biológicos e de mercado, a aplicação dos índices é singular, o que justifica, além das dificuldades para ponderação econômica das características, o motivo pelo qual ainda não foram incluídos efetivamente nos programas de melhoramento de bovinos de corte no Brasil (SOUZA, 2016).

### **2.5.1. Desenvolvimento dos índices de seleção**

A construção de um índice de seleção pode ser realizada a partir da obtenção de informações fenotípicas (desvio padrão para cada característica, correlações fenotípicas entre cada par de características e correlações fenotípicas entre as características de parentes) e genéticas (variância genética aditiva de cada característica e correlações genéticas entre cada par de características) (HAZEL, 1943). Assim, tendo-se os objetivos e critérios de seleção bem definidos e os componentes de (co)variâncias genéticas e

fenotípicas entre as características estimados, pode-se desenvolver os índices de seleção.

O mérito genético-econômico de um animal pode ser definido como a soma de seus valores genéticos ponderados de acordo com o valor econômico relativo de cada característica. Hazel (1943) denominou este conceito como “genótipo agregado” ( $H$ ), sendo representado pela equação:

$$H = v_1g_1 + v_2g_2 \dots v_n g_n = \mathbf{v}'\mathbf{g}$$

em que:  $H$  é uma função linear dos valores genéticos aditivos ( $g_i$ ) para cada uma das  $n$  características de interesse (objetivos de seleção) ponderadas pelos seus respectivos valores econômicos relativos ( $v_i$ ). Em notação vetorial tem-se:  $\mathbf{v}' = [v_1, v_2, \dots, v_n]$  e  $\mathbf{g}' = [g_1, g_2, \dots, g_n]$ .

Inicialmente, os índices de seleção foram desenvolvidos com base no fenótipo dos animais para cada característica, uma vez que haviam limitações computacionais para a obtenção dos valores genéticos. Com isso, a seleção para  $H$  era realizada indiretamente através de um índice ( $I$ ), sendo a correlação ( $r_{HI}$ ) máxima desejada entre  $H$  e  $I$ .

A notação matricial para este índice pode ser descrita como:

$$I = b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_mx_m = \mathbf{b}'\mathbf{x},$$

em que:  $x$  é um vetor  $m \times 1$  do desempenho fenotípico dos critérios de seleção e  $b$  é um vetor  $m \times 1$  dos coeficientes de regressão obtidos. Em notação vetorial tem-se:  $\mathbf{b}' = [b_1, b_2, \dots, b_m]$  e  $\mathbf{x}' = [x_1, x_2, \dots, x_m]$ .

A correlação ( $r_{HI}$ ) entre o índice ( $I$ ) e o valor genético agregado ( $H$ ) deve ser máxima, ou a variância dos erros ( $Var(H-I)$ ) mínima. Assim, para minimizar a variância da diferença entre o valor predito ( $I$ ) e o valor verdadeiro ( $H$ ), Dekkers *et al.* (2004) descreveram:

$$\begin{aligned} E (H-I)^2 &= E [(I - H)' (I - H)] \\ E (H-I)^2 &= E [(I - H) (I - H)'] \\ &= E [(b'x - v'g) (x'b - g'v)] \end{aligned}$$

$$= E [(b'xx'b - b'xg'v - v'gx'b + v'gg'v)],$$

em que  $x$  é um vetor coluna das observações e  $g$  é o vetor coluna dos valores genéticos.

Em seguida, através da derivação de cada um dos termos temos:

$$E (b'xx'b) = b'E(xx') b = b'Pb,$$

$$E (b'xg'v) = b'E(xg') v = b'G_{12}v,$$

$$E (v'gx'b) = v'G_{12}'b = b'G_{12} v, \text{ (em que } b'G_{12}v \text{ é um escalar)}$$

$$E (v'gg'v) = v'E(gg') v = v' Cv$$

Logo, para minimizar  $M = b'Pb - 2b'G_{12}v + v' Cv$  deve-se obter valores correspondentes a:

$$\frac{\delta M}{\delta b} = 2Pb - 2G_{12}v + 0 = 0$$

A minimização da variância dos erros ( $Var(H-I)$ ) e a máxima correlação ( $r_{HI}$ ) entre o índice ( $I$ ) e o valor genético agregado ( $H$ ) serão obtidos por:

$$Pb = G_{12} v$$

Logo, os coeficientes de regressão podem ser calculados por:

$$b = P^{-1} G_{12} v$$

em que:  $G_{12}$  é a matriz  $n \times m$  de covariâncias genéticas para  $m$  objetivos de seleção e  $n$  critérios de seleção ao H;  $P$  é uma matriz  $n \times n$  de (co)variâncias fenotípicas dos critérios de seleção; e  $v$  é um vetor  $m \times 1$  de valores econômicos relativos das características.

Atualmente, com o avanço dos computadores e programas de análise, a predição dos valores genéticos para os critérios de seleção é realizada com a metodologia BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*), que utiliza as

informações de todo o pedigree. Com isso, mesmo que o indivíduo não tenha seu fenótipo medido, a seleção pode ser feita através das DEPs (diferenças esperadas na progênie), obtidas com auxílio dos fenótipos de seus parentes pela matriz de parentesco. Essa metodologia permite a comparação de animais dentro e fora dos grupos de contemporâneos, uma vez que as DEPs são ajustadas para os efeitos de ambiente que possam influenciar o desempenho dos animais (CAMPOS *et al.*, 2014; KLUYTS, NESER, e BRADFIELD, 2007).

Schneeberger *et al.* (1992) propuseram um índice de seleção em que as DEPs são as únicas informações necessárias, além dos valores econômicos e das (co)variâncias genéticas entre os critérios de seleção presentes no índice ( $G_{11}$ ) e as covariâncias genéticas entre os critérios de seleção e as características do valor genético agregado ( $G_{12}$ ).

Para o índice cuja notação é:

$$I = b' DEP,$$

os coeficientes de regressão ( $b$ ) serão calculados por:

$$b = G_{11}^{-1} G_{12} v$$

em que:  $b$  é o coeficiente de regressão (ponderador) para as DEPs dos critérios de seleção do índice,  $G_{11}$  é a matriz  $n \times n$  de variâncias e covariâncias genéticas de  $n$  critérios de seleção do índice,  $G_{12}$  é a matriz  $n \times m$  de covariâncias genéticas entre  $n$  critérios de seleção do índice e  $m$  características do valor genético agregado, e  $v$  é o vetor de valores econômicos de ordem  $m \times 1$ .

A confiabilidade do índice econômico de seleção pode ser obtida pela sua acurácia, a qual é estimada pela correlação entre  $I$  e  $H$  (DEKKERS *et al.*, 2004):

$$r_{HI} = \frac{\sigma_{HI}}{\sigma_I \sigma_H}$$

Sendo a variância do índice ( $\sigma_I^2$ ) dada por:

$$\begin{aligned}\sigma_I^2 &= \text{Var}(b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n) \\ &= b_1^2\sigma_{p1}^2 + b_2^2\sigma_{p2}^2 + \dots + 2b_1b_2\sigma_{p12} + 2b_nb_n\sigma_{pnn}\end{aligned}$$

Em notação matricial, tem-se:

$$\sigma_I^2 = \text{Var}(b'x) = b'\text{Var}(x)b = b'Pb$$

No entanto, se  $b$  não for um vetor arbitrário, mas sim um conjunto ótimo de coeficientes de  $I$ , originado pela equação  $b = P^{-1}G_{12}a$ , então,  $\sigma_I^2$  pode ser representada como:

$$\sigma_I^2 = b'PP^{-1}G_{12}V = b'G_{12}V$$

A variância de  $H$  ( $\sigma_H^2$ ) pode ser dada por:

$$\sigma_H^2 = \text{Var}(v'g) = v'\text{Var}(g)v = v'Cv$$

em que:  $C$  é a matriz  $m \times m$  das (co)variâncias genéticas entre as características do valor genético agregado.

A covariância entre  $H$  e  $I$  pode ser calculada como:

$$\sigma_{HI} = \text{Cov}(b'X, v'g) = b'\text{Cov}(X, g)v = b'G_{12}V$$

e a correlação entre  $H$  e  $I$  pode ser obtida por:

$$r_{HI} = \frac{\sigma_{HI}}{\sigma_I\sigma_H} = \frac{b'G_{12}V}{\sqrt{(b'G_{11}b)(v'Cv)}}$$

em que:  $b'G_{12}V$  representa a covariância entre o índice e o genótipo agregado,  $b'G_{11}b$  representa a variância do índice, e  $v'Cv$  representa a variância do genótipo agregado.

Assim, para o índice ótimo ( $\sigma_I^2$  igual a  $\sigma_{HI}^2$ ), a equação da acurácia pode ser simplificada para:

$$r_{HI} = \frac{\sigma_I}{\sigma_H} = \sqrt{\frac{b'G_{12}v}{v'Cb}}$$

Então, a resposta à seleção (R\$) após uma geração de seleção ( $S_H$ ) praticada em  $I$  para melhorar  $H$  pode ser calculada por:

$$S_H = i r_{HI} \sigma_H,$$

em que:  $i$  é a intensidade de seleção praticada.

A equação pode ser expressa matricialmente como:

$$S_H = \frac{b'G_{12}v}{\sqrt{b'G_{11}b}}$$

sendo válida para qualquer índice, porém no caso do índice ótimo ( $b'G_{11}v = b'Gb$  e  $\sigma_I^2 = \sigma_{HI}^2$ ), a equação de  $S_H$  pode ser simplificada para:

$$S_H = i\sqrt{b'G_{12}v}$$

A mudança esperada no valor genético aditivo da  $i$ ésima característica (unidade da característica) no genótipo agregado devido à seleção no índice ( $S_{g_i}$ ) pode ser encontrada como:

$$S_{g_i} = i b_{g_i I} \sigma_I = i \frac{\sigma_{g_i I}}{\sigma_I}$$

em que:  $\sigma_{g_i I} = \text{cov}(g_i, \mathbf{b}'\mathbf{x}) = \mathbf{b}'\text{cov}(g_i, \mathbf{x}) = \mathbf{b}'\mathbf{G}_i$

onde  $G_i$  denota a  $i$ ésima coluna de  $G$ :  $G = [G_1, G_2, \dots, G_i, \dots, G_n]$ .

Por isso, para qualquer índice temos o ganho genético como:

$$S_{g_i} = i \frac{\mathbf{b}'\mathbf{G}_i}{\sqrt{\mathbf{b}'\mathbf{P}\mathbf{b}}}$$

E para o índice ótimo, a solução é dada por:

$$S_{g_i} = i \frac{\mathbf{b}'\mathbf{G}_i}{\sqrt{\mathbf{b}'\mathbf{G}\mathbf{v}}}$$

Assim, o vetor de respostas genéticas de cada uma das características no genótipo agregado pode ser encontrado como:

$$S_g = [S_{g_1}, \dots, S_{g_i}, \dots, S_{g_n}] = i \frac{\mathbf{b}'\mathbf{G}}{\sqrt{\mathbf{b}'\mathbf{P}\mathbf{b}}}$$

### 2.5.2. Tipos de índices de seleção

Bullock, Brown e Keenan (2017) descrevem a classificação dos índices de seleção com base no produto a ser comercializado pelo produtor de bovinos de corte, sendo divididos em: índice terminal, índice de cria/recria e índice de ciclo completo de produção.

O Índice terminal, em geral, concentra-se na venda de carcaças com base na qualidade e rendimento, ou seja, as fêmeas não são mantidas para reposição. Normalmente, esses índices assumem que somente vacas adultas serão acasaladas e não é dada ênfase para características ligadas à facilidade de parto. Um componente importante da rentabilidade em um índice terminal é a eficiência alimentar, dada pela relação ingestão x ganho. Esses índices geralmente são usados para selecionar touros para uso comercial quando é assumido que todos os bezerros serão comercializados como animal/carcaça acabados.

O Índice de cria/recria, é utilizado por muitos criadores comerciais, em que o desmame ou ano é o período de comercialização dos animais. Além disso, muitos produtores mantêm suas próprias novilhas para a reposição do rebanho. Atualmente, poucos índices são projetados para atender especificamente a este

esquema de produção, embora represente o maior segmento da indústria de carne bovina. Alguns índices de ciclo completo podem atender a essa demanda, especialmente se o índice enfatizar características reprodutivas. Se for esse o caso, os produtores comerciais de vaca/bezerro poderiam usar o índice de ciclo completo para selecionar touros que satisfariam seus fluxos de custos e receitas, ao mesmo tempo em que poderia ser dada alguma ênfase em características de confinamento e carcaça para melhor remuneração. Esses índices são para produtores que vendem bezerros desmamados ou de desempenho inferior e mantêm as novilhas de substituição.

O Índice de ciclo completo considera todo o sistema da cria até o abate dos animais, assumindo que o produto final é a venda de carcaças, no entanto, assume-se que as fêmeas serão mantidas para reposição. Nestes índices normalmente são inclusas características ligadas à facilidade de parto e fertilidade para as fêmeas e qualidade de carcaça. A eficiência alimentar ou a ingestão alimentar estão ausentes na maioria dos índices. Uma vez que os índices de ciclo completo incluem todo o sistema de produção e incluem um maior número de características, o risco da seleção é diluído, tornando os índices mais estáveis, mantendo o equilíbrio produtivo e reprodutivo do rebanho.

### **2.5.3. Sensibilidade dos índices de seleção às estimativas de (co)variâncias**

Na teoria dos índices de seleção pressupõe-se que os parâmetros genéticos e fenotípicos são conhecidos sem erros. Porém, na prática, esses parâmetros são estimados a partir de amostragem de dados e o uso das estimativas, no lugar dos parâmetros verdadeiros, pode levar a erros nas estimativas de resposta à seleção e a perda de eficiência em relação ao uso do índice ótimo (SALES & HILL, 1976).

A confiabilidade dos parâmetros genéticos e fenotípicos depende de inúmeras variáveis, incluindo: o método de estimação, a estrutura de dados e o tamanho da amostra. O efeito dos erros nas correlações fenotípicas e genéticas é diferente entre características, dependendo da magnitude das correlações e das relações com outras características.



As (co)variâncias utilizadas no desenvolvimento do índice de seleção são apenas estimativas, com isso, um índice insensível às mudanças nas (co)variâncias seria melhor que um índice que admita a sensibilidade. Esta, é calculada como a proporção de resposta de seleção máxima que se espera no genótipo agregado se um conjunto de variâncias fosse usado (u) para derivar os coeficientes do índice quando outro conjunto de variâncias era verdadeiro (t).

A sensibilidade ( $E_u$ ) pode ser expressa por:

$$E_u = \frac{S_{H_u}}{S_{H_t}} = \frac{b'_u G_{12_t} v}{\sqrt{b'_u G_{11_t} b_u}} * \frac{1}{\sqrt{b'_u G_{12_t} v}}$$

em que:  $b_u = P_u^{-1} G_u v$  e  $b_t = P_t^{-1} G_t v$ . Onde  $b_u$  são coeficientes derivados de valores 'usados' e  $b_t$  são coeficientes verdadeiros do índice, dados por  $P_u^{-1} G_u v$  e  $P_t^{-1} G_t v$ , respectivamente (SMITH, 1983). Os coeficientes "usados" do índice são arbitrários, enquanto que os coeficientes de índice "verdadeiros" são considerados ótimos.

Os índices de seleção são muitas vezes criticados por implantar pressupostos sobre parâmetros genéticos. Para ser usado com confiança, deve-se então ser bastante robustos para admitir mudanças nas (co)variâncias. Com isso, os cálculos de sensibilidade são importantes para determinar a aplicação prática de um índice às condições reais de produção de bovinos.

Simm, Smith e Prescott (1986) avaliaram a sensibilidade de dois índices de seleção através de mudanças nas estimativas dos parâmetros genéticos em bovinos de corte para mais e menos 0,2 e 0,4. A variação das estimativas em 0,2 não reduziu a eficiência a menos de 0,99, já para as estimativas que variaram em 0,4 a eficiência da seleção diminuiu para 0,97.

#### **2.5.4. Sensibilidade de índices de seleção para estimativas de valores econômicos**

Grandes mudanças nos pesos econômicos podem ou não resultar em perdas de eficiência dos índices, dependendo da utilização das características (SMITH, 1983). No caso de uma característica de maior importância relativa no

índice, a eficiência será sensível principalmente às mudanças nessa característica. Neste caso, a eficiência pode permanecer alta quando o peso econômico da característica dominante é mais preciso, independentemente das mudanças nos pesos econômicos das demais características do índice. Quando há um equilíbrio entre as características, podem ocorrer perdas moderadas de eficiência através de mudanças nos pesos econômicos. As perdas de eficiência mais significativas ocorrerão quando características relevantes são omitidas, características sem importância recebem destaque ou quando a direção da seleção é revertida por uma característica importante.

Simm, Smith e Prescott (1986) relataram a eficiência de dois índices de seleção para um aumento ou diminuição proporcional de 0,5 no valor econômico relativo de cada característica no valor genético agregado. Os valores de eficiência foram sempre superiores a 0,967, quando os valores econômicos relativos foram alterados um por vez, indicando que os índices examinados eram insensíveis à grandes mudanças nos pesos econômicos. A variação nos valores econômicos considerada por Simm, Smith e Prescott (1986) pode provavelmente exceder a variação entre sistemas de produção e entre diferentes métodos de cálculo.

## **2.6. Resultados da Literatura**

Recentemente, alguns trabalhos têm sido desenvolvidos para obtenção de valores econômicos e índices para diferentes objetivos de seleção em bovinos de corte no Brasil.

Campos *et al.* (2014), desenvolveram um modelo bioeconômico para calcular os valores econômicos de características biológicas para uma propriedade de ciclo completo de produção de bovinos da raça Aberdeen Angus. Os autores observaram que o número de bezerros nascidos é uma característica de alto impacto econômico e que o peso de abate tem efeito positivo importante no lucro do sistema produtivo. Além disso, os autores propuseram um índice de seleção com as características de peso, conformação, precocidade e musculatura ao sobreano e perímetro escrotal e destacaram a importância da inclusão dos escores visuais para seleção de animais harmoniosos.

Para bovinos da raça Nelore, Carvalho e Bittencourt (2015) estudaram quais características deveriam ser inclusas como objetivos de seleção para diferentes cenários de sistemas de cria. A taxa de desmama foi a característica de maior importância nos sistemas estudados, seguida pelo peso ao sobreano e peso da vaca adulta. Os autores comentam que o preço pago ao produtor é o fator de maior impacto na obtenção dos valores econômicos das características estudadas.

Peripolli *et al.* (2016) desenvolveram um modelo bioeconômico denominado “*Beef Management System*” para obtenção dos valores econômicos em quatro sistemas de recria e engorda em machos inteiros Nelore e machos inteiros cruzados ( $\frac{1}{2}$  taurino,  $\frac{1}{2}$  zebu). As características analisadas foram o ganho médio diário, rendimento de carcaça, consumo alimentar e energia de manutenção, observando-se que todas estas têm grande impacto econômico dentro dos sistemas de recria e engorda de bovinos de corte. Os autores concluem que a definição dos valores econômicos das características que serão componentes dos índices de seleção trará maior eficiência econômica na avaliação genética e seleção dos animais, aumentando a eficiência produtiva e econômica e auxiliando produtores e técnicos nas tomadas de decisões dentro do sistema produtivo.

Para um sistema de produção de ciclo completo para a raça Nelore criada no Cerrado, Souza (2016) obteve os valores econômicos de diferentes características para construção de três índices com diferentes propósitos, sendo um índice geral, com objetivo de selecionar animais harmônicos e dois índices com a finalidade de maximizar a produção de bezerros desmamados e de animais terminados, respectivamente. A autora observou que o índice geral foi o qual se obteve o maior ganho econômico, e além disso, que as características de idade ao primeiro parto, produtividade acumulada, intervalo de partos, ganho médio diário pré e pós desmama, peso aos 450 dias de idade, área de olho de lombo e a eficiência alimentar foram as que tiveram grande participação no lucro e que os diferentes sistemas produtivos utilizem seus próprios índices devido às mudanças nos custos e receitas.

Costa *et al.* (2017), estudando animais das raças Hereford e Braford sob três diferentes sistemas de produção (cria, ciclo completo e terminação), obtiveram valores econômicos para diferentes objetivos de seleção (taxa de

sobrevivência, peso adulto da vaca, peso à desmama direto e peso de carcaça) e formaram índices de seleção que maximizassem a rentabilidade, a fim de comparar o ganho genético e econômico destes índices com o índice empírico do programa de melhoramento PampaPlus. Com os resultados obtidos, os autores concluem que é necessária a incorporação de novos critérios de seleção no programa de melhoramento como a mensuração de características reprodutivas de fêmeas, que afetarão diretamente a lucratividade do rebanho. Além disso, os índices obtidos no trabalho foram mais eficientes que o índice empírico do PampaPlus, sugerindo a utilização de índices bioeconômicos para maior retorno.

Fernandes *et al.* (2018), utilizando informações de fêmeas Nelore, touros Angus e seus cruzados, simularam sistemas de cria e ciclo completo e calcularam valores econômicos para as características de peso a desmama, ano, sobreano e abate, além das taxas de desmame e prenhez, com objetivo de selecionar touros Angus para produção de bezerros cruzados. As características reprodutivas foram as de maior impacto econômico dentro dos dois sistemas avaliados. Além disso, os autores reproduziram um sistema de bonificação pela qualidade das carcaças que mostrou ganhos substanciais no pagamento ao produtor. Os autores concluem que a inclusão de outras características no índice de cria é importante para progresso genético do rebanho.

Em dois sistemas de produção de ciclo completo no Sul do Brasil para bovinos da raça Brangus, com abate aos 30 e 27 meses, Simões *et al.* (2019) obtiveram valores econômicos para as características taxa de prenhez, peso de carcaça quente, peso adulto da vaca, número de ovos por grama de fezes (OPG) e contagem de carrapatos, observando que a característica de carcaça foi a de maior relevância dentro dos sistemas produtivos, mas também que características relacionadas à resistência ao parasitismo são importantes nos sistemas estudados. Além disso, os autores correlacionaram o índice empírico utilizado pelo programa de melhoramento da raça Brangus (PROMEBO) com o índice obtido no trabalho, observaram diferenças na classificação dos animais e propuseram um novo índice com novos critérios que trariam maiores ganhos econômicos ao produtor.

Mesmo tendo-se alguns trabalhos com índices para diferentes raças, objetivos e sistemas produtivos, observa-se a grande variedade de

características inclusas e as diferenças na relevância que cada característica possui dentro dos índices de seleção. Com isso, destaca-se a importância de estudos para diferentes objetivos de seleção, com diferentes critérios para sistemas de criação específicos, uma vez que ainda são poucos trabalhos publicados e na prática os programas ainda não adotem índices bioeconômicos devido à escassez de informações disponíveis que tragam confiabilidade à utilização nos sumários de reprodutores.

Os capítulos 2 e 3 do presente trabalho referem-se à formação de índices para sistemas de produção de ciclo completo da raça Nelore no Cerrado com diferentes sistemas de terminação (à pasto ou confinamento) e no Pantanal com diferentes tamanhos de rebanho, afim de observar diferenças na importância relativa das características, nos índices obtidos e nos ganhos esperados.

## **CAPÍTULO II – Manuscrito 1<sup>3</sup>**

---

<sup>3</sup> Elaborado conforme as normas do Journal os Animal Breeding and Genetics

## **Selection indices for Nelore production systems in the Brazilian Cerrado**

### **Selection indices for Nelore production systems in Brazil**

**Abstract:** The aim of this study was to develop selection indices for Nelore cattle raised in two complete cycle production systems in the Brazilian Cerrado where bulls are mated with heifers and mature cows. The resulting offspring are retained as replacements or sold at 2 years. In System 1 (S1), the animals were raised and finished on pasture, while in System 2 (S2), the animals were raised on pasture and males were finished in the feedlot. The economic values were determined by stochastic simulation of the production system using partial derivatives of the profit function, changing one trait at a time, by 1 unit, while keeping the other traits constant. Relative economic values were calculated for cow weight, weaning weight, maternal weaning weight, postweaning average daily gain, fat thickness, ribeye area, and stayability. The economic values were, respectively, US\$0.67, US\$0.41, US\$-0.15, US\$0.09, US\$-0.17, US\$187.6 and US\$2.7 for S1, and US\$0.47, US\$0.45, US\$0, US\$0.28, US\$-0.59, US\$157.5 and US\$0.73 for S2. Consequently, increased profitability can be obtained by improving the cows' ability to stay in the herd, cow weight, ribeye area, weaning weight, and postweaning gain. The accuracy of the indices was 0.85 (S1) and 0.86 (S2). The application of these indices will aid Nelore breeders to select superior animals, facilitating the genetic progress and profit of the herd.

**Keywords:** beef cattle, bioeconomic model, breeding objectives, genetic gain, selection

**Resumo:** O objetivo deste estudo foi desenvolver índices de seleção para bovinos Nelore criados em dois sistemas de produção de ciclo completo no Cerrado brasileiro, onde touros eram acasalados com novilhas e vacas adultas. Parte da progênie era retida para reposição e o restante vendida aos 2 anos de idade. No Sistema 1 (S1), os animais foram criados e terminados à pasto, enquanto no Sistema 2 (S2), os animais foram criados à

pasto e os machos foram terminados em confinamento. Os valores econômicos foram determinados por simulação estocástica do Sistema produtivo usando derivadas parciais da função de lucro, alterando uma característica de cada vez, por uma unidade, mantendo as demais características constantes em suas médias. Os valores econômicos relativos foram calculados para peso da vaca, peso à desmama, efeito materno do peso à desmama, ganho médio diário pós-desmama, espessura de gordura subcutânea, área de olho de lombo e stayability. Os valores econômicos foram, respectivamente, US\$0,67, US\$0,41, US\$-0,15, US\$0,09, US\$-0,17, US\$187,6 e US\$2,7 para S1 e US\$0,47, US\$0,45, US\$0, US\$0,28, US\$-0,59, US\$157,5 e US\$0,73 para S2. Consequentemente, é possível obter maior lucratividade selecionando simultaneamente a habilidade de permanência no rebanho, peso da vaca, área de olho de lombo, peso à desmama e ganho pós-desmama. A acurácia dos índices foi de 0,85 (S1) e 0,86 (S2). A aplicação desses índices ajudará os criadores da raça Nelore a selecionar animais superiores, facilitando o progresso genético e aumentando o lucro no rebanho.

**Palavras-chave:** bovinos de corte, modelo bioeconômico, objetivos de seleção, ganho genético, seleção

## **Introduction**

One-third of Brazilian beef is produced in exclusively extensive pasture-based systems, with the herds being composed of Zebu breeds, particularly Nelore, adapted to the tropical conditions of the Cerrado biome (Faria et al., 2015). However, even with supplementation, these systems prolong the time that the animals remain on the farm to reach slaughter weight, mainly because of the well-defined climatic seasons of these regions in which cattle gain weight during summer, the rainy season, and lose weight during winter, the dry season. One interesting management strategy to render this production cycle more efficient is the use of feedlots systems, which is already a reality



and has been growing substantially in recent years in Brazil. However, even today animals are kept in feedlots mainly during the dry season, when pasture availability is low, in order to maintain a constant beef supply (Millen et al., 2009).

With respect to genetic improvement, one strategy for increasing herd efficiency is the selection of animals based on selection indices, which is considered the most effective approach to simultaneously improve different traits in a production system (Hazel, 1943). Nowadays, bioeconomic selection indices combine the estimated breeding value (EBV) and the economic value of economically important traits in a single measure that represents the total breeding value of each selection candidate. Although bioeconomic selection indices are already used in several countries such as South Africa, Australia, Argentina, United States, Namibia, New Zealand and the United Kingdom (eBEEF.ORG, 2014; BREEDPLAN, 2019) for different species of economic interest, including beef cattle, dairy cattle and sheep, this methodology is still rarely employed in Brazil because of the difficulty in obtaining data on income and expenses management of the farms, in addition to differences between the production systems adopted in Brazil and the productive and reproductive indices used.

Indices have been developed in recent years for Angus, Braford, Hereford, Nelore and crossbred beef cattle (Campos et al., 2014; Carvalho & Bittencourt, 2015; Peripolli et al., 2016; Costa et al., 2017; Fernandes et al., 2018; Simões et al., 2019). Analysis of these studies shows differences in the production systems, in the traits used as breeding objectives and selection criteria, and in the importance of each trait in the selection indices due to the specific objectives of each breed and system. In practice, the indices used in Brazilian breeding programs are empirical, i.e., they are not calculated using economic values, and focus on growth and carcass traits because of their link with the end product (Santana Jr. et al., 2012). However, it is necessary to include important traits, especially

those related to reproduction, that directly affect zootechnical indices and profit but are not yet commonly measured and selected.

In recent years, female-related traits have received increased visibility because of the length of time these animals remain in the herd. Traits such as heifer pregnancy, cow weight, cumulative productivity, and stayability have been evaluated together with other traits already used in breeding programs (Schmidt et al., 2018; Kluska et al., 2018; Bonamy et al., 2019). These studies have demonstrated genetic variability and important genetic correlations with production and carcass traits that would permit to obtain genetic gains through multitrait selection, in addition to the identification of superior animals in terms of traits related to the end product and to dams that will remain in the herd.

Indices that represent the reality of Brazilian production systems, focusing on the genetic progress in productive and reproductive traits and on the economic return of herds, are necessary to increase the profitability of producers and to facilitate genetic progress of the breed. Therefore, the aim of this study was to develop bioeconomic selection indices for Nelore cattle raised in two complete cycle systems, a pasture-based system and a feedlot finishing system, in the Brazilian Cerrado.

## **Material and Methods**

### *Definition of the Breeding Objective*

The breeding objective traits were determined using the method of Ponzoni and Newman (1989), described in four steps: (i) specification of the production system; (ii) estimation of expenses and income; (iii) determination of traits that affect expenses and income, and (iv) calculation of the economic value of each trait.

The breeding objective established for the development of selection indices for Nelore animals raised in a complete cycle for the Cerrado was to increase the profitability of two operations: System 1 (S1) in which calves born to heifers and mature cows were

fed on pasture after weaning and received protein and mineral supplements until slaughter age (32 months); System 2 (S2) in which calves born to heifers and mature cows were fed on pasture after weaning and received protein and mineral supplements, with females remaining on pasture and males being feedlot fed for 120 days until slaughter age (24 months). Thus, the following traits were evaluated: mature cow weight (CW), weaning weight (WW), maternal weaning weight (MWW), postweaning average daily gain (ADG), subcutaneous fat thickness (FAT), ribeye area (REA), and stayability (STAY). The CW was considered at 5 years of age of cow. The MWW was calculated based on additional milk production to increase the 1kg of WW, where 34 kg of milk per calf from birth to weaning was used. The REA was considered the improvement of a deviation from the median of the expected progeny differences (EPD) for the trait, the median being equal to zero. The median was used because it is an absolute measure of dispersion, adequately representing the trait evaluated.

#### *Choice of Selection Criteria*

The selection criteria for the indices were obtained from the traits evaluated by the Geneplus beef cattle breeding program of Embrapa Gado de Corte. In the genetic evaluation, the following 15 traits are considered to obtain expected progeny differences (EPD): birth weight (BW) in kg, weight at 120 days of age (W120) in kg, weaning weight (WW) in kg, MWW in kg, slaughter conformation score (1 to 6) at weaning (SCW), postweaning average daily gain (ADG) in kg, yearling weight (YW) in kg, slaughter conformation score (1 to 6) at yearling (SCY), scrotal circumference at yearling (SC) in cm, REA in cm<sup>2</sup>, FAT in dm, marbling (MAR) in %, age at first calving (AFC) in days, STAY in %, and CW at weaning in kg.

### *Estimation of Economic Values*

The identification of the sources of income and expenses in a herd enables the development of a profit equation, which is obtained as the difference between income and expenses of a given system (Ponzoni and Newman, 1989). Thus, economic values are derived from partial differentiation of a profit function (Ponzoni & Newman, 1989). The sources of income and expenses for the two complete cycle production systems of Nellore cattle raised in the Cerrado were identified and profit was simulated for the production of 10,000 cows (3 to 10 years of age) and their products using the SAS 9.4 program (SAS Institute, Inc., Cary, NC).

It was assumed that the calves were born from mature cows and heifers, were weaned at 240 days old, and, after this period males and females remained on pasture until the age and slaughter weight (32 months) in S1. In S2, after weaning, females remained on pasture and males were confined until reaching slaughter weight. Replacement heifers were obtained from the herd itself and surplus females were sold. The income were obtained entirely by selling the animals for slaughter.

The calculations were done based on the prices charged in Brazil (in Reais, R\$) in 2017 and converted to US dollars (US\$) using the average exchange rate of the same year (US\$ 1.00 = R\$ 3.28).

The production systems considered for the selection indices were modeled based on more than 150 Nellore cattle farms in the Brazilian Cerrado region, where data on management, zootechnical indices, administration, revenues and expenses were obtained by benchmarking (2016/2017) performed by the Brazilian company Terra Desenvolvimento Agropecuário. Average values of each information were obtained. For this purpose, a pasture rental rate of US\$ 91.46 per year (US\$ 7.62/month) for maintaining one cow in the production system was considered.

The biological variables used for the development of the production systems were obtained from benchmark data and studies conducted by Embrapa Gado de Corte and are described in Table 1. An equilibrium age distribution for females in the herd was modeled following Leslie (1945; 1948). Calving rates were: 81.4%, 68.6%, and 76.1% for 3, 4, and 5-10 year old cows, respectively. Age-specific survival rates for the cows were also 81.4%, 68.6%, and 76.2% for 3, 4, and 5-10 year old cows, respectively, under the assumption that a cow either produced a calf or was culled for beef in the same year. All of the male calves that were born and 25.8% of the female calves born were destined for slaughter. Thus, the modeled herd of 10,000 reproducing females produced 7,325 calves (considering the birth rate, with 50% males and 50% females) each year (Figure 1). The ability to produce two calves by 4 years of age was deemed a positive observation of stayability (STAY).

Carcasses of males (steers) and females (heifers) less than 36 months of age and those of cull cows were simulated separately as having two attributes: weight and fat score or degree of finish, based on USDA cutability formula “yield grade” (Holland & Loveday, 2013). Since steers and heifers were slaughtered at a mean age of either 24 or 32 months, age was not considered a factor that contributes to the degree of finish. The carcass yield, expressed as a percentage of live weight, was 50% for males and 48% for females. The optimal carcass weight window was:  $225 \leq \text{carcass weight} \leq 390$  kg for steers and the carcasses of heifers needed to weigh more than 165 kg to potentially receive a premium. The average slaughter price for steers and heifers was obtained from the Center for Advanced Studies in Applied Economics (CEPEA) and was used as the base price for all slaughter animals. The base price for all carcasses was US\$ 42.53/arroba, i.e., US\$ 2.83/kg. Premiums based on the degree of finish and carcass weight of steers and heifers were obtained from the Nelore Guarantee of Origin Program, developed by

the Brazilian Association of Nelore Breeders (ACNB), and are shown in Table 2. Cull cows were subject to a similar grid pricing scheme wherein those cows with carcasses weighing less than 180 kg and those that were either under-finished (fat score = 1) or over-finished (fat score = 5) did not initially merit a premium. However, those cull cows with carcass weight greater than 165 kg and a fat score of 2 received a US\$ 0.38/kg premium as did the other cull cows that were denied a premium previously. The final carcass price for cull cows was 90% of the sum of the carcass base price plus any premium.

The feed costs were divided into three age categories: mature cows, animals at yearling, and animals at 2 years of age. The calculation included intake per animal, pasture rent, and period. The feed intake of cows was estimated using the prediction equation of relative carrying capacity described by Anderson et al. (1983):  $\text{intake cow} = 4.6631 + 0.0030 * \text{cow weight} + 0.0127 * (0.022 * \text{milk yield of cow})$ . For animals at yearling and 2 years of age, feed intake was weighted by the metabolic weight in relation to the intake of cows and was calculated as follows:  $\text{intake at yearling/2 years} = ((0.5 * \text{intake during the period})^{0.75} / \text{cow weight})$ .

Other operating costs for the systems were obtained from the average benchmark data (2016/2017) of Terra Desenvolvimento Agropecuário and included permanent labor, maintenance, equipment, medications, fees, and taxes. These costs were considered fixed while developing the profit equation since they do not vary according to the biological merit of an individual animal, i.e., they do not change with one-unit improvement of the trait (Ponzoni & Newman, 1989). The total cost was calculated as the sum of feed costs (considered 69% of costs) and non-feed costs across all stages of production. Details of the cost calculations are shown in the Appendices. The values were expressed in dollars per total number of animals, per animal unit (AU) and per arroba (1 arroba = 15 kg). Profit

was calculated by subtracting the total cost from the income obtained with the sale of the animals, resulting in total profit and profit per animal unit and per arroba. The economic analysis of the simulated systems is shown in Table 3.

Using the method described by MacNeil et al. (1994), the economic values of the traits were determined by approximating partial derivatives of profit at the point of average performance for each driving variable (breeding objective). The model was parameterized and a base profit was calculated. Each driving variable was then changed upward by 1 unit in separate iterations, while keeping the other traits constant. The difference between profits after one variable was changed by 1 unit and its base profit, denominated varian profit ( $\Delta P$ ), was used to determine the economic values for each driving variable. The economic values are expressed as dollars in profit/loss per unit change for each trait. The relative economic value (REV) of each objective trait was estimated as the product between the respective economic value and the genetic standard deviation for this trait. The REV recognizes that the return from a one-standard deviation increase in one trait will not be equal to the same increase in another trait, thus permitting comparison of the economic importance of traits and their relative emphasis (RE) in percentage.

#### *Calculation of Selection Index Coefficients*

The method of Schneeberger et al. (1992) was used to calculate the vector of index coefficients ( $b$ ) for indices based on expected progeny differences (EPD). In this case, in addition to the economic values, the only information necessary are the genetic (co)variances between the selection criteria present in the index and the genetic covariances between the selection criteria and objective traits. This method allows to compare animals within and outside the contemporary groups since the EPDs are adjusted

for environmental effects that can influence animal performance (Campos et al., 2014; Kluyts et al., 2007). Thus, for the index whose notation is  $I = b'_n EPD_n$ , the following equation is used to estimate the index coefficients ( $b$ ):

$$\mathbf{b} = \mathbf{G}_{11}^{-1} \mathbf{G}_{12} \mathbf{v}$$

where  $b$  is the regression coefficients vector (weighting factor) for EPDs of the selection criteria of the index;  $G_{11}$  is a 7x7 matrix of genetic (co)variances between 7 selection criteria;  $G_{12}$  is a 7x5 matrix of genetic (co)variances between 7 selection criteria and 5 objective traits, and  $v$  is a 5x1 vector of economic values for all objective traits.

The variances and covariances for the growth, reproductive and carcass traits of Nelore cattle used to calculate the breeding values and to obtain  $G_{11}$  and  $G_{12}$  were estimated by restricted maximum-likelihood method under multi-trait analyses by using the Misztal programs (Misztal, 2002) in database of Geneplus beef cattle breeding program of Embrapa. The estimates are shown in Table 4. It was ensured that a positive defined (co)variance matrix existed.

#### *Estimation of Index Accuracy*

For indices that utilize EPDs as the selection criterion, the following equation was used to calculate the accuracy of the indices:

$$r_{HI} = \frac{\mathbf{b}' \mathbf{G}_{12} \mathbf{v}}{\sqrt{(\mathbf{b}' \mathbf{G}_{11} \mathbf{b})(\mathbf{v}' \mathbf{C} \mathbf{v})}}$$

where  $\mathbf{b}' \mathbf{G}_{12} \mathbf{v}$  represents the covariance between the index and aggregate genotype;  $\mathbf{b}' \mathbf{G}_{11} \mathbf{b}$  represents the variance of the index, and  $\mathbf{v}' \mathbf{C} \mathbf{v}$  represents the variance of the aggregate genotype. When presenting index coefficient equations using EPD as the selection criterion, Schneeberger et al. (1992) explained that  $G_{11}$  is the genetic (co)variance matrix of the selection criteria and it is assumed that the accuracy of each EPD included in the index for each animal was unity.



Predicted response in aggregate genotype ( $S_H$ ) (US\$) was calculated as:

$$S_H = \frac{\mathbf{b}'\mathbf{G}_{12}\mathbf{v}}{\sqrt{\mathbf{b}'\mathbf{G}_{11}\mathbf{b}}}$$

Response in a given objective trait ( $S_g$ ) was calculated as:

$$S_{g_t} = i \frac{\mathbf{b}'\mathbf{G}_{12}\mathbf{v}}{\sqrt{\mathbf{b}'\mathbf{G}_{12}\mathbf{v}}}$$

where  $i$  is selection intensity defined = 1.

### *Estimation of Index Sensitivity*

The coefficients of bioeconomic selection indices are rarely known without error because of uncertainties in the (co)variances and economic values. One approach to determine the sensitivity of indices to changes in the (co)variances and economic values assumed is to calculate the efficiency of the index, which is given as:

$$E_u = \frac{R_{H_u}}{R_{H_t}} = \frac{\mathbf{b}'_u\mathbf{G}_{12_t}\mathbf{v}}{\sqrt{\mathbf{b}'_u\mathbf{G}_{11_t}\mathbf{b}_u}} * \frac{\mathbf{1}}{\sqrt{\mathbf{b}'_t\mathbf{G}_{12_t}\mathbf{v}}}$$

where  $b_u$  are coefficients derived from “used” values and  $b_t$  are “true” coefficients of the index. The “used” index coefficients are arbitrary, while the “true” index coefficients are considered to be optimal. In reality, index coefficients considered to be optimal may not always be accurate. It is therefore important to calculate the efficiency and to determine the impact of unadvisedly using incorrect index coefficients.

A sensitivity to absolute changes in the genetic correlations between objective traits and selection criteria of  $\pm 0.2$  and  $\pm 0.4$  was calculated. These changes in the genetic correlations are similar to those reported by Simm et al. (1986). In some cases, adding or subtracting these values resulted in a change of sign. In cases in which these changes would have resulted in a correlation higher than unity, the genetic correlation was assumed to be 1.

The sensitivity to a 50% increase or decrease in the magnitude of the economic value of each trait in the breeding objective was calculated as described by Simm et al. (1986).

## **Results**

### *Economic Values*

The average total profit per head was US\$252.16 and US\$198.43 in S1 and S2, respectively. Although the slaughter of males occurs earlier in S2, the system was less profitable because of the higher feed cost in order to reach the slaughter weight at 24 months. The economic values, REV, and RE for each trait are shown in Table 5 for S1 and S2 per head, animal unit (AU) and arroba (@).

The REV for CW, WW, ADG, STAY and REA were positive. The CW influenced both the expenses component of the profit equation since a higher CW results in increased feed intake, and the income given that cull cows are sold and their value is determined based on live weight. The WW exerts a direct effect on income through the value of the calf when sold at weaning. Stayability will increase the profitability of the operation through additional calves to be sold and lower replacement rate. The REA had the highest variant profit ( $\Delta P$ ) due to the premium received for carcass finish. The MWW was negative because of the increase in feed costs associated with higher milk production of the cow and, in this case, the additional cost of feeding the cow does not pay the extra kg of the calf. The FAT was characterized by a negative REV since the increase in FAT also increases the degree of finish and consequently reduces the carcass value when the score is higher than 4.

Stayability received the greatest emphasis in both systems, demonstrating the importance of including the reproductive trait in selection indices. On the other hand, the RE was zero or 1 for MWW and FAT in the systems evaluated. In addition, differences

were observed in the weight given to the traits of each system. In S1, in addition to STAY, CW and REA were the traits with the highest impact, demonstrating the importance of dam characteristics for the pasture-finished carcass. In S2, the traits of highest impact were STAY, ADG and CW since males are feedlot finished and will respond positively to ADG due to the diet applied. Thus, CW, WW, ADG, STAY and REA, which had a RE of 5 to 60% (per head, AU or arroba) in the production systems evaluated, were used to calculate the index coefficients.

### *Index Coefficients*

The selection criteria to compose the indices for S1 and S2 were CW, WW, ADG, YW, SC, AFC and REA since these traits are related to the breeding objective.

Table 6 shows the regression coefficients ( $b$ ), responses to selection in US dollars ( $S_H$ ), and genetic gains in trait unit ( $S_g$ ) expected for the indices proposed for S1 and S2 of Nelore cattle raised in the Cerrado. As can be seen, the regression coefficients for ADG, YW, SC and AFC were positive and those for WW, REA and CW were negative in S1. On the other hand, in S2, the regression coefficients for YW, SC and AFC were positive and those for WW, ADG, REA and CW were negative. The gains in trait unit for REA and CW were higher in S1, while those for WW, ADG and STAY were higher in S2. In US dollars, the gain was US\$41.94 in S1 and US\$35.82 in S2.

### *Index Accuracy*

The accuracy of the indices was 0.85 (S1) and 0.86 (S2).

### *Index Sensitivity*

A change of  $\pm 0.2$  in the genetic correlations resulted in selection efficiencies of 0.76 to 1.00. For changes of  $\pm 0.4$ , efficiencies ranged from 0.58 to 1.00 for subtraction and addition, respectively. Efficiency was lower for the correlations between STAY and WW (0.4 and 0.42) and between STAY and YW (0.24 and 0.3) in S1 and S2, indicating possible uncertainty in the genetic correlations between these traits. For changes of 50% in the economic values, the efficiency ranged from 0.85 to 1.00. These results demonstrate that the indices are somehow sensitive to changes in the genetic relationships between the traits used and less sensitive to changes in the systems studied in order to obtain economic values.

## **Discussion**

Feed costs account for about 65 to 75% of the expenses of a beef cattle production system; 70% of the total feed costs of the herd in complete cycle systems refer to females, including cows that remain for various cycles and part of the heifers that are kept for herd replacement (Bittencourt et al., 2006). These costs are even higher in production systems with feedlot finishing due to the diet supplied to the animals, resulting in lower profitability of the system. In this respect, Peripolli et al. (2016) observed a lower net present value and internal rate of return for the feedlot system compared to 100% pasture-based systems.

In the present study, the average profit per head was lower for the feedlot system. The same was reported by Simões et al. (2019) for Brangus cattle raised in pasture- and feedlot-finished complete cycle systems. The authors observed higher feed costs for the cow category because these animals remained in the herd for various production cycles. In addition, the authors suggested that feedlot systems will only be more profitable than pasture-based systems if the growth traits were genetically improved without an increase in production costs, a rather complex task because of the negative correlation with feed

intake (MacNeil et al., 2011). An alternative to this economic increase in feedlots systems would be the inclusion of feed efficiency traits of the herd in selection indices (Koots & Gibson 1998, Wolfová et al. 2005). However, in view of the difficulties and costs of collecting these data individually, traits such as residual feed intake, feed conversion and feed intake are still rarely used as selection criteria.

In our study, a premium was paid per animal when the animals met the carcass specifications. Fernandes et al. (2018) evaluated cow-calf and complete cycle production systems of Angus x Nelore cattle, comparing systems with and without premiums for carcass quality. The authors observed that the costs of the complete cycle system were 50% higher than those of the cow-calf system because of the longer time the animals stayed in the herd. Regarding the premium payment for carcass quality, the authors suggested that feedlot systems can be efficient if there is price differentiation since the animals would remain less time in the herd and the use of pasture area would be reduced, factors that contribute positively to the profit of the system and permit producers to improve the efficiency of their production system.

Direct comparison of the results of different studies investigating economic values and selection indices is difficult because of the particularities of the breeds and production systems evaluated, the adoption of different objective traits, and differences between the models used for the calculations (Phocas et al., 1998; Wolfová et al., 2005). However, general considerations regarding objective traits and selection criteria can be made in order to contribute to future studies.

Economic values are expressed as dollars in profit/loss per unit change for each trait, while keeping the other traits constant. The REV, in turn, provides an objective measure of the potential of economic change in each trait considered for selection compared to other traits, taking into account the additive genetic variance of each trait

(Koots and Gibson, 1998). In our study, since part of the heifers are kept as replacements and because of the larger number of animals in the dam category, greater importance of STAY and CW was observed in the systems studied. In addition, in S2 in which males were feedlot finished, ADG and REA were more important because of the improvement in the carcasses of males.

The ability of a cow to stay in the herd, a trait called stayability, is defined as the probability of the cow to remain in the herd until a specific age, provided that the animal has the chance to reach this age (Hudson & Van Vleck, 1981). This trait is evaluated as a categorical variable, i.e., failure or success of the cow. Its direct heritability is low (0.11-0.16) and the trait is therefore not commonly used as a selection criterion in beef cattle (Santana Jr. et al., 2012; Kluska et al., 2018; Bonamy et al., 2019). In our study, the heritability for STAY was considered 0.23, indicating that direct selection for the trait will result in slow progress. Thus, selection should be performed in combination with other correlated traits to obtain genetic gain through correlated responses. In an attempt to improve the sexual precocity of Nelore animals raised on pasture in the tropics, Brumatti et al. (2011) concomitantly evaluated heifer pregnancy when exposed to bulls at 14 months of age, stayability, weaning and yearling weight, and postweaning weight gain. The authors reported that these traits are already applied in genetic evaluations and highlighted the need for the simultaneous use of traits related to fertility, sexual precocity and productive performance for the selection of breeding animals in Brazilian herds.

Stayability is a trait that is evaluated late in the animal's life. Since it is measured only in females, males are evaluated by progeny testing, a fact that increases the generation interval. With the current advances in genomics, studies have tried to detect associations between STAY and candidate genes in order to identify regions that are responsible for the expression of the trait (Teixeira et al., 2017; Speidel et al., 2018). This

would permit the anticipated selection of animals, reducing the generation interval. Bittencourt et al. (2006) emphasize that the maintenance cost of a cow that does not produce one calf per year is practically the same as that of a cow that does. Furthermore, in view of the economic importance of reproductive traits, increasing the reproductive efficiency of the herd is essential even if the genetic progress in the individual trait is slow.

Wolfová et al. (2005) calculated the economic values of 16 direct and maternal traits of Charolais cattle raised in three different production systems (purebred and crossing with beef or dairy breeds) and suggested that greater attention should be given to the longevity of cows as this trait, together with calving difficulty, was the most important trait in the systems studied. In addition, the authors highlighted the importance of evaluating and selecting CW, which had a negative economic value because of the size of Charolais cows.

On the other hand, some studies have reported positive economic values for CW, as observed here due to the sale value of cull cows. Koots and Gibson (1998) calculated the economic values for growth and reproductive traits in a Hereford herd. However, by evaluating CW, the authors ignored the greater energy requirements of heavier females because the supply of feed is separated by animal category to calculate residual feed intake, a trait also evaluated in the herd, a fact that resulted in a positive economic value. Hirooka et al. (1998) obtained positive economic values for CW in Black Japanese cattle, which are due to a lower rate of dystocia and a lower percentage of calf loss among heavier cows, as well as a relatively high price per kg slaughter weight. In Nellore cattle, Carvalho and Bittencourt (2015) observed a positive economic value for CW and 25% importance in the system evaluated. However, the authors commented that this result might be due to the market price of cows during the years of evaluation.

The mature size of Nellore cows has been the focus of studies in recent years as a result of the practice of selecting for weight at younger ages and its positive correlations with mature weight (Boligon et al., 2010; Lacerda et al., 2018; Koetz Jr. et al., 2019), which can increase production costs due to higher nutritional requirements. Using complete cycle and cow-calf production systems for Nellore cattle, Jorge Jr. et al. (2006) observed that CW discretely affected profit because of the low cost of pasture maintenance and the price paid for cull cows, resulting in a positive economic value close to zero, i.e., an increase in cow weight would not negatively affect profit. The authors emphasized that these results should be analyzed with caution since the system used had additional areas available for heavier cows on the farm, which may not be a reality under other conditions.

Weaning weight had the lowest REV in both systems studied. A similar finding was reported by Carvalho and Bittencourt (2015) who evaluated a cow-calf system of Nellore cattle and calculated economic values for weaning and yearling weight, mature weight, weaning rate, and cumulative productivity, the last expressed as kg of weaned calf/cow/year. The authors observed that the economic value of WW, as well as its relative importance, was the lowest among the traits studied, demonstrating that WW contributes positively to profit despite its low economic weight. The authors concluded that, since the estimate of cumulative productivity encompasses the other traits, its effectiveness is significant to indirectly select for calf weight and female reproductive performance.

We observed some negative coefficients ( $b$ ) in our indices; however, the sign of the coefficients does not indicate gain or loss in selection but rather the importance of each trait in the index, which is composed of several simultaneously analyzed traits, since the coefficients are obtained using the economic values of objective traits and the



(co)variances and correlations between objective traits and selection criteria. For both systems, the highest regression coefficient was obtained for SC, a trait related to the growth of the animals and sexual precocity (Terakado et al., 2015).

The accuracy for the S1 and S2 was high. In literature, Oschner et al. (2017) obtained much lower values and conclude that this occurred because some indicator traits used as selection criteria were little related to objective traits. What did not occur in our work, where most of the traits were objectives and selection criteria.

The sensitivity to changes in the genetic correlations is the efficiency of the index after the addition or subtraction of 0.2 or 0.4 from the genetic correlations between the traits used as objective traits and selection criteria, one at a time. In the present study, higher sensitivity of STAY to changes in its correlation with WW and YW was observed. This finding might be explained by the higher REV of the trait compared to the other traits, as also reported by Ochsner et al. (2017) for mature weight.

In conclusion, the increase in STAY, CW, REA, WW and ADG would increase the profitability of the two production systems proposed. Cow STAY is the most important trait in complete cycle production systems in the Cerrado. Well-estimated genetic correlations are important in the process to avoid sensitivity in selection indices. The indices proposed can be applied by producers who use production systems similar to that of the present study in order to increase the profitability of their operation.

### **Acknowledgements**

This work was supported by Embrapa (SEG: 02.13.14.005.00.00). The authors thank CAPES and CNPq for granting scholarships to the authors.

### **Conflict of Interest**

The authors declare that there is no conflict of interest associated with this publication.

### **References**

- Anderson, V. L., Lorna Jost, Dinkel, C. A., Brown, M. A. (1983). Prediction of daily total digestible nutrient requirement of beef cows in Northern climates. *Journal of Animal Science*, 56, 271-279.*doi:10.2527/jas1983.562271x*
- Bittencourt, T. C. C., Lôbo, R. B. & Bezerra, L. A. F. (2006). Objetivos de seleção para sistemas de produção de gado de corte em pasto: ponderadores econômicos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 58, 196-204.*doi:10.1590/S0102-09352006000200008*
- Boligon, A. A., Mercadante, M. E. Z., Forni, S., Lôbo, R. B. & Albuquerque, L. G. (2010). Covariance functions for weights from birth to maturity in Nelore cows. *Journal of Animal Science* 88, 849-859.*doi:10.2527/jas.2008-1511*
- Bonamy, M., Kluska, S., Peripolli, E., Lemos, M. V. A., Amorim, S. T.; Vaca, R. J.; Lôbo, R. B., Castro, L. M. Faria, C. U., Ferrari, F. B. & Baldi, F. (2019). Genetic association between different criteria to define sexual precocious heifers with growth, carcass, reproductive and feed efficiency indicator traits in Nelore cattle using genomic information. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 136, 15-22.*doi:10.1111/jbg.12366*
- Breedplan (2019). The genetic selection aid for breeders, buyers, and sellers of beef seedstock. [website]. Retrieved from <http://www.breedobject.com/>
- Brumatti, R. C.; Ferraz, J. B. S.; Eler, J. P. & Formigoni, I. B. (2011). Desenvolvimento de índice de seleção em gado corte sob o enfoque de um modelo bioeconômico. *Archivos de Zootecnia*, 60, 205-213.*doi:10.4321/S0004-05922011000200005*

- Campos, G. S., Braccini Neto, J., Oaigen, R. P., Cardoso, F. F., Cobuci, J. A., Kern, E. L., Campos, L. T., Bertoli, C. D. & McManus, C. M. (2014). Bioeconomic model and selection indices in Aberdeen Angus cattle. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 131, 305–312.*doi:10.1111/jbg.12069*
- Carvalho, C. V. D. & Bittencourt, T. C. C. (2015). Breeding objectives for a Nellore cattle rearing system. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50, 814–820.*doi:10.1590/S0100-204X2015000900010*
- Costa, R.F., Teixeira, B.B.M., Yokoo, M.J. & Cardoso, F.F. (2017). Economic selection indexes for Hereford and Braford cattle raised in southern Brazil. *Journal of Animal Science*, 95, 2825-2837.*doi:10.2527/jas.2016.1314*
- Ebeef.ORG. Beef Cattle Economic Selection Indices (2014). [pdf file]. Retrieved from: [http://articles.extension.org/sites/default/files/2014-07/Beef%20Cattle%20Economic%20Selection%20Indices%20fact%20sheet\\_Arial\\_0.pdf](http://articles.extension.org/sites/default/files/2014-07/Beef%20Cattle%20Economic%20Selection%20Indices%20fact%20sheet_Arial_0.pdf)
- Faria, C. U., Andrade, W. B. F.; Pereira, C. F.; Silva, R. P. & Lôbo, R. B. (2015). Análise bayesiana para características de carcaça avaliadas por ultrassonografia de bovinos da raça Nelore Mocho, criados em bioma Cerrado. *Ciência Rural*, 45, 317-322.*doi:10.1590/0103-8478cr20140331*
- Fernandes, G. M., Savegnago, R. P., El Faro, L., Mosaquatro Roso, V. & de Paz, C. C. P. (2018). Economic values and selection index in different Angus-Nellore cross-bred production systems. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 135, 208–220.*doi:10.1111/jbg.12327*
- Hazel, L. N. (1943). The Genetic Basis for Constructing Selection Indexes. *Genetics*, 28, 476–490.

- Hirooka, H., Groen, A. F. & Hillers, J. (1998). Developing breeding objectives for beef cattle production 2. Biological and economic values of growth and carcass traits in Japan. *Animal Science*, 66, 623-633.*doi:10.1017/S135772980000919X*
- Holland, R.; Loveday, D. (2013). Understanding Yield Grades and Quality Grades for Value-Added Beef Producers and Marketers. [pdf file]. Retrieved from: <https://extension.tennessee.edu/publications/Documents/SP755.pdf>
- Hudson, G. F. S. & Van Vleck, L. D. (1981). Relationship Between Production and Stayability in Holstein Cattle. *Journal of Dairy Science*, 64, 2246-2250.*doi:10.3168/jds.S0022-0302(81)82836-6*
- Jorge Jr., J.; Cardoso, V. L. & Albuquerque, L. G. (2006). Modelo bioeconômico para cálculo de custos e receitas em sistemas de produção de gado de corte visando à obtenção de valores econômicos de características produtivas e reprodutivas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35, 2187-2196.*doi:10.1590/S1516-35982006000700040*
- Kluyts, J.F., Neser, F.W.C. & Bradfield, M.J. (2007). Derivation of economic values for the Simmentaler breed in South Africa. *South African Journal of Animal Science*, 37, 107-121.*doi:10520/EJC94527*
- Kluska, S., Olivieri, B. F., Bonamy, M., Chiaia, H. L. J., Feitosa, F. L. B., Berton, M. P., Peripolli, E., Lemos, M. V. A., Tonussi, R. L., Lôbo, R. B., Magnabosco, C. U. Croce, F. Osterstock, J., Pereira, A. S. C., Munari, D. P., Bezerra, L. A., Lopes, F. B. & Baldi, F. (2018). Estimates of genetic parameters for growth, reproductive, and carcass traits in Nelore cattle using the single step genomic BLUP procedure. *Livestock Science*, *doi:10.1016/j.livsci.2018.08.015*
- Koetz Jr., C., Mozaquatro Roso, V., Fávaro, P. C., Pereira, G. R., Borges, M. H. F., Barca Jr., F. A., Barcellos, J. O. J. & Ribeiro, E. L. A. (2019). Heritability estimation and

- genetic correlations for mature weight, visual scores, and growth traits in Nelore cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 48:e20170246
- Koots, K. R. & Gibson, J. P. (1998). Economic values for beef production traits from a herd level bioeconomic model. *Canadian Journal of Animal Science*, 78, 29–45.
- Lacerda, V. V., Campos, G. S., Roso, V. M., Souza, F. R. P., Brauner, C. C. & Boligon, A. A. (2018). Effect of mature size and body condition of Nelore females on the reproductive performance. *Theriogenology*, 118, 27-33.*doi:10.1016/j.theriogenology.2018.05.036*
- Leslie, P. H. (1945). On the use of matrices in certain population mathematics. *Biometrika*, 33, 183-212.*doi:10.1093/biomet/33.3.183*
- Leslie, P. H. (1948). Some further notes on the use of matrices in population mathematics. *Biometrika*, 35, 213-245.*doi:10.1093/biomet/35.3-4.213*
- MacNeil, M. D., Newman, S., Enns, R. M. & Stewart-Smith, J. (1994). Relative economic values for Canadian beef production using specialized sire and dam lines. *Canadian Journal of Animal Science*, 74, 411-417.
- MacNeil, M. D., Lopez-Villalobos, N., & Northcutt, S. L. (2011). A prototype national cattle evaluation for feed intake and efficiency of Angus cattle. *Journal of Animal Science*, 89, 3917–3923.*doi:10.2527/jas.2011-4124*
- Millen, D.D., Pacheco, R.D.L., Arrigoni, M.D.B., Galyean, M.L. & Vasconcelos, J.T. (2009). A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. *Journal of Animal Science*, 87, 3427-3439.*doi:10.2527/jas.2009-1880*
- Ochsner, K. P., MacNeil, M. D., Lewis, R. M. and Spangler, M. L. (2017). Economic selection index development for Beefmaster cattle II: General-purpose breeding objective. *Journal of Animal Science*, 95, 1913-1920.*doi:10.2527/jas.2016.1232*

- Peripolli, E., Oliveira, M. S. L., Baldi, F.; Pereira, A. S. C., Vercesi, A. E. and Albuquerque, L. G. (2016). Valores econômicos para sistemas de recria e engorda de bovinos Nelore e cruzado. *Revista Archivos de Zootecnia*, 65, 145-154.*doi:10.21071/az.v65i250.481*
- Phocas, F., Bloch, C., Chapelle, P., Bécherel, F., Renand, G. & Ménissier, F. (1998). Developing a breeding objective for a French purebred beef cattle selection programme. *Livestock Production Science*, 57, 49-64.*doi:10.1016/S0301-6226(98)00157-2*
- Ponzoni, R. W. & Newman, S. (1989). Developing breeding objectives for Australian beef cattle production. *Animal Production*, 49, 35–47.*doi:10.1017/S0003356100004232*
- Santana Jr., M. L., Eler, J. P., Ferraz, J. B. S. & Mattos, E. C. (2012). Genetic relationship between growth and reproductive traits in Nelore cattle. *Animal*, 6, 565-570.*doi:10.1017/S1751731111001856*
- Schmidt, P. I., Campos, G. S., Lôbo, R. B., Souza, F. R. P., Brauner, C. C. & Boligon, A. A. (2018). Genetic analysis of age at first calving, accumulated productivity, stayability and mature weight of Nelore females. *Theriogenology*, 108, 81-87.*doi:10.1016/j.theriogenology.2017.11.035*
- Schneeberger, M., Barwick, S. A., Crow, G. H. and Hammond, K. (1992). Economic indices using breeding values predicted by BLUP. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 109, 180–187.*doi:10.1111/j.1439-0388.1992.tb00395.x*
- Simm, G., Smith, C. and Prescott, J. H. D. (1986). Selection indices to improve the efficiency of lean meat production in cattle. *Animal Production*, 42, 183-193.*doi:10.1017/S000335610001789X*

- Simões, M. R. S., Leal, J. J. B., Minho, A. P., Gomes, C. C., MacNeil, M. D., Costa, R. F., Junqueira, V. S., Schmidt, P. I., Cardoso, F. F., Boligon, A. A. & Yokoo, M. J. (2019). Breeding objectives of Brangus cattle in Brazil. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 00, 1–12.*doi:10.1111/jbg.12415*
- Speidel, S. E., Buckley, B. A., Boldt, R. J., Enns, R. M., Lee, J., Spangler, M. L. & Thomas, M. G. (2018). Genome-wide association study of Stayability and Heifer Pregnancy in Red Angus cattle. *Journal of Animal Science*, 96, 846-853.*doi:10.1093/jas/sky041*
- Teixeira, D. B. A., Fernandes Jr., G. A., Silva, D. B. S., Costa, R. B., Takada, L., Gordo, D. G. M., Bresolin, T., Carvalheiro, R., Baldi, F. & Albuquerque, L. G. (2017). Genomic analysis of stayability in Nelore cattle. *Plos One*, 12, e0179076.*doi:10.1371/journal.pone.0179076*
- Terakado, A. P. N., Boligon, A. A., Baldi, F., Silva, J. A. II V. & Albuquerque, L. G. (2015). Genetic associations between scrotal circumference and female reproductive traits in Nelore cattle. *Journal of Animal Science*, 93, 2706-2713.*doi:10.2527/jas.2014-8817*
- Wolfová, M., Wolf, J., Zahrádková, R., Pribyl, J., Dano, J., Krupa, E. and Kica, J. (2017). Breeding objectives for beef cattle used in different production systems 2. Model application to production systems with the Charolais breed. *Livestock Production Science*, 95, 217-230.*doi:10.1016/j.livprodsci.2004.12.019*

**Table 1.** Zootechnical indices used to simulate Nelore production systems in the Brazilian Cerrado

Zootechnical indices	System 1	System 2
<b>Reproductive indices</b>		
	<b>Means</b>	
Pregnancy rate of cows with 4 years (%)	68.6	68.6
Pregnancy rate of cows with 5-10 years (%)	79.1	76.1
Pregnancy rate of heifers (%)	81.4	81.4
Age at first calving (months)	36	36
Stayability (%)	50	50
<b>Mortality rates</b>		
	<b>Means</b>	
Weaning mortality rate (%)	1.5	1.5
Death rate after weaning (%)	2.5	2.5
<b>Productive indices</b>		
	<b>Means</b>	
Calving weight (kg)	33	33
Weight at 240 days of age (kg)	190	190
Postweaning average daily gain of males 1 (kg)†	0.235	0.430
Postweaning average daily gain of males 2 (kg)†	0.536	0.639
Postweaning average daily gain of males 3 (kg)†	0.286	-
Postweaning average daily gain of males 4 (kg)†	0.586	-
Postweaning average daily gain of feedlot males (kg)†	-	1.18
Postweaning average daily gain of females 1 (kg)†	0.212	0.212
Postweaning average daily gain of females 2 (kg)†	0.482	0.482
Postweaning average daily gain of females 3 (kg)†	0.257	0.257
Postweaning average daily gain of females 4 (kg)†	0.522	0.522
Female weight at 600 days of age (kg)	312	312
Male weight at 600 days of age (kg)	340	392
Cow weight at weaning (kg)	475	475
Milk production (kg/day)	3	3
Carcass yield of females (%)	50	50
Carcass yield of males (%)	52	52
Ribeye area (cm <sup>2</sup> )‡	0.0	0.0
Subcutaneous fat thickness (mm)	2.5	2.5
Average age of sale heifers (months)	31.2	31.2
Average age of young bulls at sale or age at slaughter (months)	31.2	24
Cull cow weight (kg)	455	455
Weight of steers at slaughter/sale (kg)	489	533
Weight of heifers at slaughter/sale (kg)	445	445
<b>Culling and replacement rates</b>		
	<b>Means</b>	
Cull cow rate (%)	27	27
Culling rate of heifers at yearling (%)	22	22
Culling rate of heifers at 2 years of age (%)	21	21
Rate of heifers remaining in the herd (%)	79	79
Culling rate of steers at yearling (%)	1.5	1.5
Culling rate of steers at 2 years of age (%)	100	100
<b>Others</b>		
	<b>Means</b>	
Amount of arroba (US\$/15kg)	42.53	42.53

Abbreviations: System 1 = pasture-based complete cycle production system; System 2 = complete cycle system with feedlot finishing.

† The average daily gain after weaning was divided into four periods, 2 dry seasons and 2 rainy seasons, because of the known differences in weight gain between different climatic periods.

‡ The mean ribeye area was considered null because it is improved by +1 deviation from median of expected progeny differences.



**Table 2.** Premium for carcasses based on the carcass degree of fatness (scores of 1 to 5) and hot carcass weight (HCW) of Nellore cattle

	Males	Females
Carcass degree of fatness	US\$/kg	US\$/kg
1	0	0
2	0.38	0.38
3-4	0.95	0.95
5	0	0
HCW	US\$/kg	US\$/kg
< 225 kg	0	-
> 226 and < 239 kg	0.38	-
> 240 and < 330 kg	0.95	-
> 331 and < 389 kg	0.38	-
> 390 kg	0	-
< 165 kg	-	0
> 195 kg	-	0.95

**Table 3.** Economic analysis of the pasture-based complete cycle production system (System 1) and the complete cycle system with feedlot finishing (System 2) for Nellore cattle raised in the Cerrado

<b>Economic indicators</b>	<b>System 1</b>	<b>System 2</b>
Total gross revenue (US\$)	4,748,197.56	4,987,906.10
Total costs (US\$)	2,226,565.67	3,003,577.13
Profit (US\$)	2,521,631.83	1,984,325.91
Feed costs (US\$)	1,699,668.45	2,292,806.98
Operating costs (US\$)	526,897.23	710,770.15
Average profit per head (US\$/head)	252.16	198.43
Average profit per animal unit (US\$/AU)	132.09	120.63
Average profit per arroba (US\$/@)	22.09	16.58

Abbreviations: Total gross revenue comprises the entry of cash relating to the sale of animals obtained as a result of the production process. Total costs are the sum of feed costs and operating costs of the system. Profit is the difference between total gross revenue and total costs.

**Table 4.** Genetic variance (diagonal), covariance (above diagonal), genetic correlation (below diagonal) and heritability for growth, reproductive and carcass traits of Nellore cattle

Trait	WW	MWW	ADG	YW	SC	REA	FAT	AFC	CW	STAY
<b>WW</b>	<b>103.86</b>	-4.24	173.4	131.38	6.55	15.72	0.25	-33.96	102	0.66
<b>MWW</b>	-0.07	<b>36.04</b>	116.1	21.87	2.96	-5.62	0.08	-25.34	-28.79	-0.34
<b>ADG</b>	0.40	0.45	<b>1806</b>	403.1	7.19	45.02	0.22	-741.8	139.4	-0.4
<b>YW</b>	0.83	0.23	0.61	<b>238.29</b>	5.58	26.27	0.33	-159.2	141.7	1.30
<b>SC</b>	0.51	0.39	0.13	0.28	<b>1.60</b>	1.41	0.003	-29.23	12.28	0.08
<b>REA</b>	0.44	-0.27	0.30	0.49	0.32	<b>12.12</b>	0.10	-34.78	-2.29	0.10
<b>FAT</b>	0.17	0.09	0.04	0.15	0.16	0.20	<b>0.02</b>	-1.61	0.39	0.03
<b>AFC</b>	-0.08	-0.11	-0.45	-0.26	-0.59	-0.26	-0.29	<b>1505</b>	-290.9	-0.12
<b>CW</b>	0.48	-0.23	0.16	0.44	0.46	-0.03	0.13	-0.35	<b>434.7</b>	0.04
<b>STAY</b>	0.24	-0.21	-0.04	0.32	0.23	0.11	0.74	-0.01	0.01	<b>0.07</b>
h <sup>2</sup>	0.21	0.08	0.22	0.25	0.28	0.32	0.32	0.12	0.36	0.23

Abbreviations: WW = weaning weight (kg); MWW = maternal weaning weight (kg); ADG = postweaning weight gain (g/day); YW = yearling weight (kg); SC = scrotal circumference at yearling (cm); REA = ribeye area (cm<sup>2</sup>); FAT = fat thickness (mm); AFC = age at first calving (days); CW = cow weight (kg); STAY = stayability (%).

**Table 5.** Additive standard deviation ( $\sigma_a$ ), variant profit ( $\Delta P$ ), economic value (EV), relative economic value (REV) and relative emphasis (RE) of individual objective traits for the pasture-based complete cycle production system (System 1) and for the complete cycle system with feedlot finishing (System 2) of Nellore cattle

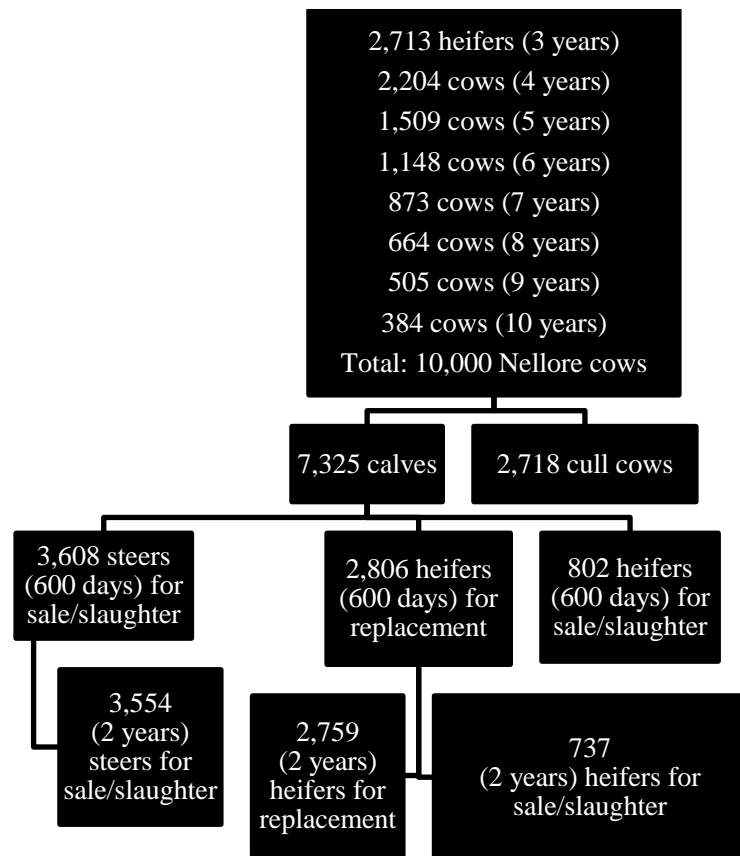
<b>System 1</b>											
Trait (unit)	$\sigma_a$	Per head			Per animal unit			Per arroba			
		$\Delta P$ (US\$)	EV (US\$)	REV (US\$)	RE (%)	EV (US\$)	REV (US\$)	RE (%)	EV (US\$)	REV (US\$)	RE (%)
CW (kg)	20,85	6,681.2	0.67	13.93	17	0.28	5.78	19	0.04	0.76	26
WW (kg)	10,19	4,123.2	0.41	4.20	5	0.01	0.14	0	0.01	0.08	3
MWW (kg)	6,00	-1,544.0	-0.15	-0.93	1	-0.07	-0.43	1	0.00	-0.02	1
ADG (kg)	42,50	917.7	0.09	3.90	5	0.03	1.27	4	0.00	0.13	4
FAT (mm)	0,14	-1,715.3	-0.17	-0.02	0	-0.09	-0.01	0	-0.02	0.00	0
STAY (%)	0,26	6,398.7	187.64	49.65	60	67.25	17.79	59	5.89	1.56	53
REA (cm <sup>2</sup> )	3,48	69,103.2	2.72	9.47	12	1.43	4.96	16	0.11	0.39	13
<b>System 2</b>											
Trait (unit)	$\sigma_a$	Per head			Per animal unit			Per arroba			
		$\Delta P$ (US\$)	EV (US\$)	REV (US\$)	RE (%)	EV (US\$)	REV (US\$)	RE (%)	EV (US\$)	REV (US\$)	RE (%)
CW (kg)	20,85	4,685.4	0.47	9.77	14	0.44	9.25	9	0.09	1.82	19
WW (kg)	10,19	4,488.8	0.45	4.57	6	0.36	3.71	4	0.06	0.58	6
MWW (kg)	6,00	-11.2	0.00	-0.01	0	0.09	0.56	1	0.03	0.16	2
ADG (kg)	42,50	2,823.0	0.28	12.00	17	0.52	22.10	21	0.05	1.98	21
FAT (mm)	0,14	-5,900.4	-0.59	-0.08	0	-1.18	-0.17	0	-0.16	-0.02	0
STAY (%)	0,26	5,369.7	157.47	41.66	59	237.25	62.77	61	17.36	4.59	48
REA (cm <sup>2</sup> )	3,48	7,344.2	0.73	2.56	4	1.46	5.10	5	0.12	0.42	4

Abbreviations: CW = cow weight; WW = weaning weight; MWW = maternal weaning weight; ADG = postweaning weight gain; FAT = fat thickness; STAY = stayability; REA = ribeye area.

**Table 6.** Regression coefficient ( $b$ ), genetic gain ( $S_g$ ), response in the aggregate genotype ( $S_H$ ) and accuracy ( $r_{HI}$ ) expected for the indices proposed for the pasture-based complete cycle production system (System 1) and for the complete cycle system with feedlot finishing (System 2) of Nellore cattle

Trait	System 1		System 2	
	$b$	$S_g$ (trait unit)	$b$	$S_g$ (trait unit)
WW	-5.27	6.99	-4.32	7.22
ADG	0.28	8.99	-0.03	17.43
YW	5.32	-	4.46	-
SC	39.26	-	32.95	-
REA	-1.12	1.45	-2.49	1.21
AFC	0.73	-	0.62	-
CW	-0.23	8.25	-0.28	8.19
STAY	-	0.15	-	0.14
$S_H$ (US\$)		41.94		35.82
$r_{HI}$		0.85		0.86

Abbreviations: WW = weaning weight; ADG = postweaning weight gain; YW = yearling weight; SC = scrotal circumference at yearling; REA = ribeye area; AFC = age at first calving; CW = cow weight, STAY = stayability.



**Figure 1.** General structure of the herd used to simulate a pasture-based complete cycle production system (System 1) and a complete cycle system with feedlot finishing (System 2) for Nellore cattle.

## Appendices

The description of calculation and variables used to obtain the costs of systems is presented below:

Variables used:

CW = Cow weight

MP = milk yield of cow

Day\_rent = pasture rent by year for base cow

Cows = number of cows

$\text{Intake\_cow} = 4.6631 + 0.0030 * \text{CW} + 0.0127 * (0.022 * \text{MP})$

$\text{Ccap (feed requirement)} = \text{Intake\_cow} / (4.6631 + 0.0030 * \text{CW} + 0.0127 * (0.022 * \text{MP}))$

WTm = weight cow at 5 years old calculated by growth curve for cows

$\text{MWT} = \text{WTm}^{0.75}$

sDn and hDn = postweaning period in “n” part, the postweaning period was divided into 4 parts due to climatic differences in the region (dry and rainy season) for steers and heifers

sADGn and hADGn = postweaning gain in “n” part for steers and heifers

WTs0 = weaning weight of steers

WTh0 = weaning weight of heifers

yrst = number of yearling steers held for harvest

yrhf = number of yearling replacement heifers

yrhh = number of yearling heifers held for harvest

Thus:

$$\begin{aligned}
WTs1 &= WTs0+sD1*sADG1; WTs2 = WTs1+sD2*sADG2; WTs3 = \\
WTs2+sD3*sADG3; WTs4 &= WTs3+sD4*sADG4; WTh1 = WTh0+hD1*hADG1; \\
WTh2 &= WTh1+hD2*hADG2; WTh3 = WTh2+hD3*hADG3; WTh4 = \\
WTh3+hD4*hADG4
\end{aligned}$$

$$Cost\_cows = 365*day\_rent*cows/ccap$$

$$\begin{aligned}
cost\_yearling &= ((0.5*(WTs0+WTs1)^{0.75})/MWT)*yrst*day\_rent*sD1 + \\
&(0.5*(WTs1+WTs2)^{0.75})/MWT)*yrst*day\_rent*sD2 + \\
&((0.5*(WTh0+WTh1)^{0.75})/MWT)*(yrhf+yrhh)*day\_rent*hD1 + \\
&((0.5*(WTh1+WTh2)^{0.75})/MWT)*(yrhf+yrhh)*day\_rent*hD2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
cost\_2\_years &= ((0.5*(WTs2+WTs3)^{0.75})/MWT)*y2st*day\_rent*sD3 + \\
&((0.5*(WTs3+WTs4)^{0.75})/MWT)*y2st*day\_rent*sD4 + \\
&((0.5*(WTh2+WTh3)^{0.75})/MWT)*(yrhf+yrhh)*day\_rent*hD3 + \\
&((0.5*(WTh3+WTh4)^{0.75})/MWT)*(yrhf+yrhh)*day\_rent*hD4
\end{aligned}$$

$$cost\_feed = cost\_cows + cost\_yearling + cost\_2\_years$$

$$non\_feed\_cost = ccap*(cost\_feed*(1-0.69))$$

$$Total\_cost = cost\_feed + non\_feed\_cost$$



### **CAPÍTULO III – Manuscrito 2<sup>4</sup>**

---

<sup>4</sup> Elaborado conforme as normas do Journal of Animal Breeding and Genetics

## Índices de seleção para sistemas de produção da raça Nelore no Pantanal

### Índices de seleção para a raça Nelore

**Resumo:** O objetivo foi desenvolver índices de seleção para bovinos Nelore criados em sistemas de ciclo completo de produção no Pantanal brasileiro. A progênie resultante é retida para reposição ou vendida aos dois anos de idade. Os sistemas variaram em número de vacas com 1.000 (S1), 5.000 (S2) e 10.000 vacas (S3) e todos os animais foram criados e terminados à pasto. Os valores econômicos foram determinados por simulação estocástica, aproximando as derivadas parciais da função lucro, alterando uma característica de cada vez, em 1 unidade, mantendo as demais características constantes. Os valores econômicos relativos foram calculados para o peso da vaca - PV (US\$0,15 - US\$0,62), peso à desmama - PD (US\$0,41 - US\$0,42), efeito materno do peso à desmama - PDm (US\$0,01 - US\$0,10), ganho médio diário pós-desmama - GMD (US\$0,08 - US\$0,09), espessura de gordura subcutânea - EGS (US\$-0,25 - US\$-0,02), área de olho de lombo - AOL (US\$1,97 - US\$1,98) e stayability - STAY (US\$185,52 - US\$231,81). A maior lucratividade, de acordo com este estudo, pode ser obtida pela seleção em STAY, PV, AOL, PD e GMD. Esses índices ajudarão os criadores da raça Nelore em suas decisões de seleção, facilitando o progresso genético, aumentando a produtividade e conseqüentemente a lucratividade dos rebanhos do Pantanal.

**Palavras-chave:** bovinos de corte, modelo bioeconômico, objetivos de melhoramento, ganho genético, seleção

**Abstract:** The aim was to develop selection indices for Nellore cattle raised in systems of full cycle production in Brazilian Pantanal. The resulting offspring are retained as replacements or sold at 2 years old. The systems varied by number of cows with 1,000 (S1), 5,000 (S2) and 10,000 cows (S3) and all animals were raised and finished on pasture. The economic values were determined by stochastic simulation, approximating the partial derivatives of the profit function, changing one trait at a time, by 1 unit, while keeping the other traits constant. Relative economic values were calculated for cow weight – CW (US\$0.15 - US\$0.62), weaning weight – WW (US\$0.41 - US\$0.42), maternal effect of weaning weight – MWW (US\$0.01 - US\$0.10), postweaning average daily gain – ADG (US\$0.08 - US\$0.09), fat thickness – FAT (US\$-0.25 - US\$-0.02), ribeye area – REA (US\$1.97 - US\$1.98) and stayability – STAY (US\$185.52 - US\$231.81). The increased profitability can be obtained by selection in STAY, CW, REA, WW and ADG. These indices will aid Nellore breeders in their selection decisions, facilitating the genetic progress and increased productivity and profitability of the Pantanal herds.

**Keywords:** beef cattle, bioeconomic model, breeding objectives, genetic gain, selection

## **Introdução**

O Pantanal é o bioma de menor extensão territorial no Brasil, com cerca de 1,76% da área total do país, situado no sul do Mato Grosso e no noroeste de Mato Grosso do Sul, além de também englobar o norte do Paraguai e leste da Bolívia (MMA, 2017). Este bioma faz parte da região Centro-Oeste do Brasil detentora do maior rebanho bovino no país, com cerca de 75 milhões de cabeças (IBGE, 2018), fazendo da pecuária a principal atividade econômica.

A produção de bovinos pantaneira é desenvolvida extensivamente à pasto, normalmente em sistemas de cria, em propriedades que variam de tamanho entre 5.000 a mais de 20.000 hectares com diferentes estruturas de rebanho (Crespolini et al., 2017). Após a desmama, em grande maioria os bezerros são enviados para a região do planalto para recria e terminação em melhores condições de ambiente.

O clima na região é quente e com inverno seco, podendo ocorrer geadas em julho ou agosto. A precipitação varia entre 1.000 e 1.400 mm por ano, sendo cerca de 80% das chuvas no verão, entre novembro e março. Neste período, a água na bacia do Pantanal aumenta entre dois e cinco metros e mais de 80% das planícies ficam submersas (Abreu et al., 2010). Por esta razão, os índices zootécnicos dos sistemas produtivos do Pantanal são inferiores aos observados em outras regiões do Brasil, devido à baixa produtividade e qualidade das pastagens nativas, muito influenciadas pelos ciclos expressivos de seca e cheia (Cardoso & Crispim, 2012).

Nessas condições, o uso de tecnologias é imprescindível para melhorar a eficiência produtiva, genética, nutricional, sanitária, ambiental e de mercado, tornando os produtos mais competitivos em qualidade e produtividade e, conseqüentemente, aumentando a eficiência econômica dos rebanhos (Moreira et al., 2018).

Com relação ao melhoramento do rebanho, a seleção de animais geneticamente superiores para características de importância econômica e adaptados ao ambiente onde serão criados é primordial. Segundo Santos et al. (2008), os principais desafios para a execução de programas de melhoramento genético no Pantanal incluem a definição adequada do tipo de animal ideal a ser produzido no bioma, com animais que se adaptem ao clima e consigam ter precocidade de crescimento, reprodutiva e de terminação,

apresentem elevado ganho de peso pós-desmama e também produzir touros superiores adaptados às particularidades que o ambiente em questão proporciona.

A seleção multicaracterística é crítica, pois diferentes características afetam a lucratividade de uma operação envolvendo bovinos de corte. Atualmente, a maioria dos programas de melhoramento brasileiros têm utilizado índices empíricos, ponderando as características de acordo com sua importância prática. Para tanto, a maneira mais eficiente de realizar a seleção multicaracterística é utilizando-se um índice de seleção econômico, onde há ponderação das características importantes com base em seus valores econômicos, maximizando o retorno econômico do sistema de produção em questão. Assim, o objetivo deste trabalho foi desenvolver índices de seleção para bovinos da raça Nelore criados em sistemas de ciclo completo com diferentes tamanhos de rebanho no Pantanal brasileiro.

## **Material e Métodos**

### ***Objetivos de Seleção***

Para definição do objetivo de seleção foi considerado um sistema de ciclo completo de bovinos de corte da raça Nelore, criados na região do Pantanal. Três cenários foram adotados em função da escala de produção, ou seja, do tamanho do rebanho produtivo, através do Sistema 1 (S1) com 1.000 vacas, o Sistema 2 (S2) com 5.000 vacas e o Sistema 3 (S3) com 10.000 vacas. O objetivo de seleção assumido foi aumentar a rentabilidade de operações em que os bezerros nascidos eram mantidos à pasto após o desmame com suplementação proteica e mineral até atingir a idade de abate (32 meses). Assim, as características avaliadas foram: peso adulto da vaca aos 5 anos de idade (PV), peso à desmama (PD), efeito materno do peso à desmama (PDm), ganho de peso no período pós-desmama (GMD), espessura de gordura subcutânea (EGS), área de olho de lombo (AOL)

e stayability (STAY), que considera a capacidade da vaca de produzir dois bezerros até os 4 anos de idade, ou seja, uma observação positiva da habilidade de permanência da vaca no rebanho produzindo um bezerro ao ano. O PDm foi calculado com base na quantidade de leite necessária para aumentar em 1 kg de PD do bezerro, onde foram utilizados 34 kg de leite a mais por bezerro do nascimento à desmama. Para AOL, foi considerado o melhoramento de um desvio da mediana da diferença esperada na progênie (DEP) para a característica, sendo a mediana igual a zero. A mediana foi utilizada por se tratar de uma medida absoluta de dispersão, representando mais adequadamente a característica avaliada.

### ***Crítérios de seleção***

Os critérios de seleção foram obtidos a partir das características avaliadas no Programa de melhoramento genético de bovinos de corte da Embrapa Gado de Corte – Geneplus. Na avaliação genética são consideradas características produtivas, reprodutivas e de carcaça, para obtenção da diferença esperada na progênie (DEP) dos animais, das quais 7 foram utilizadas neste trabalho: peso à desmama (PD) em kg, ganho médio diário pós-desmama (GMD) em kg, peso ao sobreano (PS) em kg, perímetro escrotal ao sobreano (450 dias) (PE) em cm, área de olho de lombo (AOL) em cm<sup>2</sup>, idade ao primeiro parto (IPP) em dias e peso da vaca (PV) em kg, devido às correlações genéticas existentes entre estas características e as consideradas no objetivo de seleção (Tabela 1).

### ***Estimação dos Valores Econômicos***

Os valores econômicos para os objetivos de seleção foram obtidos pela diferenciação parcial de uma função de lucro (Ponzoni & Newman, 1989). O lucro foi

simulado baseando-se em tamanhos de rebanho distintos, devido às diferenças observadas no tamanho das propriedades da área do Pantanal (Crespolini et al., 2017). As fontes de receita e despesas foram simuladas para produção de: 1.000 vacas (S1), 5.000 vacas (S2) e 10.000 vacas (S3), entre 3 e 12 anos de idade e seus produtos, usando o programa SAS 9.4 (SAS Institute, Inc., Cary, NC).

Assumiu-se que os bezerros nasciam de vacas adultas e novilhas, eram desmamados aos 240 dias idade e, após este período, machos e fêmeas permaneciam à pasto até a idade e peso de abate, em torno de 32 meses de idade. As novilhas de reposição eram obtidas no próprio rebanho e as fêmeas excedentes eram vendidas. As receitas eram inteiramente obtidas através da venda dos animais para o abate.

Todos os cálculos foram realizados com base nos preços cobrados no território brasileiro em reais (R\$) durante o ano de 2017 e convertidos para Dólar Norte-Americano (US\$) utilizando o preço médio do mesmo ano (US\$ 1,00 = R\$ 3,28).

Os sistemas de produção assumidos para os índices de seleção foram modelados com base em mais de 150 fazendas de criação de bovinos Nelore da região do Cerrado e Pantanal brasileiros, nas quais foram obtidas informações sobre manejo, índices zootécnicos, gestão, receitas e despesas pelo Benchmarking (2016/2017) da Empresa Terra Desenvolvimento Agropecuário e obtidos valores médios de cada informação. Para tanto, considerou-se o “aluguel de pasto” para manutenção de uma vaca em US\$ 91.46 por ano (US\$7.62/mês) no sistema produtivo.

As variáveis biológicas utilizadas para o desenvolvimento dos sistemas produtivos foram obtidas através de informações do Benchmarking e de pesquisas da EMBRAPA Gado de Corte e Pantanal e são descritas na Tabela 2. O equilíbrio na distribuição de idade para as fêmeas nos rebanhos foi modelada conforme Leslie (1945; 1948), onde as

taxas de natalidade foram: 81,4%, 68,6% e 76,2% para vacas de 3, 4 e 5-12 anos, respectivamente. As taxas de sobrevivência específicas por idade para as vacas também foram de 81,4%, 68,6% e 76,2% para vacas de 3, 4 e 5-12 anos, respectivamente, sob o pressuposto de que uma vaca produzia um bezerro ou era destinada ao abate no ano. Todos os machos nascidos e 24% das fêmeas nascidas foram destinados ao abate. Assim, os rebanhos modelados de 1.000, 5.000 e 10.000 fêmeas produziam 622, 3.112 e 6.224 bezerros, respectivamente (considerando 50% de machos e 50% de fêmeas) a cada ano (Figuras 1, 2 e 3).

O preço médio de abate para novilhos e novilhas foi obtido no Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) e utilizado como preço base para todos os animais de abate. O preço base foi de US\$ 42.53/@, ou seja, US\$ 2.83/kg (uma arroba @ = 15 kg). Os valores de bonificação, baseados em grau de acabamento e peso de carcaça, foram obtidos do “Programa Nelore Garantia de Origem”, desenvolvido pela Associação dos Criadores de Nelore do Brasil (ACNB) e são apresentados na Tabela 3.

O grau de acabamento é atribuído com base na gordura subcutânea e cada animal recebe um prêmio pela conformidade quando possuem grau de acabamento 3 ou 4, com base na fórmula de capacidade de corte do USDA "*yield grade*" (Holland & Loveday, 2013). Animais sem acabamento ou com acabamento excessivo não recebem descontos no pagamento. Uma vez que se supôs que os animais enviados para abate teriam idade média de 32 meses, a idade não foi considerada um fator contributivo para o grau de acabamento. O rendimento de carcaça considerado foi de 50% para machos e 48% para fêmeas. Machos para os quais o peso de carcaça simulado foi inferior a 225 kg ou superior a 390 kg, bem como fêmeas que tiveram peso de carcaça simulado inferior a 165 kg ou superior a 195 kg, não obtiveram bonificação. O preço da carcaça foi calculado como a



soma do preço base de carcaça junto à bonificação obtida. A renda para cada animal foi calculada multiplicando-se o preço da carcaça (US\$/kg) pelo peso de carcaça quente em kg. Vacas de descarte tiveram desconto de 10% do valor final.

Os custos com alimentação foram considerados 69% dos custos de produção, separados em 3 categorias de idade, sendo elas: vacas adultas, animais ao sobreano e aos 2 anos de idade. O cálculo considerou o consumo por animal, o aluguel de pasto e o período. O consumo de alimentos das vacas foi obtido com base na equação de predição da capacidade de carga relativa, em que:  $\text{Consumo da Vaca} = 4.6631 + 0.0030 * \text{Peso da vaca} + 0.0127 * (0.022 * \text{Produção de leite da vaca})$ , como descrita por Anderson et al. (1983). Já para os animais de sobreano e 2 anos de idade, o consumo de alimentos foi ponderado pelo peso metabólico em relação ao consumo das vacas, sendo calculado como:  $\text{Consumo ao Sobreano/2 anos} = ((0.5 * \text{Consumo no período})^{0.75} / \text{Peso da vaca})$ .

Os demais custos de produção foram obtidos através de valores médios do Benchmarking da Empresa Terra Desenvolvimento Agropecuário 2016/2017 e incluíam mão de obra permanente, manutenção, máquinas, medicamentos, taxas e impostos, sendo considerados fixos ao construir a equação de lucro, pois não se alteram com a mudança em uma unidade da característica melhorada (Ponzoni & Newman, 1989). O custo total foi calculado como uma soma entre os custos de alimentação e outros custos em todas as fases da produção, expresso em dólares pelo número total de animais, por unidade animal (UA) e por arroba (@) (1 arroba = 15 kg). Os cálculos envolvidos nos custos estão descritos no Apêndice deste trabalho. O lucro foi obtido subtraindo-se o valor de custo total do valor da receita, resultando no lucro total, por unidade animal e por arroba. A análise econômica dos sistemas simulados pode ser observada na Tabela 4.

Os valores econômicos das características foram determinados aproximando derivadas parciais de lucro no ponto de desempenho médio em relação a cada variável de condução (objetivo de seleção), de acordo com a metodologia descrita por MacNeil et al. (1994). O modelo foi parametrizado, e um lucro base foi calculado. Cada variável de condução foi então alterada para cima em 1 unidade em iterações separadas, mantendo a média das demais características constantes. A diferença entre os lucros depois que uma variável foi alterada por 1 unidade e seu lucro base foi usada para determinar o lucro variante ( $\Delta L$ ). Valores econômicos (VE) foram expressos como dólares em lucro/prejuízo por unidade de mudança para cada característica. O valor econômico relativo (VER) de cada objetivo de seleção foi estimado como um produto entre o respectivo valor econômico e o desvio-padrão genético para essa característica. Os VER possibilitam a comparação entre os VE das características medidas em diferentes unidades, aumentando-se 1 desvio-padrão genético da característica, permitindo assim, uma comparação da importância econômica entre as características e sua ênfase relativa em porcentagem (ER).

### ***Coefficientes dos Índices de Seleção***

O cálculo do vetor de coeficientes dos índices ( $b$ ), foi realizado conforme a metodologia de Schneeberger et al. (1992), para índices baseados na diferença esperada na progênie (EPD), sendo a equação para estimar os coeficientes dada por:  $b = G_{11}^{-1}G_{12}v$ , onde  $b$  é o vetor de coeficientes de regressão (ponderadores) para as DEPs dos critérios de seleção do índice,  $G_{11}$  é a matriz 7x7 das (co)variâncias genéticas entre os 7 critérios de seleção,  $G_{12}$  é a matriz 7x5 das (co)variâncias genéticas entre os 7 critérios de seleção e 5 objetivos de seleção e  $v$  é um vetor 5x1 de valores econômicos para todos os objetivos

de seleção. As variâncias e covariâncias para características de crescimento, reprodutivas e de carcaça em bovinos Nelore utilizados para o cálculo os valores genéticos e para a obtenção da  $G_{11}$  e  $G_{12}$  foram estimadas pelo método de máxima verossimilhança restrita em análises multicaracterística, usando os programas Misztal (Misztal, 2002) no banco de dados do programa de melhoramento genético de gado de corte da Embrapa. As estimativas são mostradas na Tabela 4. Foi assegurado que existisse uma matriz de (co) variância definida positiva.

### *Acurácia dos Índices*

A equação para o cálculo da acurácia de índices que utilizam DEPs como critério de seleção é dada por:  $r_{HI} = \frac{b'G_{12}v}{\sqrt{(b'G_{11}b)(v'Cv)}}$ , onde  $b'G_{12}v$  representa a covariância entre o índice e o genótipo agregado,  $b'G_{11}b$  representa a variância do índice, e  $v'Cv$  representa a variância do genótipo agregado. Esta equação é a mesma descrita por Van Vleck (1993) para acurácia de índices que usam informações fenotípicas, com a substituição de  $G_{11}$  por  $P$  que é matriz de covariâncias fenotípicas. Ao apresentar as equações usando DEP, Schneeberger et al. (1992) explicaram que  $G_{11}$  é a matriz (co)variância genética dos critérios de seleção que se supõe ser conhecido sem erro, considerando a acurácia de cada DEP incluída no índice para cada animal seria igual a unidade.

A resposta prevista no genótipo agregado ( $S_H$ ) foi calculada como:  $S_H = \frac{b'G_{12}v}{\sqrt{b'G_{11}b}}$ , em dólares. Já a mudança esperada no valor genético aditivo ( $S_g$ ) na unidade da característica foi calculada como:  $S_{gt} = i \frac{b'G_{12}v}{\sqrt{b'G_{12}v}}$ , onde  $i$  é a intensidade de seleção definida igual a 1.

### *Sensibilidade dos Índices*

A sensibilidade dos índices às mudanças nas (co)variâncias e nos valores econômicos assumidos foi calculada pela eficiência do índice ( $E_u$ ) que é dada por:  $E_u = \frac{b'_u G_{12} v}{\sqrt{b'_u G_{11} b_u}} * \frac{1}{\sqrt{b'_t G_{12} v}}$ , onde  $b_u$  são coeficientes derivados de valores 'usados' e  $b_t$  são coeficientes verdadeiros do índice. Os coeficientes "usados" do índice são arbitrários, enquanto que os coeficientes de índice "verdadeiros" são considerados ótimos. Na realidade, os coeficientes do índice considerados ótimos podem nem sempre ser acurados, razão pela qual é importante calcular a eficiência e determinar o impacto de imprudentemente usar coeficientes do índice incorretos.

Como estudado por Simm et al. (1986), a sensibilidade às alterações absolutas nas correlações genéticas entre os objetivos e critérios de seleção de  $\pm 0,2$  e  $\pm 0,4$  foi calculada. Em alguns casos, adicionar ou subtrair esses valores resultou em uma mudança de sinal. Já nos casos em que essas alterações teriam resultado em uma correlação maior que a unidade, a correlação genética foi assumida igual a unidade. Além disso, foi calculada a sensibilidade no aumento ou diminuição de 50% na magnitude do valor econômico de cada característica no objetivo de seleção.

### ***Correlação de Spearman***

Para verificar alterações de ranqueamento dos animais entre os índices gerados no presente trabalho e o Índice de Qualificação Genética (IQG) utilizado atualmente pelo programa de melhoramento Geneplus da Embrapa, a correlação de Spearman foi calculada.

O IQG é um índice empírico que considera as características total materno aos 120 dias de idade (P120m), peso à desmama (PD), total materno à desmama (PDm), peso ao sobreano (PS), ganho de peso pós-desmama (GMD), conformação frigorífica ao

sobreano (CFS), perímetro escrotal ao sobreano (PE) e idade ao primeiro parto (IPP), com as seguintes ponderações:  $IQG = 5\% P120m + 15\% PD + 15\% PDm + 15\% PS + 20\% GMD + 10\% CFS + 10\% PE + 10\% IPP$ .

Para o cálculo das correlações foram obtidas as informações da avaliação genômica do “Sumário Nelore Unificado ABCZ/Genepus 2018”. O banco de dados para este catálogo apresentava mais de 10 milhões de informações de 2.003.130 produtos, nascidos entre 1991 e 2018, filhos de 57.868 touros e 2.636.335 vacas.

Um filtro para touros com DEP genômica com acurácia superior a 60% para PD foi aplicado. Além disso, outro filtro foi usado a fim de garantir acurácia mínima de 30% para as seguintes características: PS, GMD, STAY, AOL e EGS, totalizando 865 touros. Os índices para S1, S2 e S3 foram aplicados no conjunto de dados das DEPs genômicas destes 865 touros e os valores finais foram correlacionados com os valores de IQG para verificar alterações no ranqueamento.

## **Resultados**

### ***Valores Econômicos***

O lucro médio total por animal foi similar nos três sistemas estudados, com valores de US\$213.64 em S1, US\$213.16 em S2 e US\$213.09 em S3 (Tabela 4).

Os valores econômicos (VE), valores econômicos padronizados (VER) e valores econômicos padronizados relativos de cada característica (ER) são apresentados na Tabela 5. O VER de STAY foi positivo pois resultará no aumento da rentabilidade da operação através da produção de bezerros adicionais a serem comercializados, além disso, observou-se que houve aumento do VE conforme aumentou o número de vacas do sistema avaliado. Por isso, a STAY teve o maior lucro variante e o maior VER em todos os

sistemas de produção avaliados, recebendo maior ênfase (ER) independentemente do número de vacas no sistema de produção.

Em S1 a segunda característica de maior VER foi AOL devido à bonificação pelo acabamento da carcaça. Porém, para os sistemas S2 e S3, a segunda característica de maior VER foi PV, devido ao maior número de matrizes envolvidas, que influenciou tanto o lado da despesa da equação de lucro, já que o aumento do PV também aumenta o consumo de alimento. Além disso, houve influência do rendimento dado que as vacas de descarte são vendidas e o seu valor é determinado com base no peso vivo. Também observou-se que o VER de PV aumentou entre os sistemas conforme o aumento do número de vacas.

Em seguida, a característica PD teve maior relevância em S1, devido ao efeito sobre a renda na venda de um menor número de animais. Não houve alteração do VER em PD entre os sistemas avaliados, porém a ênfase dada à característica diminuiu conforme o número de vacas aumentou em S2 e S3, devido a produção de um maior número de bezerros para venda. Quanto ao efeito materno, para PDm, o VER foi maior em S3 onde havia um maior número de vacas, sendo que a característica apresentou ER de 1% apenas no S3 e foi nula nos sistemas S1 e S2.

O VER de EGS foi negativo em todos os sistemas porque o aumento de EGS aumenta o grau de acabamento e, conseqüentemente, reduz o valor da carcaça se o grau de acabamento é superior a 4. Quanto à ER, EGS foi nula dentro de todos os sistemas avaliados, pois apesar de apresentar valor negativo o VER foi próximo de zero.

### *Coefficientes dos Índices*

Para a obtenção dos coeficientes dos índices foram utilizadas as características PV, PD, PDm (apenas em S3), GMD, STAY e AOL como objetivos de seleção que tiveram entre 1% e 72% de ênfase, por cabeça, UA ou arroba, nos sistemas produtivos avaliados. Já os critérios de seleção para compor os índices foram PD, GMD, PS, PE, AOL, IPP e PV.

Os coeficientes de regressão ( $b$ ), respostas à seleção em dólares ( $SH$ ) e ganhos genéticos em unidade da característica ( $Sg$ ) esperados para os índices propostos são apresentados na Tabela 6. Observa-se que os coeficientes de regressão para PS, PE e IPP foram positivos e PD, GMD, AOL e PV foram negativos em todos os sistemas estudados.

No sistema S1, os maiores ganhos, em unidade da característica, foram em AOL e STAY. Já para o S2, as características de PD e GMD obtiveram maior resposta. Por fim, em S3, o PV foi a característica com maior ganho genético, utilizando-se o índice de seleção. Em dólares, a resposta à seleção foi crescente conforme o aumento do número de vacas no sistema de produção, com valores de US\$37,29 (S1), US\$42,95 (S2) e US\$48,06 (S3).

### ***Acurácia dos Índices***

A acurácia para os índices foram de 0,83 (S1), 0,84 (S2) e 0,84 (S3).

### ***Sensibilidade dos Índices***

Mudanças de  $\pm 0,2$  nas correlações genéticas resultaram em eficiências de 0,73 a 1. Já para alterações de  $\pm 0,4$ , a eficiência foi de 0,30 a 1. Houve uma menor eficiência entre as correlações de STAY e PD com valores de 0,30, 0,33 e 0,32, nos sistemas S1, S2 e S3, respectivamente, quando utilizadas correlações genéticas com acréscimo de 0,40,

indicando uma possível incerteza nas correlações genéticas entre essas características. Já para mudanças de  $\pm 50\%$  nos valores econômicos, a eficiência variou de 0,84 a 1. Estes resultados demonstram que os índices são sensíveis às mudanças nas relações genéticas entre as características e menos sensíveis entre os sistemas utilizados para obtenção dos VEs.

### ***Correlações de Spearman***

As correlações de Spearman entre os índices e o IQG foram de 0,75 (IQG x S1), 0,78 (IQG x S2) e 0,77 (IQG x S3). As correlações entre os índices S1, S2 e S3 foram iguais a 0,99.

### **Discussão**

Embora grande parte das propriedades no Pantanal adotarem sistemas de produção apenas para a fase da cria, ou seja, os bezerros são produzidos e vendidos após o desmame, para realizar a seleção dos indivíduos é necessário avaliar o ciclo completo de produção já que através do índice de seleção é possível melhorar características do rebanho desde a reprodução até o produto final.

Apesar do lucro médio nas diferentes bases avaliadas (por animal, por unidade animal e por arroba) terem sido similares, ou seja, ser independente da escala de produção adotada na propriedade, a obtenção de valores econômicos e índices de seleção para diferentes cenários, quanto ao número de matrizes, de sistemas de produção de ciclo completo, apontou algumas particularidades na importância econômica e relativa das mesmas características.

A habilidade de permanência da vaca no rebanho, denominada stayability, refere-se sobretudo à vida reprodutiva de uma matriz, indicando sua capacidade em permanecer



no rebanho produzindo um bezerro ao ano, sem falhas, até uma determinada idade (Snelling et al., 1995). Na literatura, a STAY apresenta estimativas de herdabilidade de baixa a moderada magnitude (0,03 a 0,23) (Santana Jr. et al., 2012; Kluska et al., 2018; Bonamy et al., 2019), similar a assumida em nosso trabalho (0,23), que indicam que a seleção direta para esta característica resultará em progresso genético lento. Porém, STAY apresenta correlações genéticas favoráveis com outras características como idade ao primeiro parto (-0,15 a -0,69) (Buzanskas, et al., 2010; Rizzo et al., 2015; Schmidt, et al., 2018), perímetro escrotal (0,19 e 0,45) (Buzanskas, et al., 2010; Van Melis et al., 2010), ganho de peso pós-desmama (0,19) (Rizzo et al., 2015) e peso adulto (0,66) (Schmidt, et al., 2018), também consideradas no presente trabalho como critérios de seleção, possibilitando ganho genético através de resposta correlacionada.

A seleção para STAY e demais características reprodutivas tem grande importância devido ao impacto econômico nos sistemas de produção. Afinal, o custo de manutenção de uma vaca que não produz um bezerro por ano é quase o mesmo da fêmea que produz, o que faz com que a seleção para o aumento da eficiência reprodutiva do rebanho seja primordial, pois com o aumento da taxa reprodutiva do rebanho, diminui-se a taxa de descarte de vacas, e, conseqüentemente o rebanho se torna mais longo vivo produtivamente e possibilita a venda de novilhas excedentes (Bittencourt et al., 2006; Brumatti et al., 2011; Silva et al., 2015).

Como a permanência das vacas no rebanho influencia tanto as receitas, através da produção de um maior número de bezerros, como as despesas, devido ao incremento nos custos de manutenção dessas vacas, a STAY e características similares ligadas à permanência, longevidade e produtividade das matrizes já foram incluídas como objetivo de seleção (Formigoni et al., 2005; Wolfová et al., 2005; Brumatti et al., 2011), sendo

estas características as de maior valor econômico na operação independente do sistema avaliado.

Da mesma forma, em nosso trabalho, como parte das novilhas eram retidas para reposição do rebanho e também devido ao maior número de animais na categoria de matrizes, observou-se maior importância da STAY em todos sistemas estudados. A importância relativa de STAY foi cerca de sete vezes maior que das demais características avaliadas. Paralelamente, os estudos de Hill (1998) e Phocas et al. (1998) observaram que características reprodutivas têm impacto econômico até dez vezes maior do que as associadas ao crescimento e carcaça em sistemas de ciclo completo de produção.

Outra característica ligada às matrizes que tem sido avaliada como objetivo de seleção é o peso da vaca (PV), devido às altas correlações genéticas existentes entre pesos em diferentes idades (0,44 a 0,95) (Boligon et al., 2010; Regatieri et al., 2012; Portes et al., 2020). Isso porque grande parte dos rebanhos de corte realizam seleção para o peso à desmama e/ou sobreano, devido à relação destas características com o produto final, e isso inevitavelmente resultará em alterações do peso adulto das vacas.

Na literatura, grande parte dos VE para PV são negativos (Wolfová et al., 2005; Oschner et al., 2017; Simões et al., 2019), pois nem sempre animais de maior porte são os mais adequados e rentáveis aos sistemas de produção, devido ao maior requerimento de energia para manutenção de animais de maior porte e, conseqüentemente, do aumento dos custos com alimentação. No Pantanal, Silva et al. (2015), avaliando a eficiência produtiva ao desmame de vacas Nelore, verificaram que a seleção de vacas de médio porte (379 a 461 kg) é mais vantajosa para a região por gerar menor custo de manutenção que vacas maiores e também por produzir bezerros mais pesados que as vacas de menor porte.

Em nosso trabalho, o PV apresentou VE positivo e foi a segunda característica mais importante em S2 e S3, já que um grande volume de vacas permanecia no rebanho por vários ciclos produtivos, até gerando certos custos extras com alimentação, mas também, porque havia venda de um número maior de animais de descarte para o abate gerando lucro para o sistema devido ao pagamento pelo peso final das vacas. VE positivo para PV também foram obtidos por Jorge Jr. (2007) em um rebanho de 10.000 vacas, em que os autores justificam a possibilidade de ampliação da área de pastagem da propriedade para comportar animais com maior exigência nutricional, e por Moreira et al. (2018) que apontaram os preços de matéria seca e do preço de venda das vacas para abate na época do estudo como fatores envolvidos neste resultado, o que demonstra de fato que PV é uma característica que varia de acordo com cada sistema e mercado.

Embora PV e o peso à desmama (PD) sejam normalmente antagônicos entre si em relação aos objetivos de seleção, ou seja, busca-se o aumento de PD sem elevar o PV, uma vez que a correlação assumida entre eles não é igual a unidade, é possível ter progresso em ambas as características simultaneamente de forma equilibrada no índice de seleção (Oschner et al., 2017). A seleção para o efeito direto do PD é relevante na produção de bovinos de corte por representar a capacidade de crescimento do indivíduo. Já a seleção para o efeito materno (PDm) demonstra a capacidade materna da vaca para produção de leite para o bezerro (Silva et al., 2015).

Na literatura diversos trabalhos incluem PD como objetivo de seleção (Macneil et al. 1994; Wolfová et al., 2005; Bittencourt et al., 2006; Matjuda et al., 2014; Oschner et al., 2017), sendo a ponderação de ER muito variável de acordo com os sistemas adotados e o produto final. Em trabalhos que simulavam a venda dos bezerros na desmama, o PD apresentava ER maior do que quando estes permaneciam no sistema até o abate, pois

ocorria aumento da receita no período da desmama pela venda dos animais. Porém, os autores enfatizam a importância desta característica no lucro do rebanho, mesmo em sistemas que apresentem pequena ER, pois quanto maior o PD, mais rapidamente o animal atingirá o peso de abate, aumentando a precocidade de acabamento no rebanho (Bittencourt et al., 2006).

Quanto ao efeito materno, Os VE para PDm foram próximos de zero neste trabalho, resultado este que pode ser atribuído ao aumento nos custos com alimentação devido ao maior requerimento nutricional das vacas para produzir leite e resultar no incremento do peso do bezerro, como descrito na literatura com valores nulos ou até negativos (Pravia et al., 2014; Oschner et al., 2017). Desta forma, o VE foi positivo apenas para S3, onde se tinha um número maior de vacas produzindo bezerras e conseqüentemente se tinha uma receita maior pela venda de um grande volume de animais.

Além da importância direta e materna, o PD é correlacionado com outras características importantes que influenciam o lucro nos sistemas produtivos. Phocas et al. (1998), avaliando diferentes características de reprodução, crescimento e de carcaça como objetivos de seleção em bovinos Limousin, abordaram a ligação entre PD e outras características de crescimento pós-desmama usadas como objetivo de seleção e também na estratégia de manejo para venda em determinada idade ou peso final para abate. Os autores explicam que ao incluir o GMD e fixar uma idade de abate no objetivo de seleção, o aumento de 1 kg de PD implicaria também no aumento de 1 kg no peso final para o abate, já que o GMD e o período de ganho para a terminação são mantidos constantes na obtenção do VE de PD.

Em nosso caso, com sistemas à pasto o GMD apresentou menor ênfase relativa que o PD, por outro lado, no Capítulo 2, observou-se que em sistemas onde há terminação em

confinamento é dada maior importância a esta característica para acelerar a precocidade de acabamento dos animais.

Das características ligadas ao produto final, a AOL apresentou maior ER, de 10 a 13%, nos sistemas estudados. Isso porque esta característica está ligada à quantidade de carne na carcaça e os sistemas simulados apresentavam pagamento de bonificação pela qualidade da carcaça, influenciando diretamente no lucro. Resultado semelhante foi observado por Fernandes et al. (2018), com sistemas de produção para bovinos cruzados Nelore x Angus, onde a maior uniformidade das carcaças beneficiava o lucro marginal.

Em nosso trabalho, observamos alguns coeficientes (b) negativos para os diferentes índices nas características PD, GMD, AOL e PV. Para os três índices formados, o coeficiente de regressão de maior valor foi para o PE, característica ligada ao crescimento dos animais e a precocidade sexual do rebanho (Terakado et al. 2015). Coeficientes positivos foram obtidos para PS e IPP. É importante salientar que o sinal dos coeficientes não significa ganho ou perda na seleção, mas sim a importância de cada característica no índice composto por várias características analisadas simultaneamente, uma vez que os coeficientes são obtidos utilizando-se os VE dos objetivos, as (co)variâncias e as correlações entre os objetivos e critérios de seleção.

As acurácias calculadas para os três sistemas avaliados foram altas. Diferente de nossos resultados, Oschner et al. (2017) obtiveram valores bem inferiores em seus índices e concluem que isso ocorreu porque algumas características indicadoras utilizadas como critérios de seleção eram pouco relacionadas às características objetivas. Em nosso caso, grande parte das características eram objetivos e critérios de seleção simultaneamente, o que resultou nos altos valores observados.

A sensibilidade às mudanças nas correlações genéticas é a eficiência do índice após a adição ou subtração de 0,2 ou 0,4 nas correlações genéticas entre as características utilizadas como objetivos e critérios de seleção, uma de cada vez. No presente trabalho, observou-se maior sensibilidade da STAY com os PD e PS, o que pode ter ocorrido devido ao maior VER da característica em relação a todas as outras, comportamento também relatado por Oschner et al. (2017) para PV. Com relação às mudanças em 50% nos VEs, observou-se pouca sensibilidade entre os sistemas utilizados para obtenção dos VEs. Em geral, as análises de sensibilidade foram consistentes, sugerindo que os índices aqui desenvolvidos devem ser relativamente robustos para melhorar a rentabilidade em diversos ambientes de produção.

As correlações de ordem de Spearman (correlação de posto) entre os índices de seleção elaborados e o Índice de Qualificação Genética do Geneplus foram altas (0,75 a 0,77), porém verificou-se a não-coincidência entre a classificação dos reprodutores considerando-se o IQG e os índices aqui obtidos. Os resultados evidenciam que, ao se utilizar o IQG, os touros selecionados como melhores não seriam, em sua maioria, os mesmos que àqueles selecionados através dos índices de S1, S2 e S3, isso porque o IQG prioriza o melhoramento das características de crescimento e terminação (pesos, ganho de peso e conformação frigorífica) e dá menor ênfase às características reprodutivas (perímetro escrotal e idade ao primeiro parto).

Os resultados apontam que a seleção das características STAY, PV, AOL, PD e GMD aumentará a rentabilidade nos sistemas de produção assumidos. A permanência da vaca no rebanho é a característica de maior importância em sistemas de produção de ciclo completo no Pantanal, independentemente do número de vacas no rebanho. Em sistemas onde há bonificação, a seleção de características ligadas à precocidade de acabamento e

qualidade da carcaça são importantes para maior rentabilidade. Correlações genéticas bem estimativas são importantes neste processo para evitar problemas de sensibilidade nos índices de seleção. A classificação dos animais é alterada aplicando-se diferentes índices de seleção com objetivos de seleção distintos, portanto os índices desenvolvidos neste trabalho podem ser utilizados apenas em sistemas de produção similares aos aqui estudados, auxiliando os produtores em selecionar os reprodutores que contribuirão para maior lucratividade de seu sistema.

### **Agradecimentos**

Esta pesquisa foi financiada pela Embrapa (SEG: 02.13.14.005.00.00). Os autores agradecem a CAPES e ao CNPq pelas bolsas concedidas.

### **Conflito de Interesse**

Os autores declaram não haver conflitos de interesse associados a esta publicação.

### **Referências**

- Abreu, U.G.P.; McManus, C.; Santos, S.A. (2010). Cattle ranching, conservation and transhumance in the Brazilian Pantanal. *Pastoralism: research policy practice*, 1, 1, 99 - 114.
- Anderson, V. L., Lorna Jost, Dinkel, C. A., Brown, M. A. (1983). Prediction of daily total digestible nutrient requirement of beef cows in Northern climates. *Journal of Animal Science*, 56, 271-279. doi:10.2527/jas1983.562271x
- Bittencourt, T. C. C., Lôbo, R. B. & Bezerra, L. A. F. (2006). Objetivos de seleção para sistemas de produção de gado de corte em pasto: ponderadores econômicos. *Arquivo*

- Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 58, 196-204.*doi:10.1590/S0102-09352006000200008*
- Boligon, A. A., Mercadante, M. E. Z., Forni, S., Lôbo, R. B., Albuquerque, L. G. (2010). Covariance functions for weights from birth to maturity in Nellore cows. *Journal of Animal Science*, 88, 849-859.*doi:10.2527/jas.2008-1511*
- Brumatti, R. C.; Ferraz, J. B. S.; Eler, J. P. & Formigoni, I. B. (2011). Desenvolvimento de índice de seleção em gado corte sob o enfoque de um modelo bioeconômico. *Archivos de Zootecnia*, 60, 205-213.*doi:10.4321/S0004-05922011000200005*
- Bonamy, M., Kluska, S., Peripolli, E., Lemos, M. V. A., Amorim, S. T.; Vaca, R. J.; Lôbo, R. B., Castro, L. M. Faria, C. U., Ferrari, F. B. & Baldi, F. (2019). Genetic association between different criteria to define sexual precocious heifers with growth, carcass, reproductive and feed efficiency indicator traits in Nellore cattle using genomic information. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 136, 15-22.*doi:10.1111/jbg.12366*
- Buzanskas, M.E.; Grossi, D.A.; Baldi, F.; Barrozo, D.; Silva, L.O.C.; Torres Junior, R.A.A.; Munari, D.P.; Alencar, M.M. (2010). Genetic associations between stayability and reproductive and growth traits in Canchim beef cattle. *Livestock Science*, 132, 107-112.*doi:10.1016/j.livsci.2010.05.008*
- Cardoso, E.L.; Crispim, S.M.A. O Pantanal e a Pecuária. In: CARDOSO, Evaldo Luis (Ed.). *Gado de corte no Pantanal: o produtor pergunta, a Embrapa responde*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 19. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).
- Crespolini, M.; Zen, S.; Abreu, U.G.P.; Carvalho, T.B.; Yanaguizawa, W.H.; Guarda, G.M. *Pecuária de Corte no Pantanal – Análise Temporal e de Escala do Sistema Modal de*



- Produção em Corumbá-MS. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2017, p. 8. (Comunicado Técnico 103).
- Fernandes, G. M., Savegnago, R. P., El Faro, L., Mosaquatro Roso, V. & de Paz, C. C. P. (2018). Economic values and selection index in different Angus-Nellore cross-bred production systems. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 135, 208–220.*doi*: 10.1111/jbg.12327
- Formigoni, I.B.; Ferraz, J.B.S; Silva, J.A.II.V.; Eler, J.P.; Brumatti, R.C. (2005). Valores econômicos para habilidade de permanência e probabilidade de prenhez aos 14 meses em bovinos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 57, 2, 220-226.*doi*:10.1590/S0102-09352005000800013
- Hill, I. D. (1998). Reprodução com metas de precocidade marca o programa da Jacarezinho. *Pec. Corte, Brasil*, p. 19-26.
- Holland, R.; Loveday, D. (2013). Understanding Yield Grades and Quality Grades for Value-Added Beef Producers and Marketers. Disponível em: <https://extension.tennessee.edu/publications/Documents/SP755.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2020.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939#resultado>. Acesso em: 03 dez. 2019.
- Jorge Jr, J.; Cardoso, V.L.; Albuquerque, L.G. (2007). Objetivos de seleção e valores econômicos em sistemas de produção de gado de corte no Brasil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, 5, 1549-1558.*doi*:10.1590/S1516-35982007000700013
- Kluska, S., Olivieri, B. F., Bonamy, M., Chiaia, H. L. J., Feitosa, F. L. B., Berton, M. P., Peripolli, E., Lemos, M. V. A., Tonussi, R. L., Lôbo, R. B., Magnabosco, C. U. Croce, F. Osterstock, J., Pereira, A. S. C., Munari, D. P., Bezerra, L. A., Lopes, F. B. & Baldi, F.

- (2018). Estimates of genetic parameters for growth, reproductive, and carcass traits in Nelore cattle using the single step genomic BLUP procedure. *Livestock Science*, *doi:10.1016/j.livsci.2018.08.015*
- Leslie, P. H. (1945). On the use of matrices in certain population mathematics. *Biometrika*, 33, 183-212.*doi:10.1093/biomet/33.3.183*
- Leslie, P. H. (1948). Some further notes on the use of matrices in population mathematics. *Biometrika*, 35, 213-245.*doi:10.1093/biomet/35.3-4.213*
- MacNeil, M. D., Newman, S., Enns, R. M. & Stewart-Smith, J. (1994). Relative economic values for Canadian beef production using specialized sire and dam lines. *Canadian Journal of Animal Science*, 74, 411-417.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente - Biomas. 2017 Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/>. Acesso em: 02 set. 2017.
- Matjuda, L.E.; MacNeil, M.D.; Maiwashe, A.; Leesburg, V.R.; Malatje, M. (2014). Index-in-retrospect and breeding objectives characterizing genetic improvement programmes for South African Nguni cattle. *South African Journal of Animal Science*, 44, 2.*doi:10.4314/sajas.v44i2.9*
- Moreira, H.L.; Savenagno, R.P.; Freitas, L.A.; Lôbo, R.B.; Bezerra, L.A.F.; Paro de Paz, C.C. (2018). Breeding goals and economic values for Nelore cattle in a full-cycle production system. *Acta Scientiarum*, 41, e43361.*doi:10.4025/actascianimsci.v41i1.43361*
- Ochsner, K. P., MacNeil, M. D., Lewis, R. M. & Spangler, M. L. (2017). Economic selection index development for Beefmaster cattle II: General-purpose breeding objective. *Journal of Animal Science*, 95, 1913-1920.*doi:10.2527/jas.2016.1232*

- Phocas, F., Bloch, C., Chapelle, P., Bécherel, F., Renand, G. & Ménissier, F. (1998). Developing a breeding objective for a French purebred beef cattle selection programme. *Livestock Production Science*, 57, 49-64.*doi:10.1016/S0301-6226(98)00157-2*
- Ponzoni, R. W. & Newman, S. (1989). Developing breeding objectives for Australian beef cattle production. *Animal Production*, 49, 35–47.*doi:10.1017/S0003356100004232*
- Portes, J.V.; Cyrillo, J.N.S.G.; Faro, L.; Mercadante, M.E.Z.; Almeida Teixeira, R.; Dias, L.T. (2020). Evaluation of body weight and hip height in Nellore cows in a tropical Environment. *Livestock Science*, 233, 103953.*doi:10.1016/j.livsci.2020.103953*
- Pravia, M.I.; Ravagnolo, O.; Urioste, J.I.; Garrick, D.J. (2014). Identification of breeding objectives using a bioeconomic model for a beef cattle production system in Uruguay. *Livestock Science*, 160, 21-28.*doi:10.1016/j.livsci.2013.12.006*
- Regatieri, I. C., Boligon, A. A., Baldi, F., Albuquerque, L. G. (2012). Genetic correlations between mature cow weight and productive and reproductive traits in Nellore cattle. *Genetics and Molecular Research*, 11, 3, 2979-2986.*doi:10.4238/2012.May.10.4*
- Rizzo, E.C.A.; Neto, F.R.A.; Diaz, I.D.P.S.; Dias, M.M.; Costa, R.B.; Ventura, H.T.; Oliveira, H.N.; Falcão, A.J.S. (2015). Genetic association of productive and reproductive traits with stayability in Nellore cattle: analysis using Bayesian models, *Genetics and Molecular Research*, 14, 4, 14956-14966.*doi: 10.4238/2015.November.24.3*
- Santana Jr., M. L., Eler, J. P., Ferraz, J. B. S. & Mattos, E. C. (2012). Genetic relationship between growth and reproductive traits in Nellore cattle. *Animal*, 6, 565-570.*doi:10.1017/S1751731111001856*
- Santos, S.A.; Abreu, U.G.P.; Tomich, T.R.; Comastri Filho, J.A.; Crispim, S.M.A. (2008). ‘Pecuário no Pantanal: em Busca da Sustentabilidade’. In Albuquerque, A.C.S. e Silva, A.G. (eds). Brasília, DF. Embrapa Informação Tecnológica, p. 535–570.

- Schmidt, P. I., Campos, G. S., Lôbo, R. B., Souza, F. R. P., Brauner, C. C., Boligon, A. A. (2018). Genetic analysis of age at first calving, accumulated productivity, stayability and mature weight of Nelore females. *Theriogenology*, 108, 81-87.*doi:10.1016/j.theriogenology.2017.11.035*
- Schneeberger, M., Barwick, S. A., Crow, G. H. & Hammond, K. (1992). Economic indices using breeding values predicted by BLUP. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 109, 180–187.*doi:10.1111/j.1439-0388.1992.tb00395.x*
- Silva, R.M.; Souza, J.C.; Fernandes, H.J.; Abreu, U.G.P.; Ferraz Filho, P.B.; Rosa, A.N. (2015). Eficiência produtiva ao desmame de vacas Nelore criadas no Pantanal, *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 67, 4, 1105-1110.*doi:10.1590/1678-4162-6909*
- Simm, G., Smith, C. & Prescott, J. H. D. (1986). Selection indices to improve the efficiency of lean meat production in cattle. *Animal Production*, 42, 183-193.*doi:10.1017/S000335610001789X*
- Simões, M. R. S., Leal, J. J. B., Minho, A. P., Gomes, C. C., MacNeil, M. D., Costa, R. F., Junqueira, V. S., Schmidt, P. I., Cardoso, F. F., Boligon, A. A. & Yokoo, M. J. (2019). Breeding objectives of Brangus cattle in Brazil. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 00, 1–12.*doi:10.1111/jbg.12415*
- Snelling, W.M.; Golden, B.L.; Bourdon, R.M. (1995). Within-herd genetic analysis of stayability of beef females. *Journal of Animal Science*, 73, 4, 993-1001.*doi:10.2527/1995.734993x*
- Terakado, A. P. N., Boligon, A. A., Baldi, F., Silva, J. A. II V. & Albuquerque, L. G. (2015). Genetic associations between scrotal circumference and female reproductive traits in Nelore cattle. *Journal of Animal Science*, 93, 2706-2713.*doi:10.2527/jas.2014-8817*

- Van Melis, M.H.; Eler, J.P.; Rosa, G.J.M.; Ferraz, J.B.G.; Figueiredo, L.G.G.; Mattos, E.C.; Oliveira, H.N. (2010). Additive genetic relationships between scrotal circumference, heifer pregnancy, and stayability in Nelore cattle. *Journal of Animal Science*, 88, 3809-3813.*doi:10.2527/jas.2009-2127*
- Van Vleck, L. D. 1993. Selection index and introduction to mixed model methods for genetic improvement of animals: The green book. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Wolfová, M.; Wolf, J.; Zahradková, R.; Pribyl, J.; Dano, J.; Krupa, E.; Kica, J. (2005). Breeding objectives for beef cattle used in different production systems 2. Model application to production systems with the Charolais breed. *Livestock Production Science*, 95, 217-230.*doi:10.1016/j.livprodsci.2004.12.019*

**Tabela 1.** Variâncias genéticas (diagonal), covariâncias (acima da diagonal), correlações genéticas (abaixo da diagonal) e herdabilidades para características de crescimento, reprodutivas e de carcaça em bovinos Nelore

Caract.	PD	PDm	GMD	PS	PE	AOL	EGS	IPP	PV	STAY
<b>PD</b>	<b>103,86</b>	-4,24	173,4	131,38	6,55	15,72	0,25	-33,96	102	0,66
<b>PDm</b>	-0,07	<b>36,04</b>	116,1	21,87	2,96	-5,62	0,08	-25,34	-28,79	-0,34
<b>GMD</b>	0,40	0,45	<b>1806</b>	403,1	7,19	45,02	0,22	-741,8	139,4	-0,4
<b>PS</b>	0,83	0,23	0,61	<b>238,29</b>	5,58	26,27	0,33	-159,2	141,7	1,30
<b>PE</b>	0,51	0,39	0,13	0,28	<b>1,60</b>	1,41	0,003	-29,23	12,28	0,08
<b>AOL</b>	0,44	-0,27	0,30	0,49	0,32	<b>12,12</b>	0,10	-34,78	-2,29	0,10
<b>EGS</b>	0,17	0,09	0,04	0,15	0,16	0,20	<b>0,02</b>	-1,61	0,39	0,03
<b>IPP</b>	-0,08	-0,11	-0,45	-0,26	-0,59	-0,26	-0,29	<b>1505</b>	-290,9	-0,12
<b>PV</b>	0,48	-0,23	0,16	0,44	0,46	-0,03	0,13	-0,35	<b>434,7</b>	0,04
<b>STAY</b>	0,24	-0,21	-0,04	0,32	0,23	0,11	0,74	-0,01	0,01	<b>0,07</b>
h <sup>2</sup>	0,21	0,08	0,22	0,25	0,28	0,32	0,32	0,12	0,36	0,23

Abreviações: PD = peso à desmama (kg); PDm = efeito materno do peso à desmama (kg); GMD = ganho de peso pós-desmama (g/dia); PS = peso ao sobreano (kg); PE = perímetro escrotal ao sobreano (cm); AOL = área de olho de lombo (cm<sup>2</sup>); EGS = espessura de gordura subcutânea (mm); IPP = idade ao primeiro parto (dias); PV = peso da vaca (kg); STAY = stayability (%).

**Tabela 2.** Índices zootécnicos usados para simular sistemas de produção de Nelore no Pantanal brasileiro

<b>Índices zootécnicos</b>	
<b>Índices reprodutivos:</b>	
Taxa de prenhez de vacas aos 4 anos de idade (%)	68,6
Taxa de prenhez de vacas entre 5 e 12 anos de idade (%)	76,1
Taxa de prenhez de novilhas (%)	81,4
Idade ao primeiro parto (meses)	40
Stayability (%)	50
<b>Taxas de mortalidade:</b>	
Taxa de mortalidade ao desmame (%)	1,5
Taxa de mortalidade após o desmame (%)	4
<b>Índices produtivos:</b>	
Peso ao nascer (kg)	33
Peso aos 240 dias de idade (kg)	155
Ganho médio diário pós-desmama de machos 1 (kg) †	0,235
Ganho médio diário pós-desmama de machos 2 (kg) †	0,536
Ganho médio diário pós-desmama de machos 3 (kg) †	0,286
Ganho diário médio pós-desmama de machos 4 (kg) †	0,586
Ganho médio diário pós-desmama de fêmeas 1 (kg) †	0,159
Ganho médio diário pós-desmama de fêmeas 2 (kg) †	0,362
Ganho médio diário pós-desmama das fêmeas 3 (kg) †	0,193
Ganho diário médio pós-desmama das fêmeas 4 (kg) †	0,392
Peso das fêmeas aos 600 dias de idade (kg)	246
Peso dos machos aos 600 dias de idade (kg)	311
Peso da vaca no desmame (kg)	350
Produção de leite da vaca (kg/dia)	3
Rendimento de carcaça de fêmeas (%)	50
Rendimento de carcaça de machos (%)	52
Área de olho de lombo (cm <sup>2</sup> ) ‡	0,0
Espessura de gordura subcutânea (mm)	2,5
Idade média de venda das novilhas (meses)	31,2
Idade média de novilhos à venda ou idade ao abate (meses)	31,2
Peso da vaca de descarte para abate (kg)	336
Peso dos novilhos no abate/venda (kg)	460
Peso das novilhas no abate/venda (kg)	346
<b>Taxas de reposição e abate:</b>	
Taxa de abate de vacas de descarte (%)	25
Taxa de abate de novilhas com um ano de idade (%)	13
Taxa de abate de novilhas aos 2 anos de idade (%)	12
Taxa de novilhas restantes no rebanho (%)	88
Taxa de abate de novilhos com um ano de idade (%)	1,5
Taxa de abate de novilhos aos 2 anos de idade (%)	100
<b>Outros:</b>	
Valor da Arroba (US\$/15kg)	42,53

Onde: † O ganho médio diário após a desmama foi dividido em quatro períodos, duas estações secas e duas chuvosas, devido às diferenças conhecidas no ganho de peso entre os diferentes períodos climáticos.

‡ A média da área de olho de lombo foi considerada nula porque é melhorada em +1 do desvio das diferenças médias esperadas na progênie.

**Tabela 3.** Prêmiação para carcaças com base no grau de acabamento da carcaça (pontuação de 1 a 5) e peso da carcaça quente (PCQ) de bovinos Nelore

	Machos	Fêmeas
Grau de gordura na carcaça	US\$/kg	US\$/kg
1	0	0
2	0,38	0,38
3-4	0,95	0,95
5	0	0
PCQ	US\$/kg	US\$/kg
< 225 kg	0	-
> 226 kg e < 239 kg	0,38	-
> 240 kg e < 330 kg	0,95	-
> 331 kg e < 389 kg	0,38	-
> 390 kg	0	-
< 165 kg	-	0
> 195 kg	-	0,95



**Tabela 4.** Análise econômica dos sistemas de produção de ciclo completo para bovinos Nelore criados no Pantanal com 1.000 vacas (Sistema 1), 5.000 vacas (Sistema 2) e 10.000 vacas (Sistema 3)

<b>Indicadores Econômicos</b>	<b>Sistema 1</b>	<b>Sistema 2</b>	<b>Sistema 3</b>
Receita Bruta Total (US\$)	322.037,07	1.607.572,53	3.214.346,04
Custos totais (US\$)	108.399,53	541.778,87	1.083.399,02
Lucro (US\$)	213.637,55	1.065.793,63	2.130.947,10
Custos com alimentação (US\$)	82.747,73	413.571,68	827.022,13
Custos operacionais (US\$)	25.651,80	128.207,22	256.376,86
Lucro médio por cabeça (US\$/cabeça)	213,64	213,16	213,09
Lucro médio por unidade animal (US\$/UA)	153,28	152,92	152,89
Lucro médio por arroba (US\$/@)	25,93	25,92	25,91

Abreviações: A receita bruta total compreende à entrada de caixa referente à venda de animais obtida como resultado do processo de produção. Os custos totais são a soma dos custos com alimentação e custos operacionais do sistema. Lucro é a diferença entre a receita bruta total e os custos totais.

**Tabela 5.** Desvio padrão aditivo ( $\sigma_a$ ), lucro variante ( $\Delta P$ ), valor econômico (VE), valores econômicos relativos (VER) e ênfase relativa (ER) de características objetivos de seleção para os sistemas de produção de ciclo completo de bovinos Nelore

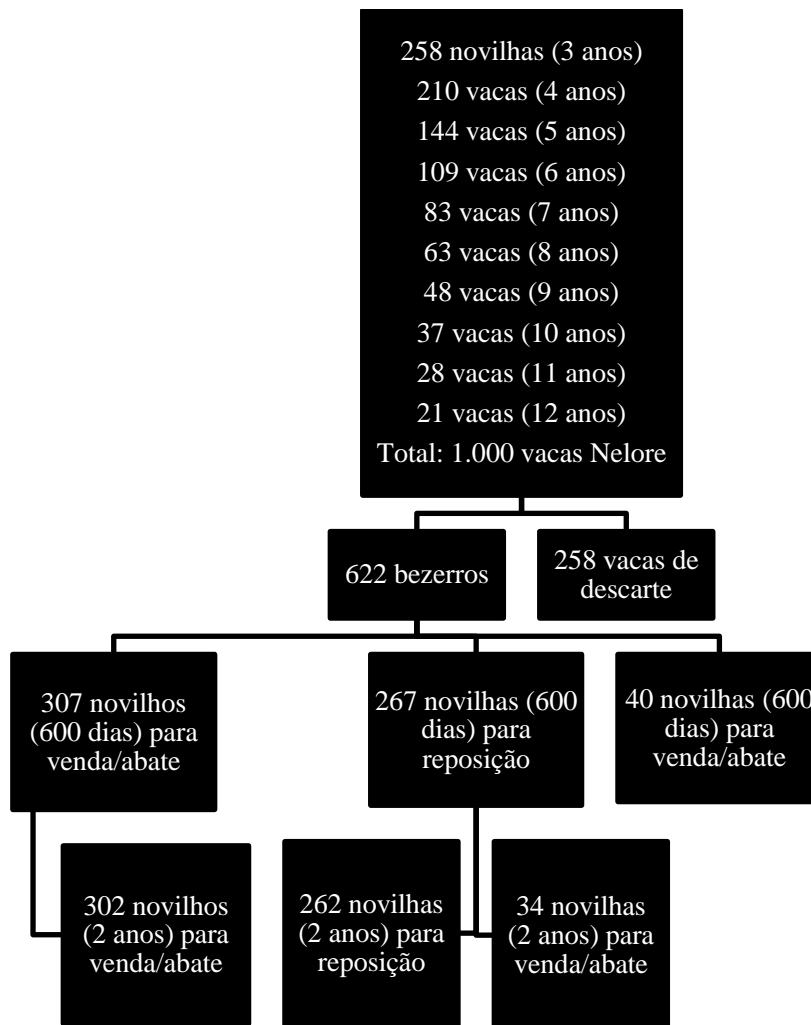
Caract. (unidade)	$\sigma_a$	Por cabeça				Por Unidade Animal			Por @		
		$\Delta P$ (US\$)	VE (US\$)	VER (US\$)	ER (%)	VE (US\$)	VER (US\$)	ER (%)	VE (US\$)	VER (US\$)	ER (%)
Sistema 1											
PV (kg)	16,22	148,26	0,15	2,40	5	0,10	1,69	7	0,02	0,28	13
PD (kg)	8,31	406,15	0,41	3,38	7	0,02	0,15	1	0,01	0,11	5
PDm (kg)	4,90	11,86	0,01	0,06	0	0,00	0,02	0	0,00	0,00	0
GMD (kg)	23,83	75,55	0,08	1,80	3	0,03	0,71	3	0,00	0,07	3
EGS (mm)	0,16	-17,29	-0,02	0,00	0	-0,01	0,00	0	0,00	0,00	0
STAY (%)	0,20	5.318,78	185,52	37,25	72	89,18	17,91	71	7,07	1,42	65
AOL (cm <sup>2</sup> )	3,48	1.967,17	1,97	6,85	13	1,41	4,91	19	0,09	0,32	15
Sistema 2											
PV (kg)	16,22	2.559,51	0,51	8,30	13	0,23	3,77	13	0,03	0,42	17
PD (kg)	8,31	2.105,46	0,42	3,50	6	0,03	0,25	1	0,01	0,12	5
PDm (kg)	4,90	73,96	0,01	0,07	0	0,01	0,03	0	0,00	0,00	0
GMD (kg)	23,83	454,63	0,09	2,17	3	0,04	0,97	3	0,00	0,11	4
EGS (mm)	0,16	-1.142,71	-0,23	-0,04	0	-0,16	-0,03	0	-0,03	0,00	0
STAY (%)	0,20	29.825,52	208,07	41,78	67	99,36	19,95	67	7,62	1,53	61
AOL (cm <sup>2</sup> )	3,48	9.890,37	1,98	6,89	11	1,42	4,94	17	0,09	0,32	13
Sistema 3											
PV (kg)	16,22	6.188,41	0,62	10,04	14	0,28	4,62	14	0,03	0,48	17
PD (kg)	8,31	4.129,05	0,41	3,43	5	0,02	0,20	1	0,01	0,11	4
PDm (kg)	4,90	977,41	0,10	0,48	1	0,02	0,11	0	0,01	0,05	2
GMD (kg)	23,83	896,55	0,09	2,14	3	0,04	0,95	3	0,00	0,11	4
EGS (mm)	0,16	-2.531,16	-0,25	-0,04	0	-0,18	0,03	0	-0,03	-0,01	0
STAY (%)	0,20	58.712,10	231,81	46,55	67	109,86	22,06	67	8,32	1,67	61
AOL (cm <sup>2</sup> )	3,48	19.678,23	1,97	6,85	10	1,41	4,92	15	0,09	0,32	12

Abreviações: PV = peso da vaca; PD = peso à desmama; PDm = efeito materno do peso à desmama; GMD = ganho de peso pós-desmama; EGS = espessura de gordura; STAY = stayability; AOL = área de olho de lombo.

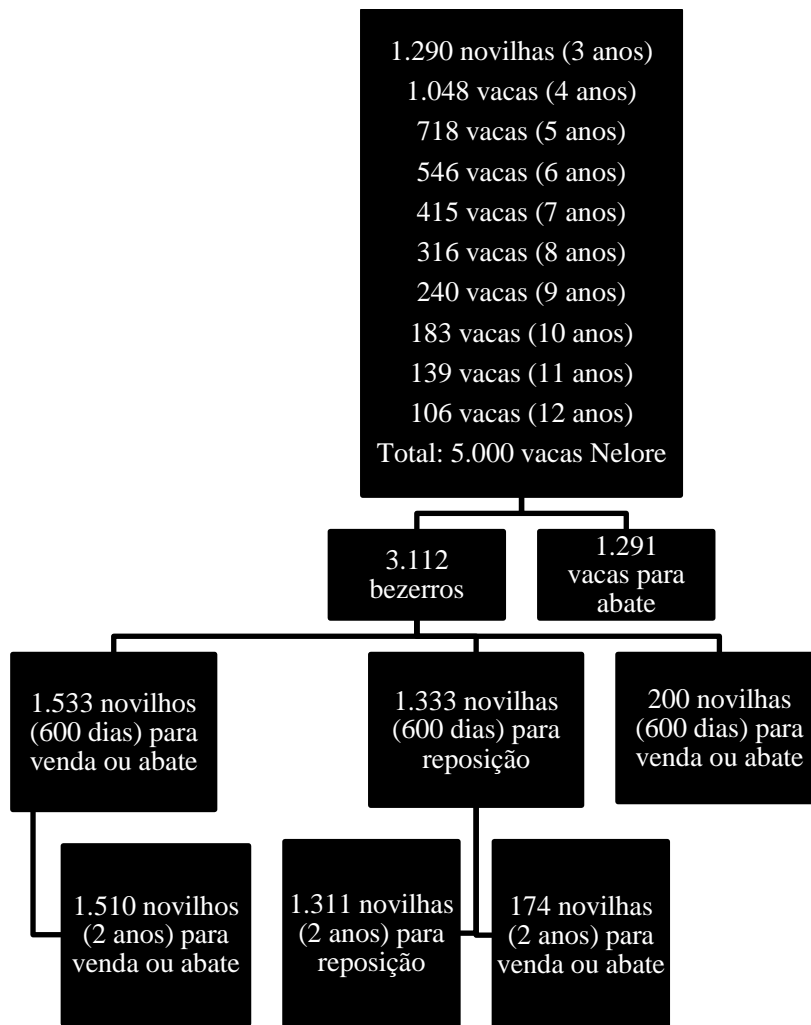
**Tabela 6.** Coeficientes de regressão ( $b$ ), ganho genético em unidade da característica ( $S_g$ ), importância relativa dos critérios de seleção (IR), resposta no genótipo agregado ( $S_H$ ) e acurácia ( $r_{HI}$ ) esperados para os índices propostos para os sistemas de produção de ciclo completo com 1.000 vacas (S1), 5.000 vacas (S2) e 10.000 vacas (S3) Nelore

Caract	Sistema 1			Sistema 2			Sistema 3		
	$b$	$S_g$	IR (%)	$b$	$S_g$	IR (%)	$b$	$S_g$	IR (%)
PD	-5,11	6,04	21	-5,77	6,51	22	-6,77	6,35	22
PDm	-	-	-	-	-	-	-	5,97	-
GMD	-0,29	6,72	5	-0,33	7,27	5	-0,36	6,81	5
PS	5,22	-	33	5,85	-	34	6,67	-	34
PE	38,18	-	20	42,83	-	20	49,49	-	20
AOL	-1,83	1,39	3	-2,28	1,26	3	-2,94	1,15	3
IPP	0,71	-	11	0,80	-	12	0,93	-	12
PV	-0,74	3,25	6	-0,49	6,54	4	-0,51	6,78	3
STAY	-	0,17	-	-	0,16	-	-	0,16	-
$S_H$ (US\$)		37,29			42,95			48,06	
$r_{HI}$		0,83			0,84			0,84	

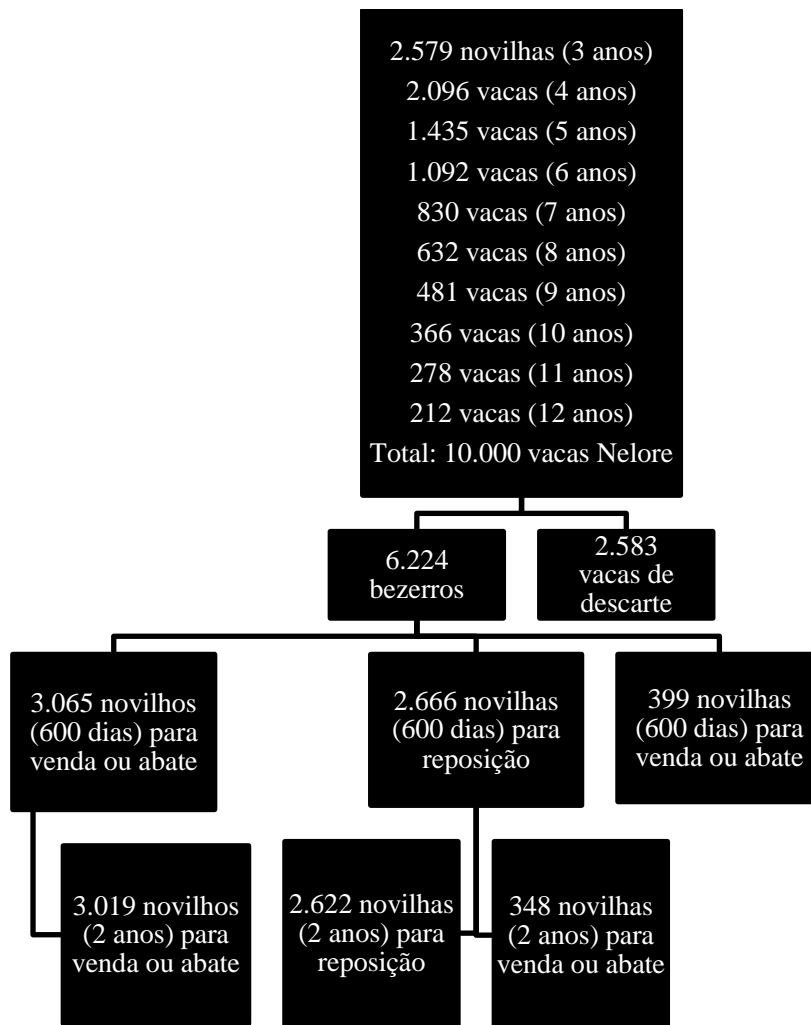
Abreviações: PD = peso à desmama; PDm = efeito materno do peso à desmama; GMD = ganho de peso pós-desmama; PS = peso ao sobreano; PE = perímetro escrotal ao sobreano; AOL = área de olho de lombo; IPP = idade ao primeiro parto; PV = peso da vaca, STAY = stayability.



**Figura 1.** Estrutura geral do rebanho usado para simular um sistema de produção de ciclo completo baseado em pastagem com 1.000 vacas Nelore



**Figura 2.** Estrutura geral do rebanho usado para simular um sistema de produção de ciclo completo baseado em pastagem com 5.000 vacas Nelore



**Figura 3.** Estrutura geral do rebanho usado para simular um sistema de produção de ciclo completo baseado em pastagem com 10.000 vacas Nelore

## Apêndice

Custos:

Abaixo são descritos os cálculos e variáveis usadas para obter os custos dos sistemas:

Variáveis utilizadas:

PV = peso da vaca

MP = produção de leite

Day\_rent = aluguel de pastagem por ano para a vaca

Vacas = número de vacas

Alimentação\_base =  $4,6631 + 0,0030 * PV + 0,0127 * (0,022 * MP)$

Ccap (exigência relativa de alimentação) =

$alimentação\_base / (4,6631 + 0,0030 * PV + 0,0127 * (0,022 * MP))$

WTm = peso da vaca aos 5 anos calculado pela curva de crescimento para vacas

MWT =  $WTm^{0,75}$

sDn e hDn = período pós-desmama no subperíodo “n”, o período pós-desmame foi dividido em 4 subperíodos devido às diferenças climáticas na região (estação seca e chuvosa) para novilhos e novilhas

sADGn e hADGn = ganho pós-desmama no subperíodo “n” para novilhos e novilhas

WTs0 = peso à desmama dos novilhos

WTh0 = peso à desmama de novilhas

yrst = número de novilhos ao sobreano mantidos para venda/abate

yrhf = número de novilhas de reposição ao sobreano

yrhh = número de novilhas ao sobreano mantidos para venda/abate

Assim:  $WTs1 = WTs0 + sD1 * sADG1$ ;  $WTs2 = WTs1 + sD2 * sADG2$ ;  $WTs3 =$   
 $WTs2 + sD3 * sADG3$ ;  $WTs4 = WTs3 + sD4 * sADG4$ ;  $WTh1 = WTh0 + hD1 * hADG1$ ;  
 $WTh2 = WTh1 + hD2 * hADG2$ ;  $WTh3 = WTh2 + hD3 * hADG3$ ;  $WTh4 =$   
 $WTh3 + hD4 * hADG4$

Logo:

$Custo\_vacas = 365 * day\_rent * vacas / ccap$

$Custo\_sobrano = ((0,5 * (WTs0 + WTs1)^{0.75}) / MWT) * yrst * day\_rent * sD1 +$   
 $(0,5 * (WTs1 + WTs2)^{0.75}) / MWT) * yrst * day\_rent * sD2 +$   
 $((0,5 * (WTh0 + WTh1)^{0.75}) / MWT) * (yrhf + yrhh) * day\_rent * hD1 +$   
 $((0,5 * (WTh1 + WTh2)^{0.75}) / MWT) * (yrhf + yrhh) * day\_rent * hD2$

$Custo\_2anos = ((0,5 * (WTs2 + WTs3)^{0.75}) / MWT) * y2st * day\_rent * sD3 +$   
 $((0,5 * (WTs3 + WTs4)^{0.75}) / MWT) * y2st * day\_rent * sD4 +$   
 $((0,5 * (WTh2 + WTh3)^{0.75}) / MWT) * (yrhf + yrhh) * day\_rent * hD3 +$   
 $((0,5 * (WTh3 + WTh4)^{0.75}) / MWT) * (yrhf + yrhh) * day\_rent * hD4$

$Custo\_com\_alimentação = Custo\_vacas + Custo\_sobrano + Custo\_2anos$ ;

$Custos\_variáveis = ccap * (Custo\_com\_alimentação * (1 - 0,69))$

$Custo\_total = Custo\_com\_alimentação + Custos\_variáveis$



## **CAPÍTULO IV – Considerações Finais**

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Selecionar várias características simultaneamente dentro de um sistema produtivo é um processo arriscado, dado que se tem ganho genético nas diferentes características devido às respostas correlacionadas e estes podem nem sempre ser desejados por afetar negativamente a produtividade e rentabilidade do sistema. Desta forma, o método mais eficiente de se realizar a seleção multicaracterística é a utilização de índices econômicos que ponderam a importância de cada característica a ser selecionada dentro do sistema, utilizando informações de receitas e despesas para gerar uma equação de lucro que represente o sistema em questão.

Os produtores devem ter seus objetivos de seleção e sistema de produção bem definidos para utilização de índices de seleção já existentes. Se o sistema de produção utilizado para propor determinado índice e o sistema de produção do produtor forem similares, os valores econômicos para as características serão semelhantes e a seleção dos animais pode ser realizada através do mesmo índice. No entanto, sistemas de produção diferentes necessitam de equações de lucro específicas para cada caso, pois diferenças nas receitas e despesas alteram os valores econômicos das características e conseqüentemente mudam o ganho genético e econômico esperados.

Nos índices construídos neste estudo, as características de maior relevância foram a habilidade de permanência da vaca no rebanho (stayability) e o peso adulto da vaca, independentemente do número de fêmeas criadas no sistema, demonstrando a importância de o produtor mensurar estas e outras informações das matrizes que permanecem no rebanho por vários ciclos produtivos.

Além disso, avaliando a aplicabilidade dos índices, observou-se certa sensibilidade em relação a algumas correlações genéticas, quando modificada a magnitude destas, destacando a importância da correta estimação de parâmetros para formulação de índices precisos e replicáveis.

Quanto ao ganho genético, a seleção simultânea para stayability, peso adulto, área de olho de lombo, peso à desmama e ganho médio diário,

considerados como objetivos de seleção, aumentarão a lucratividade dos sistemas propostos. Com isso, estes índices podem ser usados por produtores que tenham sistemas de produção similares aos utilizados neste estudo possibilitando contribuir no incremento da rentabilidade de seu rebanho.

Estudos que envolvam outros modelos de sistemas produtivos e objetivos de seleção, como características ligadas à eficiência alimentar e reprodução, devem ser realizados para ofertar aos produtores a possibilidade do uso de outros índices que traduzam seu sistema produtivo e tragam resultados positivos ao seu rebanho.

## REFERÊNCIAS

ABIEC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES. **Estatísticas**. São Paulo, 2019. Disponível em: <http://www.abiec.com.br/>. Acesso em: 02 jun. 2019.

ABREU, U. G. P. *et al.* **Touros Nelore Pantaneiros com DEP's**: potencial impacto econômico para o sistema de produção. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2019. 9 p. (Comunicado Técnico/Embrapa Pantanal, 110).

ABY, B. A. *et al.* Effect of incorporating greenhouse gas emission costs into economic values of traits for intensive and extensive beef cattle breeds. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 158, p. 1-11, 2013.

ACNB – ASSOCIAÇÃO DE CRIADORES DE NELORE DO BRASIL. São Paulo, 2020. Disponível em: <http://www.nelore.org.br/Institucional/ACNB/>. Acesso em: 10 jan. 2020.

AMER *et al.* Breeding objectives for beef cattle in Ireland. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 67, n. 3, p. 223–239, 2001.

AMER, P. R. *et al.* A methodology framework for weighting genetic traits that impact greenhouse gas emission intensities in selection indexes. **Animal**, Cambridge, v. 12, n. 1, p. 5-11, 2017.

BENEZ, F. M.; CABRAL, W. B. Terminação de bovinos de corte. *In*: OLIVEIRA FILHO, A. **Produção e Manejo de Bovinos de Corte**. Cuiabá: KCM Editora, 2015. cap 3, p. 86-117.

BERNARDINO DE CARVALHO, T; DE ZEN, S. A cadeia de pecuária de corte no Brasil: evolução e tendências. **Revista IPecege**, Piracicaba, v. 3, n. 1, p. 85-99, 2017.

BOURDON, R. M. Shortcomings of Current Genetic Evaluation Systems. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 9, p. 2308–2323, 1998.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Cadeira produtiva da carne bovina**. Brasília, v. 8, p. 19, 2007. (Série Agronegócios).

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Biomass**. Brasília, 2017 Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomass/>. Acesso em: 02 set. 2017.

BREEDPLAN - **The genetic selection aid for breeders, buyers, and sellers of beef seedstock**, Armidale, 2019. Disponível em: <http://www.breedobject.com/>. Acesso em: 20 jan. 2019.

BULLOCK, D.; BROWN, D.; KEENAN, L. The Power of economic selection indices to make genetic change in profitability. *In: BEEF IMPROVEMENT FEDERATION*, 49., 2017, Athens. **Proceedings** [...]. Athens: BIF, 2017. p. 73-81.

CAMPOS, G. S., *et al.* Bioeconomic model and selection indices in Aberdeen Angus cattle. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, United Kingdom, v. 131, n. 4, p. 305–312, 2014.

CARDOSO, E. L.; CRISPIM, S. M. A. O Pantanal e a Pecuária. *In: CARDOSO, Evaldo Luis (ed.). Gado de corte no Pantanal: o produtor pergunta, a Embrapa responde.* Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 19 p. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

CARVALHO, C. V. D.; BITTENCOURT, T. C. C. Breeding objectives for a Nellore cattle rearing system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 9, p. 814–820, 2015.

CEZAR, I. M. *et al.* **Sistemas de produção de gado de corte no Brasil: uma descrição com ênfase no regime alimentar e no abate.** Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2005. 40 p. (Documentos/Embrapa Gado de Corte, 151).

CRESPOLINI, M. *et al.* **Pecuária de Corte no Pantanal: análise temporal e de escala do sistema modal de produção em Corumbá-MS.** Corumbá: Embrapa Pantanal, 2017. 8 p. (Comunicado Técnico, 103).

COSTA, R. F. *et al.* Economic selection indexes for Hereford and Braford cattle raised in southern Brazil. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 95, p. 2825-2837, 2017.

DEKKERS, J. C. M. *et al.* **Design and optimisation of animal breeding programmes.** Ames (USA): Iowa State University, 2004. 16 p.

EBEEF.. **Beef cattle economic selection indices.** Kansas City, 2014. Disponível em: < [https://beef-cattle.extension.org/wp-content/uploads/2019/09/2014-7\\_Beef-Cattle-Economic-Selection-Indices-fact-sheet\\_Arial\\_0.pdf](https://beef-cattle.extension.org/wp-content/uploads/2019/09/2014-7_Beef-Cattle-Economic-Selection-Indices-fact-sheet_Arial_0.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2016.

EUCLIDES FILHO, K. Cenários para a cadeira produtiva da carne bovina no Brasil. *In: ROSA, A. N. et al. Melhoramento genético aplicado em gado de corte: programa Geneplus-Embrapa.* Brasília: EMBRAPA, 2013. p. 16-24.

FERNANDES, G. M. *et al.* Economic values and selection index in different Angus-Nellore cross-bred production systems. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, United Kingdom, v. 135, n. 3, p. 208-220, 2018.

HARRIS, D. L. Breeding for efficiency in livestock production: defining the economic objectives. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 30, n. 6, p. 860-865, 1970.

HAZEL, L. N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, Baltimore, v. 28, n. 6, p. 476–490, 1943.

HAZEL, L. N.; LUSH, J. L. The efficiency of three methods of selection. **Journal Heredity**, United Kingdom, v. 33, n. 11, p. 393-399, 1942.

HILL, I. D. Reprodução com metas de precocidade marca o programa da Jacarezinho. **Pec. Corte**, Brasil, p. 19-26. 1998.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939#resultado>. Acesso em: 03 dez. 2019.

JONES, H. E. *et al.* Economic values for changes in carcass lean and fat weights at a fixed age for terminal sire breeds of sheep in the UK. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 89, n. 1, p. 1–17, 2004.

KLUYTS, J. F.; NESER, P. F. W. C.; BRADFIELD, M. J. Proposed economic selection indices for the Simmentaler breed in South Africa. **South African Journal of Animal Science**, Pretoria, v. 37, n. 2, p. 122–131, 2007.

KRUPOVÁ, Z. *et al.* Methods for calculating economic weights of important traits in sheep. **Slovak Journal of Animal Science**, Slovakia, v. 41, n. 1, p. 24–29, 2008.

MARTÍN NIETO, L.; ALENCAR, M. M.; ROSA, A. N. Critérios de Seleção. *In*: ROSA, A. N. *et al.* **Melhoramento genético aplicado em gado de corte**: programa Geneplus-Embrapa. Brasília: EMBRAPA, 2013. p. 109-122.

MENEZES, G. R. O. *et al.* **Demandas tecnológicas dos sistemas de produção de bovinos de corte no Brasil**: melhoramento genético animal. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2016. 22 p. (Documentos/Embrapa Gado de Corte, 217).

OLIVEIRA, L. O. F. *et al.* **Estimativa da população de bovinos no Pantanal por meio de modelos matemáticos e índices tradicionais**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2016. 11 p. (Comunicado Técnico/Embrapa Pantanal, 99)

OLIVEIRA, S. R. M. *et al.* Identificação de padrões tecnológicos do sistema de pecuária de corte desenvolvido no Cerrado. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 9., Campinas, 2017, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: SBI Agro, 2017. 10 p.

PEARSON, R. E. Economic aspects of the choice of a breeding objective. *In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION*, 2., 1982, Madrid. **Proceedings** [...]. Madrid: WCGALP, 1982.

PEREIRA, M. A. **Demandas tecnológicas dos sistemas de produção de bovinos de corte no Brasil: gestão da empresa rural**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2016. 22 p. (Documentos/Embrapa Gado de Corte, 219).

PERIPOLLI, E. *et al.* Valores econômicos para sistemas de recria e engorda de bovinos Nelore e cruzado. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 65, n. 250, p. 145-154, 2016. Disponível em: <  
[http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/13\\_12\\_35\\_063705Estimativas\\_017.pdf](http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/13_12_35_063705Estimativas_017.pdf) >

PONZONI, B. R. W. A profit equation for the definition of the breeding objective of Australian merino sheep. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, United Kingdom, v. 103, p. 342–357, 1986.

PONZONI, R. W. **Genetic improvement of hair sheep in the tropics**. Rome: FAO Animal Production and Health, 1992. 178 p.

PONZONI, R. W.; NEWMAN, S. Developing breeding objectives for australian beef cattle production. **Animal Science**, Austrália, v. 49, n. 1, p. 35–47, 1989.

PONZONI, R. W.; GIFFORD, D. R. Developing breeding objectives for Australian Cashmere Goats. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, Hamburg, v. 107, p. 351-370, 1990.

REIS, A. P. *et al.* Design of selection schemes to include tick resistance in the breeding goal for Hereford and Braford cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 95, n. 2, p. 572-583, 2017.

SALES, J.; HILL, W. G. Effect of sampling errors on efficiency of Selection indices. 2. Use of information of association traits for improvement of a single important trait. **Animal Science**, Cambridge, v. 23, n. 1, p. 1-14, 1976.

SCHNEEBERGER, M. *et al.* Economic indices using breeding values predicted by BLUP. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, United Kingdom, v. 109, p. 180–187, 1992.

SILVA, J.S.V.; ABDON, M.M. Delimitação do Pantanal Brasileiro e suas Sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, p.1703–1711, 1998.

SIMM, G., SMITH, C.; PRESCOTT, J.H.D. Selection indices to improve the efficiency of lean meat production in cattle. **Animal Science**, Cambridge, v. 42, n. 2, p. 183-193, 1986.

SIMÕES, M. R. S. *et al.* Breeding objectives of Brangus cattle in Brazil. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, United Kingdom, v. 137, n. 2, p. 1-12, 2019.

SMITH, C. Effects of changes in economic weights on the efficiency of index selection. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 56, n. 5, p. 1057–1064, 1983.

SOUZA, F. M. **Valores e índices bioeconômicos para um sistema de produção de bovinos Nelore no Bioma Cerrado**. 90 f. 2016. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

TÔSTO, S. G. *et al.* **Aspectos produtivos da pecuária de corte do Brasil e de Mato Grosso do Sul**. Campinas: Embrapa Monitoramento dor Satélite, 2013. 20 p. (Documentos/Embrapa Monitoramento dor Satélite, 102).

UNEP. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME; WORLD CONSERVATION MONITORING CENTRE. 'Pantanal Conservation Complex, Brazil.' *In*: CLEVELAND, C. J. (ed.). **Encyclopedia of Earth**. Washington, D.C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment, 2007. Disponível em: [http://www.eoearth.org/article/Pantanal\\_Conservation\\_Complex,\\_Brazil](http://www.eoearth.org/article/Pantanal_Conservation_Complex,_Brazil). Acesso em: 03 set. 2017.

VAN MELIS, M. H. *et al.* Additive genetic relationships between scrotal circumference, heifer pregnancy, and stayability in Nelore cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, n. 12, p. 3809–3813, 2010.

VIU, M. A. O. *et al.* Panorama da pecuária de corte no bioma Cerrado. **Pubvet**, Maringá, v. 1, n. 11, ed. 11, artigo 252, 2007.



## APÊNDICE

### Normas para publicação da Revista Animal Breeding and Genetics

#### 1. SUBMISSION

Thank you for your interest in the Journal of Animal Breeding and Genetics. Note that submission implies that the content has not been published or submitted for publication elsewhere except as a brief abstract in the proceedings of a scientific meeting or symposium.

Once you have prepared your submission in accordance with the Guidelines, manuscripts should be submitted online at <https://mc.manuscriptcentral.com/jabg>

The submission system will prompt you to use an ORCID (a unique author identifier) to help distinguish your work from that of other researchers. Click here to find out more.

For help with submissions, please contact: [JABAG.office@wiley.com](mailto:JABAG.office@wiley.com)

We look forward to your submission.

#### Data Protection and Privacy

By submitting a manuscript to, or reviewing for, this publication, your name, email address, institutional affiliation, and other contact details the publication might require, will be used for the regular operations of the publication, including, when necessary, sharing with the publisher (Wiley) and partners for production and publication. The publication and the publisher recognize the importance of protecting the personal information collected from users in the operation of these services, and have practices in place to ensure that steps are taken to maintain the security, integrity, and privacy of the personal data collected and processed. You can learn more at <https://authorservices.wiley.com/statements/data-protection-policy.html>.

## **2. AIMS AND SCOPE**

The journal publishes original articles by international scientists on genomic selection, and any other topic related to breeding programmes, selection, quantitative genetics, genomics, diversity, evolution of domestic animals and analysis of efficiency and consequences of commercial breeding programs. Researchers, teachers, and the animal breeding industry will find the reports of interest.

## **3. MANUSCRIPT CATEGORIES AND REQUIREMENTS**

The Journal of Animal Breeding and Genetics publishes:

- Original Articles – articles should contain reports of new research findings or conceptual analyses that make a significant contribution to knowledge. Ideally, manuscripts should be around 20 typewritten pages or less – although, longer papers may be considered at the Editor’s discretion.

- Book Reviews – books submitted for review are assigned to specialists in the same field. The reviewer does not receive financial remuneration for a review, but keeps the copy of the book sent to him or her for review. The review should include the complete bibliographical data on the book being reviewed: author’s surname and initials of prename(s). Title of the book, edition (if not the first edition), publisher, place of publication, year of publication, length in pages, number of figures and tables, type of binding (paperback, hardback), and retail price.

## **4. PREPARING YOUR SUBMISSION**

Manuscripts must be submitted as a Word or rtf file and should be written in English. The manuscript should be submitted in separate files: main text file; figures.

## Text file

The text file should be presented in the following order:

- (i) Title;
- (ii) a short running title of less than 70 characters;
- (iii) the full names of the authors;
- (iv) the author's institutional affiliations at which the work was carried out, (footnote for author's present address if different to where the work was carried out);
- (v) abstract;
- (vi) main text,
- (vii) acknowledgements,
- (viii) conflict of interest statement,
- (ix) references,
- (x) tables (each table complete with title and footnotes)
- (xi) figure legends,
- (xii) appendices (if relevant). Figures and supporting information should be supplied as separate files.

## Title

The title should be a short informative title that contains the major key words. The title should not contain abbreviations (see Wiley's best practice SEO tips)

## Authorship

Please refer to the journal's authorship policy the Editorial Policies and Ethical Considerations section for details on eligibility for author listing.

## Acknowledgements

Contributions from anyone who does not meet the criteria for authorship should be listed, with permission from the contributor, in an Acknowledgments section. Financial and material support should also be mentioned. Thanks to anonymous reviewers are not appropriate.

## Conflict of Interest Statement

You will be asked to disclose conflicts of interest during the submission process. See the section 'Conflict of Interest' in the Editorial Policies and Ethical Considerations section for details on what to include in this section. Please ensure that you liaise with all co-authors to confirm agreement with the final statement. The Conflict of Interest statement should be included within the main text file of your submission.

## Summary

Please provide a summary of no more than 1,200 characters.

## Keywords

Please provide 3-6 keywords and list them in alphabetical order. Keywords should be taken from those recommended by the US National Library of Medicine's Medical Subject Headings (MeSH) browser list at <https://www.nlm.nih.gov/mesh/>.

## Main Text

Where possible, the text should be divided into the following sections: Summary and Keywords, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Acknowledgements, Conflict of Interest Statement and References.

## References

References should be prepared according to the Publication Manual of the American Psychological Association (6th edition). This means in text citations should follow the author-date method whereby the author's last name and the year of publication for the source should appear in the text, for example, (Jones, 1998). The complete reference list should appear alphabetically by name at the end of the paper.

A sample of the most common entries in reference lists appears below. Please note that a DOI should be provided for all references where available. For more information about APA referencing style, please refer to the APA FAQ.

Please note that for journal articles, issue numbers are not included unless each issue in the volume begins with page one.

#### Journal article

Beers, S. R., & De Bellis, M. D. (2002). Neuropsychological function in children with maltreatment-related posttraumatic stress disorder. *The American Journal of Psychiatry*, 159, 483–486. doi:10.1176/appi.ajp.159.3.483

#### Book

Bradley-Johnson, S. (1994). *Psychoeducational assessment of students who are visually impaired or blind: Infancy through high school (2nd ed.)*. Austin, TX: Pro-ed.

#### Internet Document

Norton, R. (2006, November 4). How to train a cat to operate a light switch [Video file]. Retrieved from <http://www.youtube.com/watch?v=Vja83KLQXZs>

#### Tables

Tables should be self-contained and complement, but not duplicate, information contained in the text. They should be supplied as editable files, not pasted as images. Legends should be concise but comprehensive – the table, legend and footnotes must be understandable without reference to the text. All abbreviations must be defined in footnotes. Footnote symbols: †, ‡, §, ¶, should be used (in that order) and \*, \*\*, \*\*\* should be reserved for P-values. Statistical measures such as SD or SEM should be identified in the headings.

#### Figure Legends

Legends should be concise but comprehensive – the figure and its legend must be understandable without reference to the text. Include definitions of any symbols used and define/explain all abbreviations and units of measurement.

## Guidelines for Cover Submissions

If you would like to send suggestions for artwork related to your manuscript to be considered to appear on the cover of the journal, please follow these general guidelines.

## Preparing Figures

Although we encourage authors to send us the highest-quality figures possible, for peer-review purposes we are happy to accept a wide variety of formats, sizes, and resolutions.

[Click here](#) for the basic figure requirements for figures submitted with manuscripts for initial peer review, as well as the more detailed post-acceptance figure requirements.

## Appendices

Appendices will be published after the references. For submission they should be supplied as separate files but referred to in the text.

## Conflict of Interest

The Journal of Animal Breeding and Genetics requires that all authors disclose any potential sources of conflict of interest. Any interest or relationship, financial or otherwise that might be perceived as influencing an author's objectivity is considered a potential source of conflict of interest. These must be disclosed when directly relevant or directly related to the work that the authors describe in their manuscript. Potential sources of conflict of interest include, but are not limited to, patent or stock ownership, membership of a company board of directors, membership of an advisory board or committee for a company, and consultancy for or receipt of speaker's fees from a company. The existence of a conflict of interest does not preclude publication. If the authors have no conflict of interest to declare, they must also state this at submission. It is the responsibility of the corresponding author to review this policy with all authors and collectively to disclose with the submission ALL pertinent commercial and other relationships.

The Conflict of Interest statement should be included within the main text file of your submission.

### Funding

Authors should list all funding sources in the Acknowledgments section. Authors are responsible for the accuracy of their funder designation. If in doubt, please check the Open Funder Registry for the correct nomenclature: <http://www.crossref.org/fundingdata/registry.html>

### Authorship

The list of authors should accurately illustrate who contributed to the work and how. All those listed as authors should qualify for authorship according to the following criteria:

- 1) Have made substantial contributions to conception and design, or acquisition of data, or analysis and interpretation of data;
- 2) Been involved in drafting the manuscript or revising it critically for important intellectual content;
- 3) Given final approval of the version to be published. Each author should have participated sufficiently in the work to take public responsibility for appropriate portions of the content; and
- 4) Agreed to be accountable for all aspects of the work in ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Contributions from anyone who does not meet the criteria for authorship should be listed, with permission from the contributor, in an Acknowledgments section (for example, to recognize contributions from people who provided technical help, collation of data, writing assistance, acquisition of funding, or a department chairperson who provided general support). Prior to submitting the article all authors should agree on the order in which their names will be listed in the manuscript.

### Additional authorship options

Joint first or senior authorship: In the case of joint first authorship a footnote should be added to the author listing, e.g. 'X and Y should be considered joint first author' or 'X and Y should be considered joint senior author.'

### ORCID

As part of our commitment to supporting authors at every step of the publishing process, the Journal of Animal Breeding and Genetics requires the submitting author (only) to provide an ORCID iD when submitting a manuscript. This takes around 2 minutes to complete. Find more information.

### Publication Ethics

Journal of Animal Breeding and Genetics is a member of the Committee on Publication Ethics (COPE). Note this journal uses iThenticate's CrossCheck software to detect instances of overlapping and similar text in submitted manuscripts. Read our Top 10 Publishing Ethics Tips for Authors here. Wiley's Publication Ethics Guidelines can be found at <https://authorservices.wiley.com/ethics-guidelines/index.html>



## VITA

Juliana Varchaki Portes, nascida em 19 de março de 1989 na cidade de Curitiba – PR, filha de Leoncio Portes Neto e Maria Varchaki Portes, Zootecnista, (Universidade Federal do Paraná - dezembro/2013), Mestra em Zootecnia (Universidade Federal do Paraná - março/2016) e Especialista em Gestão do Agronegócio (Universidade Federal do Paraná - novembro/2016). Em abril de 2016 ingressou no Doutorado junto ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), sob a orientação do Professor Doutor José Braccini Neto e coorientação do Pesquisador da EMBRAPA Gado de Corte Doutor Gilberto Romeiro de Oliveira Menezes, sendo bolsista CAPES (2016-2020). Integrante do Megagen - Laboratório de Melhoramento Genético Animal da UFRGS. Secretária Adjunta da Sociedade Brasileira de Zootecnia desde novembro/2017. Submetida à banca examinadora de defesa de tese de Doutorado em 27 de março de 2020.