

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DA SELEÇÃO PARA  
PRECOCIDADE SEXUAL EM CARACTERÍSTICAS DE  
IMPORTÂNCIA DA RAÇA NELORE**

**Maria Mikaella Pacheco Barbosa**

Jaboticabal - SP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DA SELEÇÃO PARA PRECOCIDADE SEXUAL  
EM CARACTERÍSTICAS DE IMPORTÂNCIA DA RAÇA NELORE**

**Maria Mikaella Pacheco Barbosa**

**Orientadora: Prof. Dr. Lúcia Galvão de Albuquerque  
Coorientadores: Dr. Lúcio Flavio Macedo Mota  
MSc. Leonardo Maschetropa Arikawa**

Trabalho de Conclusão de Curso (Iniciação Científica) apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para graduação em Zootecnia.

Jaboticabal - SP  
2ºSemestre/2022

B238a

Barbosa, Maria Mikaella Pacheco

Avaliação do efeito da seleção para precocidade sexual em características de importância da raça nelore / Maria Mikaella Pacheco Barbosa. -- Jaboticabal, 2022  
46 p. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientadora: Lúcia Galvão de Albuquerque

Coorientadora: Lúcio Flavio Macedo Mota

1. Nelore (Bovino). 2. Bovino de corte. 3. Estimativa de parâmetros. I. Título.

**unesp**  **UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
CÂMPUS DE JABOTICABAL



DEPARTAMENTO:

## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

### TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**TÍTULO:** EFEITO DA PRECOCIDADE SEXUAL EM CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS AO DESEMPENHO E EFICIÊNCIA PRODUTIVA DE NOVILHAS DA RAÇA NELORE

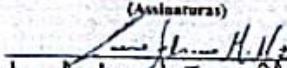
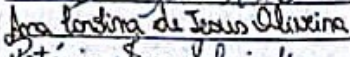
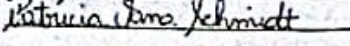
**ACADÊMICO:** Maria Mikaela Pacheco Barbosa

**CURSO:** Zootecnia

**ORIENTADOR (ES):** Prof. Dr. Lucia Galvão de Albuquerque

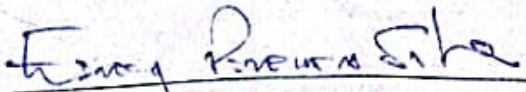
Aprovado e corrigido de acordo com as sugestões da Banca Examinadora

#### BANCA EXAMINADORA:

	(Nomes)	(Assinaturas)
<b>Presidente</b>	Dr. Lúcio Flavio Macedo Mota	
<b>Membro</b>	Msc. Ana Carolina de Jesus Oliveira	
<b>Membro</b>	Msc. Patrícia Iana Schmidt	

Jaboticabal 15 / 09 / 2022

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 04/10/2022



Chefe do Departamento  
Prof. Dr. EDNEY PEREIRA DA SILVA  
Chefe do Departamento de Zootecnia  
Matrícula Nº 422823-6

**Dedicatória**

Dedico esse Trabalho de Conclusão de Curso à minha tia Ir. Aparecida e meu pai Belchior, meus exemplos de vida, dedicação e trabalho, responsáveis por me ensinar coisas fundamentais para minha personalidade, como a ter força nos piores momentos e nunca desistir dos meus sonhos. Minha mãe Patrícia (*in memoriam*) que com certeza aonde estiver está extremamente feliz por esta conquista e a Deus que sempre esteve comigo, permitindo que tudo isso acontecesse, e não somente nestes anos como universitária, mas em todos os momentos muitos delicados da minha vida.

Amo muito vocês.

## **Agradecimentos**

Primeiramente a Deus, por me ajudar a ultrapassar todos os obstáculos encontrados, iluminar, proporcionar cada oportunidade e encontrar pelo caminho todas essas pessoas maravilhosas.

À minha tia, por ser essa pessoa iluminada em minha vida, um exemplo de inteligência, foi minha base, pegou na minha mão e deu forças para passar pelas dificuldades, por fazer eu sentir que nada nesse mundo pode me impedir de conquistar meus sonhos.

Ao meu pai, por me ensinar tudo sobre a vida, que dedicou a sua vida inteira para ser duas pessoas (pai e mãe), aprendeu sozinho a me criar, ensinou a ser guerreira e ser uma pessoa com um propósito na vida.

À minha irmã Jaqueline, por ter sido minha companheira desde que vim ao mundo, por fazer eu me orgulhar de ter uma irmã mais velha que tem a visão do mundo que talvez nunca terei na vida, pela amizade, confiança, incentivo e o amor incondicional. Por ser essa mulher tão especial

Aos meus outros irmãos Thamara, Higor, Jhonatan, Douglas e aos meus familiares, distantes fisicamente, mas jamais longe do meu coração.

À Rose por cuidar do meu pai, acolhimento e atenção.

À Prof. Lúcia Galvão por me aceitar como orientada e a confiança depositada na realização deste trabalho.

Ao Lúcio Mota e o Leonardo por todos os conselhos, sugestões, grande ajuda profissional e acadêmica.

Aos Professores e Funcionários da FCAV pela oportunidade da realização do curso.

A minha melhor amiga Isabella “Ziza” (grande parceira), que sempre esteve comigo, sempre me aconselhando a fazer o melhor e me atualizando sobre tudo na faculdade, amigas desde o CSI, parceria em todas as horas, inclusive nas piores como limpar a casa.

A Barbara “Apagão” que sempre acreditou em mim, me apoia em todas as horas, uma das pessoas mais fantástica que tive em minha vida, aprendi muito e tenho muito orgulho de você.

Aos meus amigos Felipe, Anna Raísa “roda-pé”, Larissa “sun”, Escolta, Paulinha, William, Dudu, Carol “Maquita”, Gabriela, Camz, Chiku, Kapo, Larissa Mejolaro, Karine Ferreira, Gabriel “China”, por fazerem parte da minha vida, sem vocês a FCAV não teria graça, cada um de vocês tornaram um momento em minha vida em perfeito, obrigada pelas alegrias, fofocas e simplesmente por serem meus amigos de verdade. Desejo muita saúde e força e tenho certeza que haverá muito sucesso em suas vidas, pois, acredito no potencial de cada um de vocês.

Às novilhas de corte, por me permitirem tirar as informações de vocês e poder ajudar a pecuária brasileira com o seu desenvolvimento...

E a todos que de forma direta e indireta contribuíram para a realização desse trabalho.

## Índice

1	Introdução .....	11
2	Revisão Bibliográfica .....	12
2.1	Precocidade sexual em novilhas Nelore.....	12
2.2	Prenhez precoce (PP) em novilhas.....	13
2.3	Crescimento em Novilhas Nelore .....	16
3.	Material e métodos.....	18
3.1	Dados .....	20
3.2	Análises estatísticas.....	18
3.2.1	Avaliação fenotípica da classe de precocidade .....	18
3.3	Parâmetros genéticos.....	19
	Resultados e discussão .....	20
	Efeito da classe de prenhez sobre características produtivas e reprodutivas ..	22
	Efeito da classe peso e ganho de peso na precocidade sexual .....	28
	Correlação genética.....	32
	Conclusão.....	36
	Referências bibliográficas.....	38



**Resumo** - A precocidade sexual em novilhas está relacionada com aumento na lucratividade do sistema de produção, principalmente por reduzir o ciclo de produção, promover maior viabilidade econômica ao sistema, aumentar a intensidade de seleção e maior ganho genético. Assim, objetiva-se: a) avaliar as principais diferenças entre novilhas Nelore com maior potencial v.s. menor potencial genético para precocidade sexual para características relacionada ao crescimento, desempenho produtivo e reprodutivo das fêmeas, e b) avaliar as relações genéticas para precocidade sexual e suas associações com características de importância econômica em bovinos da raça Nelore. O conjunto de dados incluiu informações fenotípicas de aproximadamente 300 mil novilhas Nelore e as características fenotípicas avaliadas forma relacionadas a eficiência reprodutiva: 1 - ocorrência de prenhez precoce aos 14 (PP14) 18 (PP18) e 24 (PP24) meses ; 2 – reconcepção (REC), 3 - número de progênes até os 53 meses de idade (NC53) e 4 - habilidade de permanência no rebanho (Stay) e para crescimento: 1 - peso a desmama (PD) e ao sobreano (PS); 2 – ganho de peso diário da desmama ao sobreano ( $GP_{D-S}$ ); 3 - peso a maturidade da fêmea (PM); 4 - peso ao desmame da primeira progênie ( $Pesod_{prog}$ ) e escores de avaliação visual para conformação (Conf), precocidade (Prec) e musculatura (Musc). A PP14 apresentou maior média para as características de crescimento (PD, PS e  $GP_{D-S}$ ) diferindo estatisticamente com PP18, PP24 e Tardia (PP > 24), e menor peso a idade adulta (PM) em comparação com PP24 e Tardia (PP > 24). Novilhas precoces (PP14 e PP18) apresentaram a primeira progênie cerca de 4% mais leve do que fêmeas tardias (PP > 24), embora apresentem uma maior NC53. Com relação à permanência, as novilhas precoces (PP14 e PP18) apresentaram 20% e 33% a mais de chances de permanecer no rebanho até 6 anos quando comparadas com novilhas tardias. Com relação ao efeito das classes de PS e  $GP_{D-S}$ , os resultados sugerem que com o aumento do PS e  $GP_{D-S}$  a probabilidade de novilhas engravidarem aos 14, 18 e 24 meses aumentam. No entanto, fêmeas PP14 e PP18 com peso maior que 326 apresentaram uma pequena redução na probabilidade de prenhez precoce. Correlações genéticas entre características de crescimento (PD, PS,  $GP_{D-S}$  e PM) foram de fracas ( $r_g = 0.10 \pm 0.05$ ; PS vs PP14) a moderadas ( $r_g = -0.47 \pm 0.07$ ; PM vs PP14). As características NC53 e Stay apresentaram maiores estimativas de correlação genética com PP14 ( $r_g = 0,53$  e  $0,45$ ) e reduziu a medida em a idade aumento PP18 ( $r_g = 0,46$  e  $0,38$ ) e PP24 ( $r_g = 0,35$  e  $0,39$ ). A correlação genética entre prenhez precoce e escore visual para Conf, Prec e Musc foram fracas e favoráveis para a redução à idade ao primeiro parto. Portanto a prenhez precoce aos 14 meses em rebanhos de bovinos de corte criados apresenta benefícios nos sistemas de produção.

**Palavras-chave:** Bovinos de corte Pesos e medidas; estimativa de parâmetros; genética animal; nascimento

**Abstract** - Sexual precocity in heifers is related to an increase in the profitability of the production system, mainly by reducing the production cycle, promoting greater economic viability to the system, increasing selection intensity, and greater genetic gain. Thus, the objective is: a) to evaluate the main differences between Nellore heifers with higher potential vs. the lower genetic potential for sexual precocity for traits related to growth, productive and reproductive performance of females, and b) to evaluate the genetic relationships for sexual precocity and its associations with traits of economic importance in Nellore cattle. The dataset included phenotypic information from approximately 300,000 Nellore heifers, and the phenotypic characteristics evaluated were related to reproductive efficiency: 1 - occurrence of early pregnancy at 14 (EP14), 18 (EP18), and 24 (EP24) months; 2 - heifer rebreeding (HR), 3 - number of progenies up to 53 months of age (NP53) and 4 - the ability to stay in the herd (Stay) and for growth: 1 - body weight at weaning (WW) and yearling (WY); 2 - average daily weight gain from weaning to yearling ( $ADG_{W-Y}$ ); 3 - weight at maturity of the female (WM); 4 - weight at weaning of the first progeny ( $WW_{prog}$ ) and visual scores for conformation (Conf), precocity (Prec) and musculature (Musc). To evaluate the effect of the WY and  $ADG_{W-Y}$  class on EP14, EP18, and EP24, the WY and  $ADG_{W-Y}$  characteristics were divided into 6 classes based on the quartile of their distribution, and generalized mixed models (GLM) were used, assuming a binomial distribution of the data with logit binding function. The differences between heifers classified as EP14, EP18, EP24, and late (EP > 24) were performed by contrasting the solutions of their effects in the mixed animal model for the characteristics of growth, productivity, and reproductive performance of the females. The genetic and phenotypic correlations between EP14, EP18, and EP24 with growth traits and productive and reproductive performance of females were estimated by Bayesian inference, using a bivariate mixed animal model. The EP14 showed a higher average for growth traits (WW, WY, and  $ADG_{W-Y}$ ) differing statistically with EP18, EP24, and Late (EP > 24), and lower weight at maturity (WM) compared to EP24 and Late (EP > 24). Early heifers (EP14 and EP18) presented the first progeny about 4% lighter than late heifers (EP > 24), although they present a higher NP53. Regarding permanence, early heifers (EP14 and EP18) were 20% and 33% more likely to remain in the herd for up to 6 years compared to late heifers. Regarding the effect of WY and  $ADG_{W-Y}$  classes, the results suggest that with increasing WY and  $ADG_{W-Y}$ , the probability of heifers becoming pregnant at 14-, 18-, and 24-months increases. However, EP14 and EP18 females weighing more than 326 showed a small reduction in the probability of early pregnancy. Genetic correlations between growth traits (WW, WY,  $ADG_{W-Y}$  and PM) ranged from weak ( $r_g = 0.10 \pm 0.05$ ; PS vs EP14) to moderate ( $r_g = -0.47 \pm 0.07$ ; PM vs EP14). The NP53 and Stay traits showed higher estimates of genetic correlation with EP14 ( $r_g = 0.53$  and  $0.45$ ) and reduced the measure of increasing age EP18 ( $r_g = 0.46$  and  $0.38$ ) and EP24 ( $r_g = 0.35$  and  $0.39$ ). The genetic correlation between early pregnancy and visual scores for Conf, Prec, and Musc was weak and favorable for age reduction at first calving. Early pregnancy at 14 months in beef cattle herds shows benefits in production systems.

**Keywords:** Beef cattle Weights and measures; parameter estimation; animal genetics; birth

## 1 Introdução

A eficiência reprodutiva desempenha em fêmeas um papel fundamental na sustentabilidade econômica dos rebanhos de bovinos de corte, principalmente em características relacionadas a precocidade sexual de novilhas (Brumatti et al., 2011). Nesse contexto, a precocidade sexual vêm sendo cada vez mais explorada como uma característica alvo por programas de melhoramento genético com o objetivo de reduzir custos de produção e intervalos de geração e aumentar as taxas de ganho genético (Moorey and Biase, 2020). O impacto econômico e sustentável da precocidade sexual em sistemas de produção está diretamente relacionado ao maior número de bezerros desmamados durante a vida produtiva dessas novilhas com maior potencial genético para precocidade (Burns et al., 2010; White et al., 2015). O efeito de selecionar fêmeas para melhor precocidade sexual pode resultar em aumento da produtividade do rebanho devido as relações existente entre precocidade sexual e um maior número de bezerros produzidos ao longo da vida produtiva dos animais precoces (Eler et al., 2014). Além disso, novilhas sexualmente precoces também apresentam a vantagem de produzirem mais quilos de bezerros desmamados por vaca por ano e, conseqüentemente, em fêmeas capazes de permanecer mais tempo no rebanho (Eler et al., 2014; Schmidt et al., 2019). Terakado et al. (2013) observaram que fêmeas precoces permaneceram no rebanho por mais tempo e desmamaram o bezerro levemente mais pesado comparadas às fêmeas não precoces. Por outro lado, a expressão da precocidade sexual das fêmeas de corte é afetada por aspectos genéticos e ambientais, como nutrição e manejo, que devem ser explorados corretamente para obtenção de novilhas que apresentem uma idade a puberdade em torno de 14 e 18 meses de idade (Ferraz et al., 2018).

No Brasil, novilhas da raça Nelore são criadas em sistemas de produção a pasto com variação sazonal em termos de qualidade e disponibilidade da pastagem, e diferentes níveis de suplementação alimentar durante o período de crescimento. No entanto, o manejo nutricional adequado das novilhas durante o período de crescimento são importantes para a precocidade sexual e o desempenho reprodutivo e produtivo ao longo da vida da fêmea (Patterson et al., 1992; Ferraz et al., 2018; Miszura et al., 2021). Durante o período de crescimento da novilha alguns indicadores da precocidade sexual estão relacionados com o peso corporal no desmame e o ganho de peso diário (GMD) após a desmama (Boligon et al., 2010; Eler et al., 2014). Embora, alguns programas de seleção de bovinos da raça Nelore realizem a seleção para precocidade sexual em fêmeas expondo as novilhas à reprodução entre 15 e 17 meses de idade (Boligon et al., 2010; Eler et al., 2014; Schmidt et al., 2019), poucos trabalhos tem explorado o

efeito dessa seleção em termos de produtividade dessas fêmeas precoces (Terakado et al., 2015; Fernandes Júnior et al., 2019).

Considerando os diferentes níveis de associações existentes entre a precocidade sexual com características relacionadas eficiência reprodutiva (Monteiro et al., 2013; Schmidt et al., 2018), crescimento (Boligon et al., 2010) e desempenho produtivo (Eler et al., 2014; Brunes et al., 2020), torna-se importante avaliar o impacto da antecipação da vida reprodutiva das novilhas para essas características. Dessa forma, compreender os efeitos da seleção de animais que apresentem maior mérito genético para precocidade sexual, é que extrema importância para criar estratégias de seleção que resultem em animais precoces sem que apresente redução das características de desempenho produtivo e reprodutivo dessas fêmeas.

## **2 Revisão Bibliográfica**

### ***2.1 Precocidade sexual em novilhas Nelore***

Nos últimos anos, uma atenção especial tem sido direcionada às características reprodutivas, principalmente a precocidade sexual de novilhas. Vários estudos têm destacados a importância de características reprodutivas em sistemas de produção de bovinos de corte (Boligon and Albuquerque, 2011; Bonamy et al., 2019; Brunes et al., 2020). Essas características apresentam um alto impacto na rentabilidade econômica do sistema de produção e são um fator limitante para os sistemas de produção sustentáveis (Formigoni et al., 2005; Brumatti et al., 2011; Moorey and Biase, 2020).

A intensificação sustentável da produção de bovinos de corte envolve a seleção para a precocidade sexual da novilha com base na idade a puberdade reduzindo a idade a primeira concepção e ao parto. Esse processo resulta no aumento da produtividade, ou seja, maior número de bezerros produzidos ao longo da vida produtiva das fêmeas precoces e reduz o intervalo de geração (Beretta et al., 2001; Sartori et al., 2010; Moorey and Biase, 2020). Com foco na seleção por precocidade sexual, a fenotipagem e o conhecimento genético envolvendo essa característica alvo, bem como informações sobre sua correlação genética com outras características econômicas, são essenciais para o desenho de estratégias de seleção eficientes em bovinos de corte.

A seleção direta para precocidade sexual requer a mensuração da idade em que a novilha entrou na puberdade que pode ser baseada na observação do estros e níveis de progesterona no sangue (Johnston et al., 2009). A obtenção de tais medidas é de difícil mensuração e com altos

custos para fenotipagem, dificultando a quantificação em larga escala para serem exploradas nos programas de melhoramento animal. Nesse contexto, o uso da ultrassonografia para medir a atividade ovariana, em particular, o tamanho folicular e a presença do corpo lúteo (CL), torna-se uma alternativa para determinar a puberdade de novilhas (Johnston et al., 2009). No entanto, seria necessária a adaptação do manejo com consequentes aumentos no custo do sistema produtivo (Irano et al., 2016; Brunes et al., 2020).

Uma alternativa à seleção de animais precoces pode ser baseada em características indicadoras de precocidade sexual, como a idade ao primeiro parto (IPP), e prenhez precoce em novilhas (PP), que indicam o início da vida reprodutiva das novilhas (Irano et al., 2016; Costa et al., 2019; Brunes et al., 2020). Essas características são facilmente mensuradas e podem fazer parte do procedimento rotineiro de coleta de dados nas fazendas e programas de melhoramento animal. No entanto a IPP apresenta estimativas de herdabilidade variando de baixa a moderadas indicando um maior efeito do ambiente na expressão da característica (Schmidt et al., 2018; Brunes et al., 2020). Além disso, as novilhas geralmente são expostas ao acasalamento apenas quando atingem determinada idade ou peso, em uma estação reprodutiva com período fixo pré-definido dificultando a identificação de novilhas precoces, comprometendo as estimativas de herdabilidade, em consequência da baixa variabilidade genética (Bonamy et al., 2019; Mota et al., 2022).

## ***2.2 Prenhez precoce (PP) em novilhas***

A PP é uma característica de limiar medida como a probabilidade de a novilha atingir uma gravidez precoce ou parto a uma determinada idade e nos últimos anos tem sido amplamente explorada para avaliação genética da precocidade sexual da novilha, por apresentar maior estimativa de herdabilidade em comparação com a IPP. Estudos realizados em novilhas Nelore obtiveram estimativas de herdabilidade para PP aos 14 meses de 0,53 (Mota et al., 2022) e aos 16 meses de idade e variando de 0,44 a 0,55 (Boligon and Albuquerque, 2011; Terakado et al., 2015).

Diferentes programas de melhoramento de bovinos da raça Nelore, vem expondo novilhas ao acasalamento para identificar e selecionar fêmeas precoces, ocasionando reduções consideráveis nas tendências fenotípicas e genéticas para idade ao primeiro parto (Bonamy et al., 2019). A seleção para PP em bovinos Nelores vem sendo praticada considerando dois cenários expondo as fêmeas a reprodução com idade entre 16 e 18 meses de idade em uma estação de monta antecipada por um período de 60 dias (Fevereiro a Abril), e as fêmeas que não emprenharam tem uma segunda chance na estação de monta comum ao rebanho entre

Novembro e Janeiro (Terakado et al., 2015; Mota et al., 2020b). Recentemente, as novilhas são expostas ao acasalamento entre os 13 e 15 meses de idade, e a probabilidade de prenhez nesta idade tem sido proposta como indicador de precocidade sexual (Eler et al., 2014; Bonamy et al., 2019; Mota et al., 2022). Considerando que a precocidade sexual é uma característica complexa que sofre influências de fatores genéticos, nutricionais e ambientais, bem como suas interações (Mota et al., 2020a). Uma maior atenção deve ser direcionada para melhorar as estratégias de manejo, principalmente o manejo nutricional das novilhas para atingir 60% - 65% do seu peso corporal da idade adulta antes do início da estação de monta (Ferraz et al., 2018; Miszura et al., 2021).

Sistemas de produção de bovinos de corte que visam o acasalamento de novilhas aos 13-15 meses de idade, o ganho de peso pós-desmame representa um importante fator para determinar o sucesso ou fracasso para PP (Ferraz et al., 2018; Miszura et al., 2021). Miszura et al. (2021) observaram que novilhas que foram submetidas a um período de restrição alimentar em simulação ao período de seca levando a baixo GMD e algumas vezes com valores negativos, com posterior crescimento compensatório atingiram a puberdade com peso e idade semelhantes às novilhas sem restrição alimentar. No entanto, foi necessário fornecer uma dieta que permitisse um maior GMD após a restrição alimentar para obter resultados semelhantes aos de novilhas sem restrição alimentar. Embora, Ferraz et al. (2018) e Miszura et al. (2021) observaram um efeito importante do valor genético do reprodutor para menor idade ao primeiro parto para atingir a precocidade sexual em idades mais jovens.

### ***2.3 Stayability e número de progênes aos 53 meses***

A stayability está relacionada a habilidade potencial da fêmea permanecer no rebanho sendo produtiva (ou seja, produzindo progênes) e apresentando regularidade reprodutiva até uma idade de referência (Van Melis et al., 2007). A Stayability é tradicionalmente definida como a probabilidade da fêmea permanecer no rebanho durante um período de 6 anos com um número mínimo de três progênes nesse período (Hudson and Van Vleck, 1981). Recentemente, a Stayability vindo sendo utilizada por programas de melhoramento para avaliar a longevidade produtiva das fêmeas em bovinos de corte, por permitir selecionar touros que com a habilidade de produzir filhas com maior probabilidade de permanecerem produtivas no rebanho por um período mais longo (Silva et al., 2003). O crescente interesse para seleção de animais com maior potencial genético para Stayability devido a identificação de touros que produzem filhas mais propensas a permanecerem produtivas no rebanho por mais tempo, ocasionando reduções nos custos de reposição de fêmeas devido a falhas reprodutivas (Moorey and Biase, 2020). Usualmente, a

Stayability é uma característica binária definida como a probabilidade de sucesso (1), para fêmeas que permanecem produtivas no rebanho até a idade pré-determinada; ou fracasso (0) indicando a improdutividade das fêmeas durante o mesmo período.

A adoção do número de partos aos 53 meses (NC53) como critério de seleção para longevidade produtiva, quando comparada com a Stayability, usualmente utilizada em programas de avaliação genética. O NC53 estabelece uma idade máxima de 53 meses, para avaliar o desempenho reprodutivo da fêmea de forma mais eficiente do que apenas por observações binárias (onde zero é falha e um é sucesso). Além disso, a NC53 pode ser incluída como critério de seleção para aumentar a eficiência reprodutiva das fêmeas devido a expressão da característica ser em uma idade inferior comparada a Stayability (Tanaka et al., 2012). Possibilitando a distinção entre vacas com três ou duas progênes daquelas que apenas apresentaram ou não uma progênie até os 53 meses de idade.

Em geral, a seleção por precocidade sexual visa reduzir a idade à puberdade e ao primeiro parto, aumentando a rentabilidade do rebanho. A precocidade sexual, tende a melhorar a probabilidade da fêmea permanecer produtiva no rebanho por um determinado período de tempo (stayability), devido uma correlação genética favorável entre elas com valores entre 0,64 (Kluska et al., 2018) e 0,73 (Eler et al., 2014). Indicando que fêmeas Nelore que iniciam sua vida reprodutiva precocemente tendem a permanecer no rebanho sendo produtiva por mais tempo levando a mais quilos de bezerros desmamados, ocasionando um importante impacto na rentabilidade do rebanho (Formigoni et al., 2005). A permanência da fêmea no rebanho pode ser até 4,10 vezes mais importante economicamente do que a precocidade sexual das novilhas (Formigoni et al., 2005).

A habilidade de permanência da fêmea no rebanho por NC53, proporciona selecionar fêmeas com maior número de progênes, e sua associação genética de 0,91 com prenhes precoce (Eler et al., 2014). Assim, fêmeas com maior número de partos até os 53 meses apresentaram maiores médias para o retorno maternal sendo que o maior retorno econômico foi observado para fêmeas com prenhes precoce (Tanaka et al., 2012). Assim, na pecuária de ciclo curto, novilhas com maior precocidade sexual, proporciona o retorno econômico investimento feito pelo pecuarista na criação de maneira mais rápida e um menor custo de produção é dispendido com o com a fêmea até a idade reprodutiva. Fêmeas que apresentam menor idade ao primeiro parto ficam menos tempo ociosas dentro do rebanho, acarretando um maior número de progênes, maior retorno econômico, aumento da vida útil do animal, o que possibilita maior intensidade de seleção das fêmeas e redução do intervalo de gerações (Kluska et al., 2018; Schmidt et al., 2018).

### ***2.3 Crescimento em Novilhas Nelore***

A precocidade sexual de fêmeas está relacionada com o desenvolvimento da novilha, e que se caracteriza por diversas alterações fenotípicas. Tradicionalmente é recomendado que as novilhas atinjam 60 a 65% do seu peso corporal adulto no início da estação de monta (Monteiro et al., 2013). Nesse contexto, o peso corporal representa um importante monitor para estimar quando as novilhas alcançarão a sua puberdade. Assim, a alimentação necessária para alcançar um ganho médio diário a fim de atingir um determinado peso, proporcionará a novilha expressar o seu potencial para a fertilidade em torno de 14 a 18 meses (Miszura et al., 2021). Lynch et al. (1997) manipulando o ganho de peso no período pós-desmame objetivando maximizar a vantagem do ganho compensatório, observaram que novilhas alimentadas para atingir um GMD de 0,600 kg/dia, durante 160 dias, ou um GMD de 0,250 e 1,14 kg/d, durante 112 e 48 dias, respectivamente, atingiram a idade a puberdade aos 406 e 386 dias, respectivamente.

Estudos tem relacionando o peso vivo com o primeiro cio fértil, sendo que o estro sempre ocorreu numa faixa de peso restrito, para o potencial genético da fêmea (Ferraz et al., 2018; Miszura et al., 2021). Contudo, a idade à puberdade não pode ser simplesmente explicada em sua totalidade pelo peso corporal, devido um mecanismo complexo envolvendo a taxa de crescimento, peso vivo e idade à puberdade (Mota et al., 2022). A expressão da puberdade e maturação sexual requer, basicamente, uma combinação de dois fatores: idade e peso. Além do peso corporal, o GMD do animal durante a fase de crescimento pode influenciar a idade em que a novilhas atinge a puberdade e, conseqüentemente, atingir a primeira concepção (Canellas et al., 2012). Estudos sugerem que, além do peso corporal no início da estação de monta, o ganho de peso pós-desmame também pode influenciar a taxa de prenhez de novilhas de 18 meses (Barcellos et al., 2006).

### ***2.4 Escores visuais para Conformação, Precocidade e Musculatura***

A utilização de escores visuais vem sendo utilizado como alternativa para identificar animais de melhor conformação produtiva, sendo uma maneira viável de se medir diferenças entre indivíduos (Filho et al., 2010). Os escores visuais auxiliam a seleção de animais com maior potencial produtivo em conjunto com características de crescimento, que apresentem características desejadas de deposição de massa muscular e deposição de gordura corporal. Devido a metodologia utilizada para a avaliação de escores visuais para conformação, musculatura e precocidade auxiliar a seleção de características de crescimento, visando identificar animais com determinado tipo funcional associado a maior eficiência produtiva.



O escore de conformação (Conf), avalia a quantidade de carne na carcaça, objetivando prever o quanto o animal produziria de carne, sendo influenciada pelo tamanho da estrutura corporal do animal (comprimento e profundidade) e pelo grau de musculosidade. Dessa forma o escore Conf prediz visualmente a estrutura corporal do animal visto de lado, olhando-se basicamente para o comprimento corporal, trabalhando as suas dimensões. O escore para Conf varia de 1 (animal pequeno) a 6 (grande), sendo caracterizada pelo peso corporal associado ao grau de maturidade em que o animal apresentará à idade adulta. Animais que apresentam maior valor para o escore de Conf, tendem a apresentarem um maior tamanho adulto e peso a maturidade, com impactos negativos no desempenho reprodutivo, como atraso na idade à puberdade e menor eficiência reprodutiva, principalmente quando os recursos alimentares são escassos (Fitzhugh, 1978). Vargas et al. (1998), observaram que novilhas Brahman com maior estrutura corporal em sistema de produção tropical, apresentaram idade a puberdade em idades mais avançadas.

Na avaliação do escore de precocidade (Prec) objetiva prever a capacidade do animal chegar a um nível de acabamento mínimo de carcaça em idades menores. Os animais que apresentam maior potencial para precocidade de terminação apresentam um bom arqueamento da região torácica, maior profundidade de costelas, aliado a um bom desenvolvimento corporal. Assim, maior valor para o escore Prec está relacionado com uma melhor deposição de gordura subcutânea, buscando animais com melhor relação entre profundidade de costela em relação à altura dos membros. Brunes et al. (2022) observaram que a deposição de gordura na carcaça avaliada após o desmame, apresentou o maior poder discriminante e maior correlação fenotípica com prenhez precoce em novilhas Nelore. Assim, mudanças em aspectos do crescimento, ambientais e de manejo que visam aumentar a deposição de gordura corporal tende a reduzir a idade da puberdade. Os maiores escores para Prec indicam um acabamento mais precoce, resultando também em animais que apresentam sua primeira concepção e primeiro parto em idade mais jovem.

Uma maior associação entre gravidez precoce e o escore Prec pode ser explicada pela influência que o nível de deposição de gordura corporal exerce na reprodução, através da melhoria do estado energético, esteroidogênese, modulação da insulina e síntese de leptina e prostaglandinas (Minick et al., 2002). O maior escore visual para Prec também pode estar relacionado com o padrão da curva de crescimento dos animais, uma vez que o início da deposição de gordura está relacionado com a redução do crescimento muscular e a aproximação da maturidade fisiológica (Cônsolo et al., 2020). Essas alterações metabólicas estão associadas

à curva de crescimento das novilhas, que resultam em sinais metabólicos capazes de desencadear a puberdade em idades precoces (Cardoso et al., 2018).

Para musculatura (Musc), avalia-se o desenvolvimento da massa muscular distribuída em diferentes regiões corporais como antebraço, paleta, linha dorso-lombar, garupa e, principalmente, no traseiro. Animais que apresentam maior musculabilidade distribuídos pelo corpo, além de apresentarem maior peso corporal, apresentam melhor rendimento de carcaça. O escore para Musc representa uma alternativa para discriminar fêmeas precoces das tardias, devido estar relacionado ao desenvolvimento muscular, rendimento de carcaça e condição corporal (Brunes et al., 2022). O escore Musc também apresenta relação com animais que apresentam um maior potencial para depositar gordura corporal na idade adulta, sendo avaliado em animais mais jovens e a baixo custo em relação a medidas de ultrassom. A utilização de escores visuais na avaliação de bovinos de corte acrescenta pontos positivos na seleção de animais com maior potencial para precocidade sexual pela identificação de animais com características de crescimento mais adequadas ao sistema de produção que estão inseridos, podendo avaliar biotipos que representam fêmeas com maior potencial para prenhes precoce.

### **3. Material e métodos**

#### **3.2 Análises estatísticas**

##### **3.2.1 Avaliação fenotípica da classe de precocidade**

A influência do PS, do GP<sub>DS</sub> e do escore visual para Prec, Conf e Musc na precocidade sexual aos 14, 18 e 24 meses foi avaliada pelo usando o pacote *lme4* do R, utilizando a função *glmer* (Bates et al., 2015), para modelos mistos generalizados, assumindo uma distribuição binomial dos dados com função de ligação *logit* a uma distribuição logística adjacente. A probabilidade de PP14, PP18 ou PP24 ser sucesso (1) é dada por  $p = \left( \frac{\exp(\text{efeito})}{1 + \exp(\text{efeito})} \right)$ , assumindo uma distribuição de probabilidade logística. Os efeitos fixos incluídos foram ano e estação de nascimento da novilha, grupo de manejo durante o período de crescimento e classe de PS e GP<sub>DS</sub> que foram divididos em 6 classes baseado no quartil da distribuição (Classe 1 – de 0% a 10%, 2 – maior que 10% a 30%, 3 – maior que 30% a 50%, 4 – maior que 50% a 70%, 5 – maior que 70% a 90% e 6 – maior que 90%) e escore visual.

As diferenças entre novilhas classificadas como precoce aos 14 (PP14 - Idade ao primeiro parto < 703), 18 (PP18 - Idade ao primeiro parto maior que 703 e menor que 850) e 24 meses (PP24 - Idade ao primeiro parto maior que 850 e menor que 1000) e não precoces (Tardia - Idade ao primeiro parto maior que 1000) em termos de cada uma das características de crescimento foram avaliadas por análise de contraste a partir dos resultados do modelo animal misto usando o pacote *MCMCglmm* do *software* R (Hadfield, 2010). A análise de contraste foi utilizada para determinar a presença ou ausência de efeito significativo das classes de precocidade sexual nas características avaliadas, usando o pacote *lsmeans* do R (Lenth, 2016) e o teste de Tukey considerando um nível de significância de 5%.

O modelo pode ser representado em notação matricial, como:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\mathbf{b} + \mathbf{Z}_1\mathbf{a} + \mathbf{Z}_2\mathbf{m} + \mathbf{e}$$

onde,  $\mathbf{y}$  é o vetor de observações (contínuas e binárias);  $\mathbf{b}$  é o vetor de efeitos fixos para características contínuas ou aleatório para características categóricas e covariáveis consideradas no modelo e o efeito da classe de precocidade,  $\mathbf{a}$  é o vetor de efeitos genéticos aditivo direto;  $\mathbf{m}$  é o vetor de efeitos genéticos aditivos materno para o  $\text{pesod}_{\text{prog}}$ ;  $\mathbf{e}$  é o vetor de efeitos residuais;  $\mathbf{X}$ ,  $\mathbf{Z}_1$  e  $\mathbf{Z}_2$  são matrizes de incidência que relacionam, respectivamente,  $\mathbf{b}$ ,  $\mathbf{a}$  e  $\mathbf{m}$  ao vetor  $\mathbf{y}$ . As análises Bayesianas consistiram de uma única cadeia com 500.000 de iterações, em que as primeiras 50.000 iterações foram descartadas (*burn-in*) com amostras sendo salvas a cada 5 iterações. Assim, um total de 90.000 amostras foram efetivamente utilizadas para as inferências finais. A convergência das cadeias de Markov e Monte Carlo foram verificada por inspeção visual usando o pacote BOA (Smith, 2007) e teste de *Geweke* (Geweke, 1992) considerando um p-valor maior que 0.15.

### 3.3 Parâmetros genéticos

As correlações genéticas e fenotípicas foram estimadas por meio de inferência Bayesiana, usando um modelo animal misto bivariado, através do *software* *Thrgibbs1f90* (Misztal et al., 2018). O modelo animal incluiu os efeitos genéticos aditivos direto, materno (somente para PD) e residuais como aleatórios, GC e classe de precocidade (para Stay) como efeitos fixos, e como covariáveis, idade da vaca linear e quadrático e idade da progênie a desmama para  $\text{pesod}_{\text{prog}}$  e idade a mensuração para PS, e PM.

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y}_{PP} \\ \mathbf{y}_{Tr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_{PP} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}_{Tr} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{b}_{lab} \\ \mathbf{b}_{pred} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{Z}_{PP} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{Z}_{Tr} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{a}_{PP} \\ \mathbf{a}_{Tr} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{e}_{PP} \\ \mathbf{e}_{Tr} \end{bmatrix}$$

onde,  $\mathbf{y}_{PP}$  é o vetor de observações binárias para prenhez precoce aos 14 (PP14), 18 (PP18) ou 24 (PP24) meses;  $\mathbf{y}_{Tr}$  é o vetor de informações fenotípicas para PD, PS, GP<sub>D-S</sub>, Pesod<sub>prog</sub>, PM, REC, NC53, Stay, e escore visual (Conf, Prec e Musc);  $\mathbf{b}$  é o vetor de efeitos fixos para características e covariáveis da idade a mensuração para PD, PS, GP<sub>D-S</sub>, Pesod<sub>prog</sub>, PM e escore visual;  $\mathbf{a}$  é o vetor de efeitos genéticos aditivo direto; para a característica PD foi incluído o efeito genético aditivo materno;  $\mathbf{e}$  é o vetor de efeitos residuais;  $\mathbf{X}$ , e  $\mathbf{Z}$  são as matrizes de incidência relativas y aos efeitos fixos ( $\mathbf{b}$ ) e aos efeitos aditivos ( $\mathbf{a}$ ), respectivamente.

As análises Bayesianas consistiram de uma única cadeia com 500.000 de iterações, em que as primeiras 100.000 iterações foram descartadas (*burn-in*) com amostras sendo salvas a cada 5 iterações. Assim, um total de 80.000 amostras foram efetivamente utilizadas para as inferências finais. A convergência do algoritmo de Amostragem de Gibbs foi verificada por inspeção visual usando o pacote BOA (Smith, 2007) e teste de *Geweke* (Geweke, 1992) apresentaram um p-valor maior que 0.25.

A correlação genética e fenotípica entre as diferentes características serão obtidas como:

$$\hat{r}_{T_1, T_2} = \frac{\sigma_{T_1, T_2}}{\sqrt{\sigma_{T_1}^2 * \sigma_{T_2}^2}}; \text{ em que } \hat{r}_{T_1, T_2} \text{ é a correlação genética ou fenotípica da característica } T_1 \text{ com}$$

a característica  $T_2$ ,  $\sigma_{T_1, T_2}$  covariância genética ou fenotípica da característica  $T_1$  com a característica  $T_2$ ,  $\sigma_{T_1}^2$  variância genética ou fenotípica da característica  $T_1$ , e  $\sigma_{T_2}^2$  variância genética ou fenotípica da característica  $T_2$ .

### 3.1 Dados

Foram utilizadas informações provenientes de aproximadamente 300 mil novilhas da raça Nelore nascidas entre 1984 e 2018, pertencentes a rebanhos comerciais distribuídos nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Nordeste do Brasil e que apresentam alta conectabilidade entre si devido a utilização de reprodutores comuns por meio de inseminação artificial (IA), com mais de 50% dos bezerros nascidos de IA. Esses rebanhos comerciais fazem parte de programas de melhoramento animal comercial (DeltaGen, Paint - CRV Lagoa e Cia de Melhoramento), que fazem parte do banco de dados da Alliance Nelore ([www.gensys.com.br](http://www.gensys.com.br)).

O banco de dados é composto por informações de eficiência reprodutiva: 1-ocorrência de prenhez precoce (PP), 2 - habilidade de permanência no rebanho (Stay), 3 – reconcepção de novilhas primíperas (Rec) e 4 - número de progênies até os 53 meses de idade (NC53); crescimento: 1 - peso a desmama (PD) e ao sobreano (PS), 2 – ganho de peso da desmama ao

sobreano ( $GP_{DS}$ ), peso a maturidade da fêmea (PM), peso ao desmame da primeira progênie ( $pesod_{prog}$ ); e escore visual para conformação (Conf), precocidade (Prec) e musculatura (Musc).

A ocorrência de PP aos 14 meses (PP14), aos 18 meses (PP18) e aos 24 meses (PP24) foi definida atribuindo-se um valor de 1 (sucesso) para novilhas parindo antes dos 25, 28 e 33 meses de idade respectivamente e atribuindo 0 caso contrário (fracasso). A REC foi determinada atribuindo valor 1 (sucesso) ou 0 (fracasso) às fêmeas primíparas que apresentaram ou não um segundo parto, respectivamente. A STAY foi determinada como a probabilidade de a vaca permanecer produtiva no rebanho apresentando regularidade reprodutiva até os 76 meses de idade e pelo menos três bezerros, receberam escore 1 (sucesso), enquanto às que não cumpriram com os requisitos receberam escore 0 (fracasso). A NC53 foi definida como 0, 1 ou 2 para aquelas novilhas que não possuíam nenhum bezerro, um bezerro ou dois bezerros aos 53 meses de idade, uma vez que tiveram a oportunidade de atingir esta idade e tiveram informações de desempenho ao sobreano.

O PD e o PS foram obtidos em quilogramas (kg) por meio da pesagem dos animais na desmama (entre 3 e 10 meses de idade) e ao sobreano (entre 16 e 18 meses de idade). Para cada animal, o  $GP_{DS}$  será calculado como a diferença entre os pesos ao sobreano e a desmama, que foram obtidos por volta de  $520 \pm 53,06$  e  $210 \pm 32,91$  dias de idade, respectivamente. O PM foi obtido quando as fêmeas apresentaram  $5 \pm 2,03$  anos de idade. O  $pesod_{prog}$  foi definido como o peso da progênie da fêmea a desmamada aos  $210 \pm 35,78$  dias de idade.

As pontuações de escore visual para Conf, Prec, e Musc foram mensuradas para cada animal dentro de cada grupo contemporâneo (GC) aos 550 dias de idade. Os escores de avaliação foram definidos no método CPMU (conformação, precocidade, musculatura e umbigo), desenvolvido pela Gensys ([www.gensys.com.br](http://www.gensys.com.br)) metodologia na qual os animais são classificados em uma escala que varia de 1 (o menor valor) a 5 (o maior valor). O escore visual para conformação é obtido pela estimativa visual da área do animal vista de lado, avaliando a quantidade de carne na carcaça do animal, influenciada principalmente pelo tamanho e musculatura. O escore visual para Musc é uma medida que reflete o desenvolvimento muscular do corpo do animal e para Prec reflete à capacidade do animal de armazenar gordura subcutânea precocemente sendo considerado como a proporção entre costelas e pernas. Para obtenção dos escores visuais os animais foram avaliados por técnicos treinados de acordo com o seguinte procedimento: primeiramente avalia-se o GC e determina-se o perfil médio do GC para os escores, no qual serve como limiar e os escores variam de 1 a 5 foram então atribuídos aos animais.

Para as características PP14, PP18, PP24, GP<sub>DS</sub>, PM, PS, NC53, Conf, Musc e Prec a formação dos grupos contemporâneos (GC) levou em consideração animais nascidos na mesma fazenda, de mesma estação de nascimento e grupo de manejo até o momento da expressão do fenótipo de interesse. Para o peso<sub>prog</sub> o GC será formado por bezerros do mesmo sexo, nascidos no mesmo ano, estação de nascimento e rebanho, e grupo de manejo do nascimento ao desmame. Para a característica Stay, o GC será formado por fazenda, estação de nascimento e o ano de nascimento. Para consistência dos dados, análises de variância foram realizadas para identificar a significância das variáveis que integraram os GC para cada característica, utilizando o pacote *lme4* software R (Bates et al., 2015). A edição dos dados foi realizada de acordo com cada característica, sendo que, para as características de expressão contínua, foram eliminadas medidas que apresentavam 3,5 desvios-padrão acima ou abaixo da média do GC e os GCs com menos de dez informações foram excluídas das análises (Tabela 1). Para as características binárias PP14, PP18, PP24, Conf, Prec, Musc, Stay e NC53 os GCs em que os animais apresentaram a mesma categoria de resposta, ou seja, sem variabilidade, foram excluídos da análise. A probabilidade de ocorrência da fêmea desmamar o total de uma, duas ou três progênes foi de 41%, 52% e 7% respectivamente.

Tabela 1 – Estatística descritiva para as características fenotípicas.

Característica	N observações	Média	SD	Mínimo	Máximo
Peso a desmama (PD)	226310	181.68	27.8	101	279
Peso ao sobreano (PS)	228349	273.21	39.21	200	449
Ganho de peso GP <sub>DS</sub>	226751	0.31	0.1	-0.27	1.48
Peso a maturidade (PM)	75184	426.74	67.41	300	697
Peso ao desmame 1 progênie	206758	177.26	33.53	86	299
Prenhez precoce aos 14 meses*	65892	17.25	-	-	-
Prenhez precoce aos 18 meses*	112068	37.03	-	-	-
Prenhez precoce aos 24 meses*	158250	48.52	-	-	-
Permanência no rebanho (Stay)*	139643	47.63	-	-	-

\* Refere-se à probabilidade de sucesso para a características categórica.

## Resultados e discussão

### *Efeito da classe de prenhez sobre características produtivas e reprodutivas*

A proporção observada de novilhas com PP14 (17,25%) foi menor comparada com PP18 (37,03%) e PP24 (48,52%; Tabela 1). Essa menor proporção de novilhas Nelore que

atingem a puberdade em idade precoce aos 14 meses de idade pode ser o efeito do atual alvo de seleção de diferentes programas de melhoramento Nelore que têm enfatizado a seleção para PP18 ou PP24, o qual apresentam uma proporção nos rebanhos avaliados. A inclusão de características de precocidade sexual nos objetivos de seleção em bovinos Nelore vêm proporcionando melhoras no desempenho reprodutivo de novilhas em diferentes rebanhos (Fernandes Júnior et al., 2022). Fernandes Júnior et al. (2022) em revisão sobre o papel do melhoramento genético para precocidade sexual em novilhas Nelore relataram que um número expressivo de rebanhos vem expondo novilhas a reprodução aos 14 meses nos últimos anos. Nesse contexto, considerar a precocidade sexual como critério de seleção em programas de melhoramento mostrou que a seleção para precocidade sexual aliada a melhores práticas de manejo levou à redução das médias fenotípicas de idade ao primeiro parto, de aproximadamente 38 para menos de 28 meses, com tendência de quase -2 dias por ano.

A precocidade sexual em novilhas é uma característica complexa à qual é afetada pelo padrão de crescimento e desenvolvimento caracterizado por diversas alterações fenotípicas e biológicas (Mota et al., 2022). No presente estudo houve diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre as classes de precocidade sexual para peso corporal ao desmame e peso ao sobreano (Tabela 2). Novilhas com mais precocidade sexual (PP14) apresentaram PD similar com novilhas PP18 e maior comparado com novilhas classificadas como PP24 e Tardia (PP > 24). Como esperado, novilhas com maior precocidade PP14 ( $286,95 \pm 64,57$ ) também apresentaram PS significativamente maiores, cerca de 3% para PP18 ( $279,67 \pm 46,15$ ), 4% para PP24 ( $274,65 \pm 44,05$ ) e 6% para tardias ( $270,72 \pm 41,67$ ). As novilhas que atingiram a prenhez aos 14 (PP14) meses também apresentaram maior  $GP_{D-S}$  comparado a fêmeas com PP18 ( $0,38 \pm 0,11$ ), PP24 ( $0,33 \pm 0,09$ ) e tardia ( $0,29 \pm 0,08$ ; Tabela 2). Os resultados indicam que características relacionadas ao crescimento tem relação direta com a classe de precocidade sexual (Tabela 2).

Tabela 2 – Médias dos mínimos quadrados e desvio padrão (entre parênteses) do efeito da classe de prenhez sobre características produtivas e reprodutivas em fêmeas da raça Nelore.

Característica	Classe de prenhez			
	PP14	PP18	PP24	Tardia (PP > 24)
Peso a desmama (PD)	191.40 (19.52) a	188.80 (21.95) a	182.29 (22.56) b	176.1 (27.56) c
Peso ao sobreano (PS)	286.95 (64.57) a	279.67 (46.15) b	274.65 (44.05) c	270.72 (41.67) d
GP desmama – sobreano (GP <sub>d-s</sub> )	0.43 (0.13) a	0.38 (0.11) a	0.33 (0.09) b	0.29 (0.08) c
Peso adulto da matriz (PM)	404.29 (200.56) b	413.47 (195.52) b	433.04 (181.55) a	445.99 (162.43) a
Peso a desmama da primeira progênie (Pesod <sub>prog</sub> )	169.45 (33.20) c	170.40 (31.58) c	174.85 (34.64) b	177.30 (31.69) a
Reconcepção de primíparas (REC)*	0.61 (0.11) b	0.62 (0.05) b	0.67 (0.03) a	0.57 (0.02) c
Permanência no Rebanho (Stay)*	0.53 (0.17) b	0.58 (0.06) a	0.55 (0.04) ab	0.44 (0.03) c
Número de progênie aos 53 meses (NC53)*	0.69 (0.08) a	0.70 (0.04) a	0.62 (0.03) c	0.51 (0.03) d

\*Expresso em probabilidade variando de 0 a 1. Letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente considerando um nível de significância de 5% para o teste Tukey.



A pequena diferença existente entre fêmeas precoces PP14 e PP18 para peso ao desmame, aumentou ao sobreano para PS e GP<sub>D-S</sub>. Novilhas classificadas como precoces PP14 apresentaram maior GP<sub>D-S</sub> o que pode ter ocasionado essas fêmeas atingirem um maior peso corporal quando expostas a estação de acasalamento. Canellas et al. (2012), observaram que o ganho de peso diário dos 7 aos 18 meses e PS apresentaram alta correlação de Pearson com a taxa de prenhez precoce aos 18 meses de  $r = 0,86$  e  $r = 0,68$ , respectivamente. Assim, aspectos associados ao peso corporal e o ganho de peso combinados com o potencial genético para precocidade sexual influenciam diretamente na idade em que as novilhas atingem a puberdade e, conseqüentemente, atingem a prenhez precoce quando expostas na estação de monta (Ferraz et al., 2018).

Miszura et al. (2021) avaliando diferentes estratégias de suplementação observaram que o ganho de peso pós-desmame representa uma variável importante na determinação do peso corporal da novilha ao acasalamento, prevenindo o atraso no início da puberdade em novilhas Nelore. Além disso, a probabilidade de prenhez precoce menor que 18 meses de idade não está altamente associada ao peso corporal ao desmame ou sobreano, mas uma combinação do potencial genético para crescimento e precocidade sexual (Samadi et al., 2014). Mota et al. (2022) observaram que aspectos biológicos que suportam aspectos de crescimento e precocidade sexual em novilhas Nelore, apresentaram maior significância para a expressão da precocidade sexual aos 14 meses.

Novilhas que atingem a puberdade precocemente devem atingir entre 60 a 65% do seu peso corporal adulto no início da estação de monta (Ferraz et al., 2018; Miszura et al., 2021). De acordo com os resultados obtidos para o peso ao sobreano e peso a idade adulta da fêmea (Tabela 2), novilhas classificadas como PP14 atingiram em média cerca de 71% do seu peso adulto ao sobreano. Por outro lado, à medida que a idade à prenhez aumentou a percentagem do peso adulto foi menor para fêmeas classificadas como PP18 de 68%, PP24 de 63% e tardias de 61%. Isso foi reflexo das diferenças observada para o PM, em que fêmeas precoces PP14 ( $404.29 \pm 200.56$ ) e PP18 ( $413.47 \pm 195.52$ ) apresentaram menor PM comparado com novilhas classificadas para PP24 ( $433.04 \pm 181.55$ ) e tardias ( $445.99 \pm 162.43$ ; Tabela 2).

O aumento no PM da fêmea está geneticamente relacionado com um aumento na idade ao primeiro parto e redução na taxa de maturidade (Gaviolli et al., 2012). Assim,

fêmeas com maior PM tendem apresentar uma maior deposição de massa muscular apresentando dependência de fatores endógenos que determinam o crescimento (Metz et al., 2009). Fêmeas com maior PM, normalmente demoram mais tempo para atingir o ponto de inflexão da curva de crescimento, retardando o início a maturidade fisiológica, o que pode refletir numa maior idade à puberdade. Nesse contexto, Brunet et al. (2022) observaram que características relacionadas a deposição de gordura em fêmeas Nelore apresentam um maior poder discriminante para prenhez precoce em novilhas. Assim, fêmeas com menor PM tendem atingir a idade a maturidade mais cedo em comparação com fêmeas com maior PM (D'Occhio et al., 2019).

Os resultados para peso a desmama da primeira progênie ( $Pesod_{prog}$ ) indicaram que fêmeas com mais precocidade sexual, ou seja, PP14 e PP18 apresentaram  $Pesod_{prog}$  semelhantes estatisticamente entre si e menores comparado com fêmeas classificadas como PP24 e tardia (Tabela 2). Bellows et al. (1982) observaram que fêmeas com maior precocidade sexual desmamavam a sua primeira progênie 12% mais leves, em comparação com as progênies de fêmeas tardias. López Valiente et al. (2021) observaram que novilhas aos 15 meses atingiram 73% do seu peso corporal adulto no início da estação de monta e tiveram bezerros 2,3 e 5,0 kg mais leves ao parto do que bezerros de fêmeas expostas à reprodução aos 27 meses e adultas, respectivamente.

O maior requerimento de nutrientes para novilhas de 15 à 27 meses que ainda estão em crescimento pode afetar a partição dos nutrientes para o desenvolvimento do feto e o seu crescimento, causando diferenças observadas no peso ao nascer e que acaba ocasionando em menor peso ao desmame. Diferentes autores relataram que o peso ao desmame do bezerro está altamente correlacionado com a produção de leite (Miller et al., 1999; MacNeil and Mott, 2006). Nesse contexto, fêmeas mais tardias tendem a produzir uma maior quantidade de leite comparado com novilhas entre 15 e 27 meses de idade, levando a suas progênies apresentarem significativamente maior peso ao desmame (López Valiente et al., 2021). Por outro lado, o menor peso à desmama das progênies de novilhas precoces (PP14 ou PP18) é compensado por uma maior rentabilidade do sistema de produção, ocasionado pelo maior número de bezerros produzidos ao longo da vida produtiva dessas novilhas precoces.

A permanência da fêmea no rebanho (STAY) diferiu estatisticamente entre as classes de precocidade sexual em que PP18 ( $0.58 \pm 0.06$ ) apresentou maior probabilidade de permanência no rebanho seguido por PP24 ( $0.55 \pm 0.04$ ), PP14 ( $0.53 \pm 0.17$ ) e tardia ( $0.44 \pm 0.03$ ; Tabela 2). Novilhas classificadas como PP18 apresentaram maior probabilidade de permanência no rebanho (Stay) em relação com as demais classes, ocorre devido essas fêmeas serem acasaladas em uma estação de monta antecipada. Assim, elas têm um maior tempo para recuperar a sua condição corporal do primeiro parto até a segunda estação de monta do que as fêmeas acasaladas na estação de monta regular (PP14, PP24 e tardias).

A seleção de novilhas sexualmente precoces resultaria em maior sucesso para STAY, devido as novilhas precoces PP14 e PP18 iniciarem a vida reprodutiva precocemente, o que pode contribuir para o aumento do número de bezerros nascidos por vaca até os 76 meses de idade. Nesse contexto, avaliando o efeito da classe de prenhez precoce foi observado que fêmeas com maior precocidade sexual PP14 e PP18 apresentaram maior probabilidade de obterem duas ou três progênies aos 53 meses,  $0,69 \pm 0,08$  e  $0,70 \pm 0,04$  respectivamente, que foram estatisticamente diferentes comparada com PP24 ( $0,55 \pm 0,03$ ) e tardias ( $0,40 \pm 0,03$ , Tabela 2). As fêmeas classificadas como tardias por entrarem na idade reprodutiva em uma idade mais avançada apresentaram apenas 1 ou 2 partos aos 53 meses de idade. Considerando que STAY e NC53 apresentam alta associação genética entre si ( $r_g = 0,99$ ), permitiria a antecipação, a longo prazo, de 76 a 53 meses, da avaliação genética de touros para progênies com maior vida produtiva no rebanho (Guarini et al., 2015) e que não afetaria a precocidade sexual. Nesse sentido, a identificação de novilhas precoces também impacta na expressão da permanência da fêmeas no rebanho (Terakado et al., 2015; Fernandes Júnior et al., 2019).

Novilhas classificadas para PP24 apresentaram maior probabilidade de reconcepção  $0,67 \pm 0,03$  (p-valor  $<0,05$ ) em comparação a PP14 e PP18 que apresentam  $0,61 \pm 0,11$  e  $0,62 \pm 0,05$ , respectivamente e  $0,57 \pm 0,02$  para tardias (Tabela 2). A reconcepção de novilhas com maior precocidade sexual é um dos principais desafio para sistemas de criação a pasto, devido a novilha ainda está em fase de crescimento e amamentando o bezerro. Assim, as fêmeas precoces criadas em sistemas de produção extensivos em que ocorra restrições nutricionais durante o período pós-parto até a desmama da progênie, pode ocasionar redução na taxa de reconcepção. Isso ocorre devido

a uma alta demanda energética requerida para as fêmeas precoces para o seu crescimento e lactação o que requer um aporte nutricional adequado para atender essas demandas nutricionais (Butler et al., 1981; Joner et al., 2018). Por outro lado, a menor probabilidade de reconcepção observada para fêmeas tardias (Tabela 2) pode estar relacionado com um maior peso adulto dessas fêmeas que ocasiona em um aumento na energia de manutenção, necessitando de um maior aporte nutricional em comparação com fêmeas que apresentam menor peso adulto (Leroy et al., 2008; Añez-Osuna et al., 2019).

### ***Efeito da classe peso e ganho de peso na precocidade sexual***

A Figura 1 mostra a tendência da probabilidade da prenhez precoce aos 14, 18 e 24 meses de idade de acordo com a classe de peso corporal (Figura 1 A) e ganho de peso diário (Figura 1 B). Os resultados observados indicaram que a probabilidade de prenhez precoce aos 14 e 18 meses apresentaram tendência similar com aumento de sua probabilidade à medida que a classe de peso aumentou até atingir entre 292 e 326 kg. No entanto, novilhas em classe de peso corporal entre 327 e 480 kg apresentaram uma pequena redução na probabilidade de parto precoce (PP14 e PP18). Por outro lado, fêmeas com prenhez aos 24 meses apresentaram aumento à medida que aumentou a classe de peso corporal.

O desenvolvimento corporal de novilhas precoces deve garantir um peso a puberdade relacionado a 60% do peso a idade adulta, para o sucesso da prenhez na estação de monta e produtividade subsequente (Larson and Randle, 2007). Com base no potencial genético da novilha para peso e no tamanho esperado a maturidade, pode-se determinar um peso alvo a ser atingido até o período da estação de monta e estratégias de suplementação podem ser adotadas para atingir um peso ideal (Moriel et al., 2017). Miszura et al. (2021) observaram que novilhas mesmo atingindo cerca de 60% a 65% do peso esperado à idade adulta antes da estação de monta (aproximadamente aos 14 meses), e aproximadamente 46% das fêmeas no estudo só atingiram a prenhez quando pesaram aproximadamente 370 kg, apesar do fato de serem progênies de touros com valor genético negativo para idade ao primeiro parto.

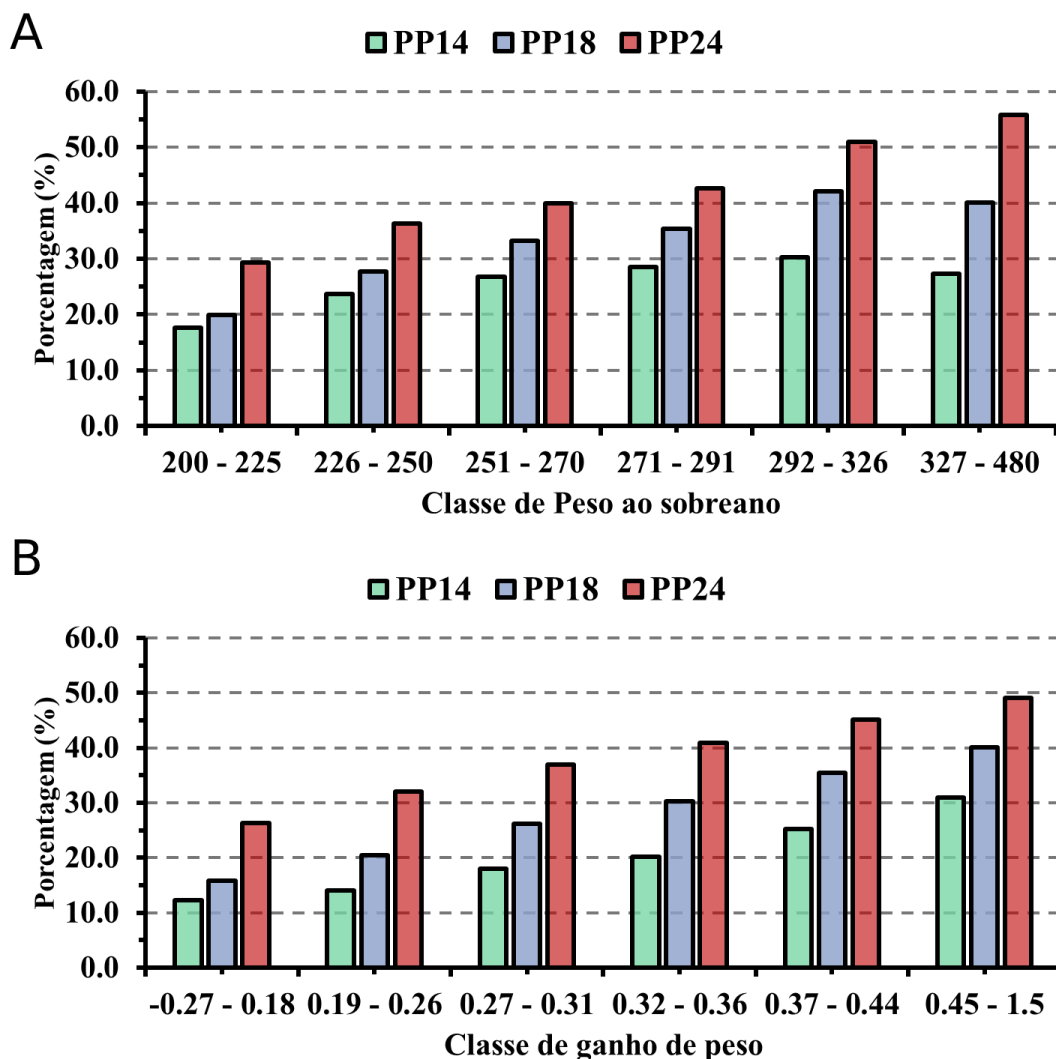


Figura 1 – Tendência em probabilidade da prenhez precoce aos 14 (PP14), 16 (PP16) e 24 (PP24) meses de idade de Novilhas nelore de acordo com a classe de peso ao sobreano (A) e ganho de peso médio diário da desmana até o sobreano (B).

Um importante efeito da classe de ganho de peso foi observado para a PP14, PP18 e PP24, em que à medida que a taxa do  $GP_{d-s}$  aumentou também aumentou a probabilidade de prenhez (Figura 2 B). Diferenças nas taxas de ganho de peso corporal representa um dos principais efeitos na redução da idade a puberdade (Pereira et al., 2017). De um modo geral, uma maior proporção de prenhez precoce foi observada para as classes de ganho de peso de 0.37 à 0.44 kg/dia e 0.45 à 1.50 kg/dia. Gasser et al. (2006) mostraram

diminuição da idade para atingir a puberdade em novilhas mantidas com ganho de peso de 1,5 kg/dia. Nesse contexto, sistemas de produção que proporcionem um maior  $GP_{d-s}$  ocasionando um crescimento mais rápido antes da estação de monta, devido novilhas mantidas em um plano nutricional superior atingem a puberdade em menores idades do que novilhas criadas em sistemas de produção com menor  $GP_{d-s}$  (Sorensen et al., 1959). No entanto, Miszura et al. (2021) observaram que novilhas submetidas a um sistema de restrição alimentar por um determinado período e em seguida submetidas a uma dieta que permita um ganho médio diário elevado obtiveram a mesma probabilidade de prenhes precoce as novilhas que não foram submetidas à restrição alimentar.

Um efeito significativo foi observado entre as classes de escore visuais para precocidade e musculosidade ao sobreano na precocidade das fêmeas avaliadas aos 14 (PP14), 18 (PP18) e 24 (PP24) meses (Figura 2). O escore de conformação não apresentou efeito significativo ( $p$ -valor  $> 0,05$ ) para PP14, enquanto para PP18 e PP24 apresentou efeito significativo ( $p$ -valor  $< 0,05$ ). Esses resultados indicam que uma maior proporção de novilhas precoces para PP14, PP18 e PP24 estão entre animais intermediários (escore 3) e extremos (escore 5) para os escores conformação, precocidade e musculosidade. Brunet et al. (2022) observaram um efeito significativo para escores visuais de musculosidade, altura de garupa, e profundidade de costela entre novilhas classificadas como precoce (prenhez precoce aos 16 meses) e não precoce (prenhez aos 27 meses).

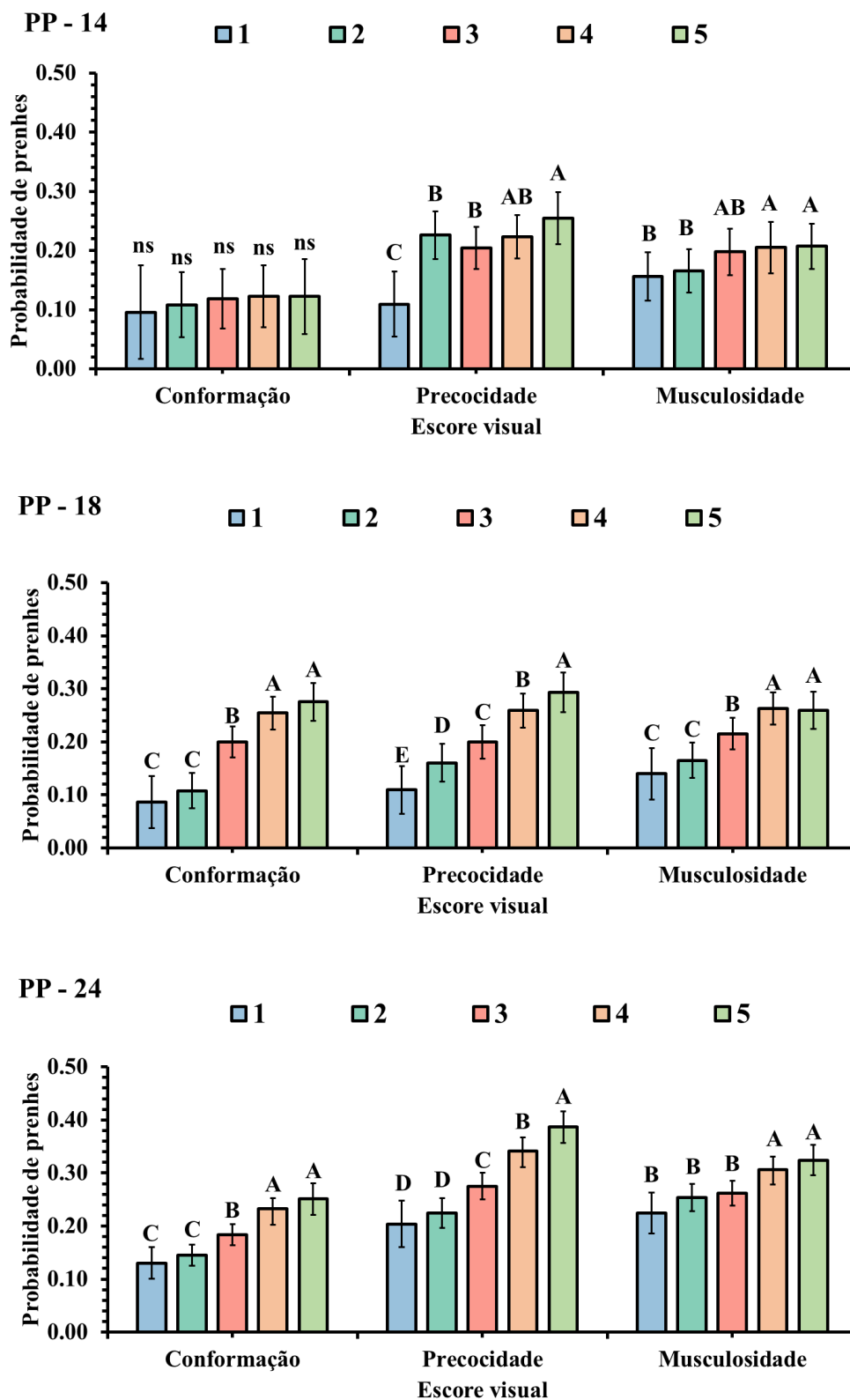


Figura 3 – Tendência em probabilidade da prenhez precoce aos 14 (PP14), 16 (PP16) e 24 (PP24) meses de idade de Novilhas nelore de acordo com a classe de escore visual para conformação, precocidade e musculatura.

Fernandes Júnior et al. (2019) observaram que novilhas precoces com idade ao primeiro parto igual ou menor que 30 meses estavam especificamente associada ao escore 4 para todos os escores de conformação, precocidade e musculosidade. Gordo et al. (2016) observaram que escores de conformação, precocidade e musculosidade apresentam associação genética de moderada a alta com características de carcaça como espessura de gordura e medidas da área do músculo *longissimus*. Dentre os escores visuais avaliados o escore de precocidade apresentou um maior efeito na proporção de fêmeas precoces, devido estar relacionado com o potencial de deposição de gordura corporal. Brunet et al. (2022) avaliando a relação entre características de carcaça após o desmame, observaram que a deposição de gordura apresentou maior poder discriminante para redução da prenhez precoce.

Do ponto de vista biológico, o efeito da deposição de gordura para a precocidade sexual é ocasionado principalmente por um efeito direto nos aspectos de crescimento ocasionado pela relação na deposição de músculo e gordura. Nesse contexto, Mota et al. (2022), observaram que regiões genômicas relacionadas a processos biológicos com efeito específico na homeostase energética e no início da puberdade precoce em novilha com idade ao primeiro parto entre 24 e 26 meses. Jones et al. (2018), avaliando as taxas de prenhez de novilhas Angus, observaram que novilhas divergentes em deposição de gordura subcutânea apresentam diferenças nas taxas de prenhez, relatando que uma maior deposição de gordura representou um fator contribuinte para a variação nas taxas de prenhez.

### ***Correlação genética***

As correlações genéticas e fenotípicas entre características produtivas e reprodutivas com a precocidade sexual aos 14 (PP14), 18 (PP18) e 24 (PP24) meses são apresentadas na Tabela 3. No geral, correlações genéticas entre características de crescimento (PD, PS, GP<sub>D-S</sub> e PM) foram de fracas ( $r_g = 0.10 \pm 0.05$ ; PS vs PP14) a moderadas ( $r_g = -0.47 \pm 0.07$ ; PM vs PP14), enquanto as correlações fenotípicas foram fracas variando de  $-0.30 \pm 0.11$  (PM vs PP24) à  $0.28 \pm 0.08$  (GP<sub>D-S</sub> vs PP18; Tabela 3). A correlação genética entre precocidade sexual e PD foi baixa, indicando pouca relação genética entre elas (Tabela 3). Esses resultados refletem o efeito da inclusão de



características de precocidade sexual nos critérios de seleção para seleção de novilha com maior precocidade sexual, em conjunto com características de crescimento, a gordura ou o escore de condição corporal. Em acordo com esses resultados, Grossi et al. (2009) que reportaram correlação genética favorável entre a redução da idade ao primeiro parto com o peso corporal ajustado aos 365 ( $r_g = -0.38$ ) e 450 dias ( $r_g = -0.38$ ) e Kluska et al. (2018) que observaram uma correlação genética de 0,20 entre parto precoce até os 30 meses e peso corporal aos 450 dias.

Tabela 3 – Correlação genética e fenotípica entre características produtivas e reprodutivas com precocidade sexual aos 14 (PP14), 18 (PP18) e 24 (PP24) meses em novilhas da raça Nelore.

Característica	PP14		PP18		PP24	
	Gene	Feno	Gene	Feno	Gene	Feno
PD	0,10 ± 0,07	-0,04 ± 0,08	0,14 ± 0,02	0,11 ± 0,06	0,17 ± 0,05	0,14 ± 0,09
PS	0,27 ± 0,05	0,16 ± 0,09	0,38 ± 0,05	0,21 ± 0,09	0,31 ± 0,04	0,16 ± 0,07
GP <sub>D-S</sub>	0,40 ± 0,03	0,19 ± 0,05	0,43 ± 0,03	0,28 ± 0,08	0,41 ± 0,06	0,21 ± 0,08
PM	-0,47 ± 0,07	-0,25 ± 0,05	-0,44 ± 0,03	-0,27 ± 0,06	-0,39 ± 0,08	-0,30 ± 0,11
Pesod <sub>prog</sub>	-0,27 ± 0,07	-0,07 ± 0,09	-0,02 ± 0,03	0,15 ± 0,08	-0,03 ± 0,04	0,11 ± 0,05
Rec	0,50 ± 0,02	0,38 ± 0,06	0,64 ± 0,04	0,45 ± 0,03	0,75 ± 0,09	0,43 ± 0,06
NC53	0,53 ± 0,08	0,36 ± 0,09	0,46 ± 0,07	0,29 ± 0,09	0,35 ± 0,05	0,17 ± 0,04
Stay	0,45 ± 0,04	0,26 ± 0,07	0,38 ± 0,03	0,31 ± 0,08	0,39 ± 0,10	0,22 ± 0,05
Conf	0,46 ± 0,18	0,16 ± 0,17	0,19 ± 0,07	-0,09 ± 0,12	0,15 ± 0,11	0,09 ± 0,05
Prec	0,41 ± 0,05	0,22 ± 0,02	0,35 ± 0,05	0,19 ± 0,08	0,22 ± 0,03	0,16 ± 0,02
Musc	0,39 ± 0,06	0,20 ± 0,07	0,29 ± 0,07	0,09 ± 0,06	0,18 ± 0,09	0,15 ± 0,03

PD – peso a desmama; PS – peso ao sobreano; GP<sub>D-S</sub> – ganho de peso médio diário da desmama ao sobreano; PM – peso da fêmea na idade adulta; Pesod<sub>prog</sub> – peso a desmama da primeira progênie; Rec – Reconcepção de primíparas; Stay – stayability; NC53 – número de progênies aos 53 meses; Conf – escore visual de conformação; Prec – escore visual para precocidade; Musc – escore visual para musculosidade.

O ganho de peso diário (GP<sub>D-S</sub>) apresentou associação genética positiva com maior correlação para PP18 ( $r_g = 0.43 \pm 0.03$ ), seguida por PP24 ( $r_g = 0.41 \pm 0.03$ ) e PP14 ( $r_g = 0.40 \pm 0.03$ ). Essa associação genética indica que um maior potencial genético para maior ganho de peso da desmama ao sobreano, proporciona que a novilha atinja um peso ideal até o momento de acasalamento. Os resultados obtidos para a correlação genética entre parto precoce e ganho de peso, estão de acordo com os valores obtidos por Caetano et al. (2013) de  $-0.34 \pm 0.07$  para IPP vs ganho em peso da desmama aos 365 dias. Gaviolli et al. (2012) relataram estimativas de  $r_g$  negativas e altas entre a taxa de maturação (TM)

a partir do modelo de curva de crescimento com IPP para bovinos Canchim ( $r_g = -0,83 \pm 0,07$ ), o que sugere que a seleção por maior taxa de maturação pode resultar em idade mais precoce ao parto. Além disso, Inoue et al. (2020) relataram uma correlação positiva e alta entre MR e IPP ( $r_g = -0,49$ ) para bovinos de corte preto japonês, indicando que a seleção para maior MR resulta em uma resposta correlacionada favorável para as taxas de concepção. Esses resultados refletem que diferenças nos aspectos da curva de crescimento de novilhas tem relação favorável com puberdade precoce versus puberdade tardia, indicando que fêmeas que apresentam uma maior taxa em ganho de peso e atingem mais rápido o peso ideal para atingir a puberdade, devem conceber e atingir o primeiro parto em torno de 2 anos (PP14). O ganho de peso médio diário é uma medida alternativa referente a disponibilidade nutricional em que animais com maior  $GP_{D-S}$  tiveram acesso a uma melhor nutrição através da melhoria da qualidade do pasto, suplementação ou outros fatores. As estimativas da correlação genética confirmaram a associação entre um maior  $GP_{D-S}$  e redução na idade a prenhez.

As correlações genéticas negativas obtidas entre prenhez precoce e PM, indicam um maior impacto para PP14 ( $r_g = -0.47 \pm 0.07$ ) e PP18 ( $r_g = -0.44 \pm 0.03$ ) em comparação a PP24 indicando que os efeitos aditivos para maior peso adulto apresentam efeito antagônico para precocidade sexual de fêmeas (Tabela 3). Assim, a seleção de animais com maior potencial genético para peso adulto, sem a consideração de características de precocidade sexual, ocasiona fêmeas com idade ao primeiro parto em idades mais avançadas. Em concordância com os achados obtidos, Lacerda et al. (2018) relataram correlação genética de  $0.23 \pm 0.08$  entre o peso à idade adulta (4-10 anos de idade) e a idade ao primeiro parto de fêmeas da raça Nelore. A correlação genética entre prenhez precoce e reconcepção de primíparas, foram moderadas com maiores estimativas para fêmeas com prenhez em idade mais avançada PP24 ( $r_g = 0.75 \pm 0.09$ ) comparada com fêmeas precoces PP14 ( $r_g = 0.50 \pm 0.02$ ) e PP18 ( $r_g = 0.64 \pm 0.04$ ; Tabela 3). As correlações genéticas obtidas no estudo foram menores do que as obtidas por Schmidt et al. (2019) para PP18 de  $0.83 \pm 0.03$ . Os resultados do estudo indicam que uma atenção deve ser direcionada para fêmeas com maior precocidade sexual (PP14) após o parto objetivando uma maior taxa de reconcepção dessa classe quando comparada com novilhas que apresentam uma prenhez em uma idade mais avançada PP18 e PP24 respectivamente. Isso ocorre devido novilhas com maior precocidade têm a sua primeira

progênie ainda em fase de crescimento, em sistema de criação a pasto a sua primeira reconcepção é a mais difícil, devido uma maior exigência energética compara com novilhas que apresentam um parto em parto em idade mais avançadas.

As características de desempenho reprodutivo NC53 e Stay apresentaram maiores estimativas de correlação genética com PP14 ( $r_g = 0,53$  e  $0,45$ ) e reduziu a medida em que as novilhas apresentaram uma prenhez em maiores idades aos 18 ( $r_g = 0,46$  e  $0,38$ ) e 24 ( $r_g = 0,35$  e  $0,39$ ) meses (Tabela 3). Essas estimativas foram menores do que as relatadas por Schmidt et al. (2019) de 0.91 para NC53 vs. PP18 e Kluska et al. (2018) de 0,64 para Stay vs. parto aos 30 meses. Por outro lado, maiores do que as obtidas por Bonamy et al. (2019) de 0,20 e 0,23 para novilhas com parto aos 26 e 28 meses vs. Stay respectivamente. Quando o Stay é realizado pela definição tradicional, em que a vaca deve ter três progênies aos 76 meses, acaba não sendo uma abordagem adequada para PP14 e PP18. Em sistemas de produção em que novilhas precoces tem o primeiro parto aos 24 meses de idade devem apresentar até cinco progênies aos 76 meses, devido a possibilidade da ocorrência de falhar duas vezes durante a sua vida produtiva, aumentando o custo produtivo pela alimentação de vacas improdutivas. A este respeito, diferenças entre o número de bezerros por vaca podem surgir dependendo da abordagem usada para medir o desempenho reprodutivo de vacas. De acordo com Terakado et al. (2015), novilhas sexualmente precoces tendem a permanecer mais tempo nos rebanhos. Portanto, a prenhez precoce das novilhas pode aumentar as taxas de desempenho reprodutivo que ocasiona a permanência no rebanho, obtendo maiores lucros para o sistema de produção.

A correlação genética entre prenhez precoce e escore visual para conformação (Conf), precocidade (Prec) e musculosidade (Musc) foram fracas e favoráveis para a redução à idade ao primeiro parto (Tabela 3). As estimativas das correlações foram maiores para PP14 com valores variando de 0,33 a 0,42, e decresceu a medida que a idade à prenhez aumentou (PP24) apresentando valores variando entre 0,22 a 0,15. Boligon e Albuquerque (2010) relataram correlações genéticas favoráveis variando de -0,23 a -0,29 entre as características morfológicas avaliadas por conformação, terminação e musculatura, e idade ao primeiro parto em bovinos Nelore. Boligon et al. (2012) reportaram uma correlação genética entre escores visuais e IPP variando de -0,11 para Conf, -0,19 para Prec e -0,16 para Musc. Da mesma forma, Faria et al. (2009) encontraram

correlações genéticas favoráveis entre escores visuais de musculatura, estrutura física e conformação e idade ao primeiro parto em bovinos Nelore. Esses resultados indicam que a seleção de animais com melhor composição corporal pode levar à escolha de animais sexualmente mais precoce.

Os escores de conformação e musculatura são atribuídos de acordo com a avaliação visual equilibrada entre dimensões corporais (comprimento, profundidade e largura) e do desenvolvimento da massa muscular no momento da avaliação, assim, animais mais pesados ao desmame e ao sobreano tendem a apresentar valores mais elevados para essas características. No entanto, um peso a idade adulta elevado pode estar relacionado a animais de grande porte devido a sua correlação genética (0,30 – 0,36) e não a uma melhor condição corporal e desenvolvimento de massa muscular conforme indicado pela conformação e músculo, respectivamente (Boligon et al., 2011). Por outro lado, animais mais pesados na idade adulta não necessariamente apresentarão precocidade de terminação de carcaça precoce, assim animais com um maior equilíbrio entre medidas de escore corporal e moderado peso corporal a idade apresentarão maior potencial genético para precocidade sexual.

### **Conclusão**

Novilhas Nelore com maior precocidade sexual (PP14) apresentam maior peso corporal a desmama e sobreano com um maior ganho de peso corporal no período da desmama ao sobreano e menor peso à idade adulta favorecendo a novilha atingir um maior peso corporal a estação de monta. A classe de peso ao sobreano influenciou na precocidade sexual aos 14 e 18 meses em que novilhas pesando mais do que 292 a 326 kg apresentaram uma pequena redução na probabilidade de prenhez precoce e maiores classes de ganho de peso diário proporcionou um aumento na probabilidade de prenhez precoce. As fêmeas sexualmente precoces (PP14 e PP18) apresentam maiores probabilidade para maior número de progênies (NC53) e de permanecem no rebanho por mais tempo, embora possam produzir a sua primeira progênie 8 kg mais leves ao desmame em comparação com as fêmeas não precoces.

As correlações genéticas estimadas entre prenhez precoce aos 14, 18 e 24 meses, características de crescimento (PD, PS e GP<sub>D-S</sub>) e de escores visuais (Conf, Prec e Musc)

foram mais favoráveis para PP14, indicando que seleção de novilhas precoces combinando características de crescimento e de escore visual melhora a precocidade sexual do rebanho sem comprometer o potencial produtivo. Por outro lado, a correlação entre prenhez precoce e reconcepção de primíparas indicou que uma maior atenção deve ser direcionada para novilhas com PP14 apresentando um aumento na taxa de reconcepção. A seletiva baseada na maturidade precoce (valores genéticos negativos para o terceiro componente principal) deve melhorar ligeiramente a eficiência reprodutiva e a longevidade das fêmeas de corte. Geneticamente, novilhas com mais precocidade (PP14 e PP18) resultam em um aumento na permanência da fêmea no rebanho (Stay) e maior número de progênies (NC53).

### Referências bibliográficas

- Añez-Osuna F, Penner GB, Campbell J, Dugan MER, Fitzsimmons CJ, Jefferson PG, Lardner HA, and McKinnon JJ. (2019). Level and source of fat in the diet of gestating beef cows. II. Effects on the postpartum performance of the dam and the progeny<sup>1</sup>. **Journal of Animal Science**. 97:3120–3141. doi:10.1093/jas/skz172.
- Barcellos JOJ, Silva MD, Prates ER, and Costa EC. (2006). Taxas de prenhez em novilhas de corte acasaladas aos 18 e 24 meses de idade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. 58:1168–1174. doi:10.1590/S0102-09352006000600028.
- Bates D, Mächler M, Bolker B, and Walker S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. **Journal of Statistical Software**. 67:1–48. doi:10.18637/jss.v067.i01.
- Bellows RA, Short RE, and Richardson G V. (1982). Effects of Sire, Age of Dam and Gestation Feed Level on Dystocia and Postpartum Reproduction. **Journal of Animal Science**. 55:18–27. doi:10.2527/jas1982.55118x.
- Beretta V, Lobato JFP, and Mielitz Netto CGA. (2001). Produtividade e eficiência biológica de sistemas pecuários de cria diferindo na idade das novilhas ao primeiro parto e na taxa de natalidade do rebanho no Rio Grande de Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 30:1278–1286. doi:10.1590/S1516-35982001000500022.
- Boligon AA, and Albuquerque LG. (2011). Genetic parameters and relationships of heifer pregnancy and age at first calving with weight gain, yearling and mature weight in Nelore cattle. **Livestock Science**. 141:12–16. doi:10.1016/j.livsci.2011.04.009.
- Boligon AA, and Albuquerque LG de. (2010). Correlações genéticas entre escores visuais e características reprodutivas em bovinos Nelore usando inferência bayesiana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 45:1412–1418. doi:10.1590/S0100-204X2010001200011.
- Boligon AA, Albuquerque LG De, Mercadante MEZ, and Lôbo RB. (2010). Study of relations among age at first calving, average weight gains and weights from weaning to maturity in Nelore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 39:746–751. doi:10.1590/S1516-35982010000400007.
- Boligon AA, Ayres DR, Pereira RJ, Morotti NP, and Albuquerque LG. (2012). Genetic associations of visual scores with subsequent rebreeding and days to first calving in Nelore cattle. **Journal of Animal Breeding and Genetics**. 129:448–456.

doi:10.1111/J.1439-0388.2012.00998.X.

- Boligon AA, Mercadante MEZ, and Albuquerque LG. (2011). Genetic associations of conformation, finishing precocity and muscling visual scores with mature weight in Nelore cattle. **Livestock Science**. 135:238–243. doi:10.1016/j.livsci.2010.07.011.
- Bonamy M, Kluska S, Peripolli E, de Lemos MVA, Amorim ST, Vaca RJ, Lôbo RB, de Castro LM, de Faria CU, Borba Ferrari F, and 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.
- Brumatti RC, Ferraz JBS, Eler JP, and Formigoni EIB. (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.
- Brunes LC, Baldi F, e Costa MFO, Lobo RB, Lopes FB, and Magnabosco CU. (2020). Genetic-quantitative analysis for reproductive traits in Nelore cattle selected for sexual precocity. **Animal Production Science**. 60:896–902. doi:10.1071/AN19120.
- Brunes LC, Baldi FS, E Costa MFO, Quintans G, Banchero G, Lôbo RB, and Magnabosco CU. (2022). Early growth, backfat thickness and body condition has major effect on early heifer pregnancy in Nelore cattle. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. 94:20191559. doi:10.1590/0001-3765202120191559.
- Burns BM, Fordyce G, and Holroyd RG. (2010). A review of factors that impact on the capacity of beef cattle females to conceive, maintain a pregnancy and wean a calf- Implications for reproductive efficiency in northern Australia. **Animal Reproduction Science**. 122:1–22. doi:10.1016/j.anireprosci.2010.04.010.
- Butler WR, Everett RW, and Coppock CE. (1981). The Relationships between Energy Balance, Milk Production and Ovulation in Postpartum Holstein Cows<sup>1</sup>. **Journal of Animal Science**. 53:742–748. doi:10.2527/jas1981.533742x.
- Caetano SL, Savegnago RP, Boligon AA, Ramos SB, Chud TCS, Lôbo RB, and Munari DP. (2013). Estimates of genetic parameters for carcass, growth and reproductive traits in Nelore cattle. **Livestock Science**. 155:1–7. doi:10.1016/j.livsci.2013.04.004.
- Canellas LC, Barcellos JOJ, Nunes LN, Oliveira TE de, Prates ÊR, and Darde DC. (2012). Post-weaning weight gain and pregnancy rate of beef heifers bred at 18 months of age:

- a meta-analysis approach. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 41:1632–1637. doi:10.1590/S1516-35982012000700011.
- Cardoso RC, Alves BRC, and Williams GL. (2018). Neuroendocrine signaling pathways and the nutritional control of puberty in heifers. **Animal Reproduction**. 15:868–878. doi:10.21451/1984-3143-AR2018-0013.
- Cônsolo NRB, da Silva J, Buarque VLM, Higuera-Padilla A, Barbosa LCGS, Zawadzki A, Colnago LA, Saran Netto A, Gerrard DE, and Silva SL. (2020). Selection for Growth and Precocity Alters Muscle Metabolism in Nellore Cattle. **Metabolites**. 10:1–10. doi:10.3390/metabo10020058.
- Costa RB, Irano N, Diaz IDPS, Takada L, Hermisdorff I da C, Carneiro R, Baldi F, de Oliveira HN, Tonhati H, and de Albuquerque LG. (2019). Prediction of genomic breeding values for reproductive traits in Nellore heifers. **Theriogenology**. 125:12–17. doi:10.1016/j.theriogenology.2018.10.014.
- D’Occhio MJ, Baruselli PS, and Campanile G. (2019). Influence of nutrition, body condition, and metabolic status on reproduction in female beef cattle: A review. **Theriogenology**. 125:277–284. doi:10.1016/j.theriogenology.2018.11.010.
- Eler JP, Bignardi AB, Ferraz JBS, and Santana ML. (2014). Genetic relationships among traits related to reproduction and growth of Nelore females. **Theriogenology**. 82:708–714. doi:10.1016/j.theriogenology.2014.06.001.
- Fernandes Júnior GA, Garcia DA, Hortolani B, and de Albuquerque LG. (2019). Phenotypic relationship of female sexual precocity with production and reproduction traits in beef cattle using multivariate statistical techniques. **Italian Journal of Animal Science**. 18:182–188. doi:10.1080/1828051X.2018.1503570.
- Fernandes Júnior GA, Silva DA, Mota LFM, de Melo TP, Fonseca LFS, Silva DB dos S, Carneiro R, and De Albuquerque LG. (2022). Sustainable Intensification of Beef Production in the Tropics: The Role of Genetically Improving Sexual Precocity of Heifers. **Animals**. 12:1–25. doi:10.3390/ani12020174.
- Ferraz MVC, Pires A V, Santos MH, Silva RG, Oliveira GB, D. M., Polizel DM, Biehl M V, Sartori R, and Nogueira GP. (2018). A combination of nutrition and genetics is able to reduce age at puberty in Nelore heifers to below 18 months. **animal**. 12:569–574. doi:10.1017/S1751731117002464.
- Filho WK, de Albuquerque LG, Forni S, de Vasconcelos Silva JA, Yokoo MJ, and de



- Alencar MM. (2010). Estimativas de parâmetros genéticos para os escores visuais e suas associações com peso corporal em bovinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 39:1015–1022. doi:10.1590/S1516-35982010000500011.
- Formigoni IB, Ferraz JBS, Silva JAI V., Eler JP, and Brumatti RC. (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**. 57:220–226. doi:10.1590/s0102-09352005000800013.
- Gasser CL, Grum DE, Mussard ML, Fluharty FL, Kinder JE, and Day ML. (2006). Induction of precocious puberty in heifers I: Enhanced secretion of luteinizing hormone1. **Journal of Animal Science**. 84:2035–2041. doi:10.2527/jas.2005-636.
- Gaviolli VRN, Buzanskas ME, Cruz VAR, Savegnago RP, Munari DP, Freitas AR, and Alencar MM. (2012). Genetic associations between weight at maturity and maturation rate with ages and weights at first and second calving in Canchim beef cattle. **Journal of Applied Genetics**. 53:331–335. doi:10.1007/s13353-012-0100-6.
- Geweke J. (1992). Evaluating the accuracy of sampling-based approaches to the calculation of posterior moments. In: J. M. Bernardo, J. O. Berger, A. P. Smith, and A. F. M. Dawid, editors. *Bayesian Statistics*. 4th ed. Clarendon Press, Oxford, UK. p. 169–193.
- Gordo DGM, Espigolan R, Tonussi RL, Júnior GAF, Bresolin T, Braga Magalhães AF, Feitosa FL, Baldi F, Carvalheiro R, Tonhati H, de Oliveira HN, Chardulo LAL, and De Albuquerque LG. (2016). Genetic parameter estimates for carcass traits and visual scores including or not genomic information. **Journal of Animal Science**. 94:1821–1826. doi:10.2527/jas2015-0134.
- Grossi DA, Venturini GC, Paz CCP, Bezerra LAF, Lôbo RB, Oliveira JA, and Munari DP. (2009). Genetic associations between age at first calving and heifer body weight and scrotal circumference in Nelore cattle. **Journal of Animal Breeding and Genetics**. 126:387–393. doi:10.1111/j.1439-0388.2008.00791.x.
- Guarini AR, Neves HHR, Schenkel FS, Carvalheiro R, Oliveira JA, and Queiroz SA. (2015). Genetic relationship among reproductive traits in Nelore cattle. **Animal**. 9:760–765. doi:10.1017/S1751731114003103.
- Hadfield JD. (2010). MCMCglmm: MCMC Methods for Multi-Response GLMMs in R. **Journal of Statistical Software**. 33:1–22.

- Hudson GFS, and Van Vleck LD. (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.
- Inoue K, Hosono M, Oyama H, and Hirooka H. (2020). Genetic associations between reproductive traits for first calving and growth curve characteristics of Japanese Black cattle. **Animal Science Journal**. 91:1–8. doi:10.1111/asj.13467.
- Irano N, de Camargo GMF, Costa RB, Terakado APN, Magalhães AFB, Silva RMDO, Dias MM, Bignardi AB, Baldi F, Carvalheiro R, de Oliveira HN, and de Albuquerque LG. (2016). Genome-Wide Association Study for Indicator Traits of Sexual Precocity in Nelore Cattle. **PLOS ONE**. 11:1–14. doi:10.1371/journal.pone.0159502.
- Johnston DJ, Barwick SA, Corbet NJ, Fordyce G, Holroyd RG, Williams PJ, and Burrow HM. (2009). Genetics of heifer puberty in two tropical beef genotypes in northern Australia and associations with heifer- and steer-production traits. **Animal Production Science**. 49:399. doi:10.1071/EA08276.
- Joner G, Alves Filho DC, Brondani IL, Borchate D, Klein JL, Domingues CC, Rodrigues LS, and Machado DS. (2018). Partum and postpartum characteristics on the postpartum rebreeding in beef cattle. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. 90:2479–2490. doi:10.1590/0001-3765201820171005.
- Jones FM, Accioly JM, Copping KJ, Deland MPB, Graham JF, Hebart ML, Herd RM, Laurence M, Lee SJ, Speijers EJ, and Pitchford WS. (2018). Divergent breeding values for fatness or residual feed intake in Angus cattle. 1. Pregnancy rates of heifers differed between fat lines and were affected by weight and fat. **Animal Production Science**. 58:33–42. doi:10.1071/AN14583.
- Kluska S, Olivieri BF, Bonamy M, Chiaia HLJ, Feitosa FLB, Berton MP, Peripolli E, Lemos MVA, Tonussi RL, Lôbo RB, Magnabosco C de U, Di Croce F, Osterstock J, Pereira ASC, Munari DP, Bezerra LA, Lopes FB, and 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**. 216:203–209. doi:10.1016/j.livsci.2018.08.015.
- Lacerda VV, Campos GS, Roso VM, Souza FRP, Brauner CC, and Boligon AA. (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.

- Larson RL, and Randle RF. (2007). Heifer Development: Nutrition, Health, and Reproduction. In: *Current Therapy in Large Animal Theriogenology*. Vol. 33. Elsevier. p. 457–463.
- Lenth R V. (2016). Least-Squares Means: The R Package lsmeans. **Journal of Statistical Software**. 69. doi:10.18637/jss.v069.i01.
- Leroy J, Vanholder T, Van Knegsel A, Garcia-Ispierto I, and Bols P. (2008). Nutrient Prioritization in Dairy Cows Early Postpartum: Mismatch Between Metabolism and Fertility? **Reproduction in Domestic Animals**. 43:96–103. doi:10.1111/j.1439-0531.2008.01148.x.
- López Valiente S, Rodríguez AM, Long NM, Quintans G, Miccoli FE, Lacau-Mengido IM, and Maresca S. (2021). Age at First Gestation in Beef Heifers Affects Fetal and Postnatal Growth, Glucose Metabolism and IGF1 Concentration. **Animals**. 11:3393. doi:10.3390/ani11123393.
- MacNeil MD, and Mott TB. (2006). Genetic analysis of gain from birth to weaning, milk production, and udder conformation in Line 1 Hereford cattle. **Journal of Animal Science**. 84:1639–1645. doi:10.2527/jas.2005-697.
- Van Melis MH, Eler JP, Oliveira HN, Rosa GJM, Silva JAIIV, Ferraz JBS, and Pereirat E. (2007). Study of stayability in Nellore cows using a threshold model. **Journal of Animal Science**. 85:1780–1786. doi:10.2527/JAS.2005-608.
- Metz PAM, Menezes LFG de, Arboitte MZ, Brondani IL, Restle J, and Callegaro AM. (2009). Influência do peso ao início da terminação sobre as características de carcaça e da carne de novilhos mestiços Nelore × Charolês. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 38:346–353. doi:10.1590/S1516-35982009000200018.
- Miller SP, Wilton JW, and Pfeiffer WC. (1999). Effects of milk yield on biological efficiency and profit of beef production from birth to slaughter. **Journal of Animal Science**. 77:344. doi:10.2527/1999.772344x.
- Minick JA, Wilson DE, Rouse GH, Hassen A, Pence M, Sealock R, and Hopkins S. (2002). Relationship between Body Composition and Reproduction in Heifers. **Beef Research Report - Iowa State University**. 145–148.
- Misztal I, Tsuruta S, Lourenco D, Aguilar I, Legarra A, and Vitezica Z. (2018). Manual for BLUPF90 family of programs. **university of Georgia, Athens, USA**.

- Miszura AA, Ferraz MVC, Cardoso RC, Polizel DM, Oliveira GB, Barroso JPR, Gobato LGM, Nogueira GP, Biava JS, Ferreira EM, and Pires AV. (2021). Implications of growth rates and compensatory growth on puberty attainment in Nellore heifers. **Domestic Animal Endocrinology**. 74:106526. doi:10.1016/j.domaniend.2020.106526.
- Monteiro FM, Mercadante MEZ, Barros CM, Satrapa RA, Silva JAV, Oliveira LZ, Saraiva NZ, Oliveira CS, and Garcia JM. (2013). Reproductive tract development and puberty in two lines of Nellore heifers selected for postweaning weight. **Theriogenology**. 80:10–17. doi:10.1016/j.theriogenology.2013.02.013.
- Moorey SE, and Biase FH. (2020). Beef heifer fertility: importance of management practices and technological advancements. **Journal of Animal Science and Biotechnology**. 11:1–12. doi:10.1186/s40104-020-00503-9.
- Moriel P, Lancaster P, Lamb GC, Vendramini JMB, and Arthington JD. (2017). Effects of post-weaning growth rate and puberty induction protocol on reproductive performance of *Bos indicus*-influenced beef heifers. **Journal of Animal Science**. 95:3523–3531. doi:10.2527/JAS.2017.1666.
- Mota LFM, Carvajal AB, Bernardes PA, Buzanskas ME, Baldi F, Lôbo RB, and Munari DP. (2022). Integrating genome-wide association study and pathway analysis reveals physiological aspects affecting heifer early calving defined at different ages in Nelore cattle. **Genomics**. 114:1–12. doi:10.1016/j.ygeno.2022.110395.
- Mota LFM, Fernandes Jr GA, Herrera AC, Scalez DCB, Espigolan R, Magalhães A. B, Carneiro R, Baldi F, and Albuquerque LG. (2020a). Genomic reaction norm models exploiting genotype × environment interaction on sexual precocity indicator traits in Nellore cattle. **Animal Genetics**. 51:210–223. doi:10.1111/age.12902.
- Mota LFM, Lopes FB, Fernandes Júnior GA, Rosa GJM, Magalhães AFB, Carneiro R, and Albuquerque LG. (2020b). Genome-wide scan highlights the role of candidate genes on phenotypic plasticity for age at first calving in Nellore heifers. **Scientific Reports**. 10:1–13. doi:10.1038/s41598-020-63516-4.
- Patterson DJ, Perry RC, Kiracofe GH, Bellows RA, Staigmiller RB, and Corah LR. (1992). Management considerations in heifer development and puberty. **Journal of animal science**. 70:4018–4035. doi:10.2527/1992.70124018x.
- Pereira GR, Barcellos JOJ, Sessim AG, Tarouco JU, Feijó FD, Braccini Neto J, Prates

- ÊR, and Canozzi MEA. (2017). Relationship of post-weaning growth and age at puberty in crossbred beef heifers. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 46:413–420. doi:10.1590/s1806-92902017000500007.
- Samadi F, Blache D, Martin GB, and D’Occhio MJ. (2014). Nutrition, metabolic profiles and puberty in Brahman (*Bos indicus*) beef heifers. **Animal Reproduction Science**. 146:134–142. doi:10.1016/j.anireprosci.2014.03.004.
- Sartori R, Bastos M, Baruselli P, Gimenes L, Ereno R, and Barros C. (2010). Physiological differences and implications to reproductive management of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle in a tropical environment. (M. Lucy, J. Pate, M. Smith, and T. Spencer, editors.).
- Schmidt PI, Campos GS, Lôbo RB, Souza FRP, Brauner CC, and Boligon AA. (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.
- Schmidt PI, Ferreira IA, Silveira DD, Campos GS, Souza FRP, Carneiro R, and Boligon AA. (2019). Reproductive performance of cows and genetic correlation with weight gains and principal components of traits used in selection of Nelore cattle. **Livestock Science**. 229:77–84. doi:10.1016/j.livsci.2019.09.011.
- Silva JAIIV, Eler JP, Ferraz JBS, Golden BL, and Oliveira HN. (2003). Heritability estimate for stayability in nelore cows. **Livestock Production Science**. 79:97–101. doi:10.1016/S0301-6226(02)00149-5.
- Smith BJ. (2007). *boa*: An R package for MCMC output convergence assessment and posterior inference. **Journal of Statistical Software**. 21:1–37. doi:10.18637/jss.v021.i11.
- Sorensen AM, Hansel W, Hough WH, Armstrong DT, McEntee K, and Bratton RW. (1959). Causes and prevention of reproductive failures in dairy cattle. 1. Influence of underfeeding and overfeeding on growth and development of Holstein heifers.
- Tanaka ALR, Neves HHR, Oliveira JA, Carneiro R, and Queiroz SA. (2012). Índice de seleção bioeconômico para fêmeas de corte da raça Nelore. **Archivos de Zootecnia**. 61:537–548. doi:10.4321/S0004-05922012000400006.
- Terakado APN, Pereira MC, Yokoo MJ, and Albuquerque LG. (2015). Evaluation of productivity of sexually precocious Nelore heifers. **Animal**. 9:938–943.

doi:10.1017/S1751731115000075.

Vargas CA, Elzo MA, Chase CC, Chenoweth PJ, and Olson TA. (1998). Estimation of genetic parameters for scrotal circumference, age at puberty in heifers, and hip height in Brahman cattle. **Journal of Animal Science**. 76:2536–2541. doi:10.2527/1998.76102536X.

White RR, Brady M, Capper JL, McNamara JP, and Johnson KA. (2015). Cow-calf reproductive, genetic, and nutritional management to improve the sustainability of whole beef production systems. **Journal of Animal Science**. 93:3197–3211. doi:10.2527/jas.2014-8800.