



**INSTITUTO FEDERAL**  
**GOIANO**  
Câmpus Rio Verde

**BACHARELADO EM ZOOTECNIA**

**GENÉTICA DA CURVA DE LACTAÇÃO EM BÚFALAS  
UTILIZANDO O MODELO DE WOOD**

**LUDMILLA ARAÚJO MARQUES CARVALHO**

**Rio Verde, GO**

**2019**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
BACHARELADO EM ZOOTECNIA**

**GENÉTICA DA CURVA DE LACTAÇÃO EM BÚFALAS  
UTILIZANDO O MODELO DE WOOD**

**LUDMILLA ARAÚJO MARQUES CARVALHO**

Trabalho de curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Zootecnia

Orientado: Prof. Dr. Francisco Ribeiro de Araujo Neto

**Rio Verde – GO**

**Julho, 2019**

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

CC331g Carvalho, Ludmilla Araújo Marques  
Genética da curva de lactação em búfalas  
utilizando o modelo de Wood / Ludmilla Araújo  
Marques Carvalho; orientador Prof. Dr. Francisco  
Ribeiro de Araujo Neto. -- Rio Verde, 2019.  
27 p.

Monografia (Graduação em Bacharelado em Zootecnia  
) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde,  
2019.

1. Herdabilidade. 2. Bubalinos. 3. Pico. 4.  
Persistência . I. Neto, Prof. Dr. Francisco Ribeiro  
de Araujo, orient. II. Título.



**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese  | <input type="checkbox"/> Artigo Científico              |
| <input type="checkbox"/> Dissertação                                 | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização                 | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação                  | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ |   |

Nome Completo do Autor: Ludmilla Araújo Marques Carvalho  
 Matrícula: 2014102201840248  
 Título do Trabalho: Genética da Curva de Lactação de Búfalos, utilizando o modelo de Wood

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique: Será publicado na  
forma de artigo científico

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 20/09/2023

- O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não  
 O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde 08/08/2019  
Local Data

Ludmilla Araújo Marques Carvalho  
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

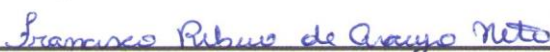
Francisco Elvino de Araújo M  
Assinatura do(a) orientador(a)

## ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CURSO (TC)

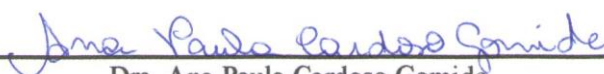
ANO	SEMESTRE
2019	1º

No dia quatro de julho de 2019, às quatorze horas, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes Dr. Francisco Ribeiro de Araujo Neto, Dra. Ana Paula Cardoso Gomide e, o mestre em Zootecnia Me. Dheyne Alves Vieira para examinar o Trabalho de Curso (TC) intitulado **Genética da curva de lactação em búfalas, utilizando o modelo de Wood** da acadêmica **Ludmilla Araujo Marques Carvalho**, Matrícula nº 2014102201840248 do Curso de Bacharelado em Zootecnia do IF Goiano - Campus Rio Verde. Após a apresentação oral do TC, houve arguição da candidata pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela **Aprovação** da acadêmica. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata, que segue datada e assinada pelos examinadores.

Rio Verde, 04 de julho de 2019



Dr. Francisco Ribeiro de Araujo Neto  
IF Goiano - Rio Verde  
Orientador



Dra. Ana Paula Cardoso Gomide  
IF Goiano - Rio Verde  
Membro Interno



Me. Dheyne Alves Vieira  
Mestre em Zootecnia - IF Goiano  
Membro Interno

### Observação:

( ) O(a) acadêmico(a) não compareceu à defesa do TC.

*Dedico a todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho.*

## **Agradecimentos**

Começo agradecendo a Deus, pois sem a presença dele nessa jornada tornaria a caminhada mais difícil e cansativa.

Agradeço a toda minha família que se fez presente nesses cinco anos, em especial minha mãe Gleide, minha avó Lídia e meu finado avô Duarte que mesmo longe e com toda saudade me deram forças e me incentivaram a não desistir me fazendo acreditar que eu era capaz.

Ao meu professor e orientador Francisco Neto, por seus ensinamentos, pela paciência na orientação e incentivo que tornaram possível à conclusão desta monografia.

Agradeço a Coordenadora do curso, minha professora e também orientadora do meu estágio Jessika Mara, por todos os ensinamentos e orientação para a conclusão do curso.

Aos meus amados amigos de Jataí e Rio Verde em especial Guilherme Ferreira, por me acompanharem, me incentivarem, me apoiarem, por todas alegrias e tristezas compartilhadas. Com vocês, as pausas entre um parágrafo e outro de produção melhora tudo o que tenho produzido na vida.

Agradeço ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, em especial ao Curso de Zootecnia e a todos meus professores, pelos meus cinco anos de conhecimento e aprendizado adquirido.

## Resumo

CARVALHO, Ludmilla Araujo Marques. **Genética da curva de lactação de búfalas, utilizando o modelo de Wood**. 2019. 16p. Monografia (Curso Bacharelado em Zootecnia). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde – GO, 2019.

Tendo em vista a importância da produção de leite para o melhoramento de búfalos, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de estimar os coeficientes de herdabilidade para os parâmetros do modelo de Wood, assim como para as definições de produção, tempo no pico e persistência obtidos utilizando os parâmetros do modelo. Utilizando destas informações, também foram estimadas as correlações genéticas entre a produção de leite e os parâmetros estimados. Para a realização deste estudo, foram utilizados registros de controles mensais das primeiras lactações de 1362 búfalas, coletados entre os anos de 2010 a 2016, sendo utilizados na estimação das curvas individuais, utilizando o algoritmo SAEM (Stochastic Approximation version of Expectation-maximization algorithm). Para a avaliação foram utilizados a produção de leite, os parâmetros da curva, produção no pico, tempo no pico e persistência. Os componentes de variância foram estimados simultaneamente para as sete características por uma abordagem bayesiana com amostragem de Gibbs sob um modelo animal multi-características, usando o programa GIBBS2F90. Para a população estudada, foram obtidos valores de 9,248 Kg para o pico de produção, 3,125 meses para o tempo de pico e 2,655 meses para a persistência da lactação. As estimativas de herdabilidade apresentam magnitude moderadas, com valores entre 0,146 (parâmetro  $\sigma^2$ ) e 0,311 (produção de leite). As correlações genéticas apresentam magnitudes de baixa a alta, variando entre -0,810 ( $\sigma^3$  com P) a 0,902 ( $\sigma 1$  com PP), sendo que maioria das estimativas se apresentam significativas estatisticamente (diferentes de 0). Pelas informações obtidas no trabalho, a seleção direta para a persistência com a produção de leite, ganhos genéticos indiretos também seriam reduzidos. Assim, uma alternativa seria a introdução dessas características com um critério de seleção auxiliar, usando um índice de seleção.

**Palavras-chave:** Melhoramento; Búfalos; Curva; Leite



## Abstract

CARVALHO, Ludmilla Araujo Marques. **Genetics of the lactation curve of buffaloes, using Wood's model**. 2019. 16p. Monography (Graduation in Animal Science). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde – GO, 2019.

Considering the importance of milk yield for buffalo breeding, this work was developed to estimate the heritability coefficients for Wood model parameters, as well as the yield definitions, peak time and persistence obtained. using the parameters of the model. Using this information, the genetic correlations between milk yield and estimated parameters were also estimated. For this study, monthly control records of the first lactations of 1362 buffaloes, collected from 2010 to 2016, were used to estimate individual curves using the Stochastic Approximation version of Expectation-maximization algorithm SAEM (Stochastic Approximation version of Expectation-maximization algorithm). Milk yield, curve parameters, peak yield, peak time and persistence were used for the evaluation. The variance components were simultaneously estimated for the seven traits by a Gibbs-sampled Bayesian approach under a multi-trait animal model using the GIBBS2F90 program. For the population studied, values of 9.248 Kg were obtained for peak production, 3.125 months for peak time and 2.655 months for lactation persistence. Heritability estimates are of moderate magnitude, ranging from 0.146 (parameter,  $\vartheta_2$ ) to 0.311 (milk yield). Genetic correlations have low to high magnitudes, ranging from -0.810 ( $\vartheta_3$  with P) to 0.902 ( $\vartheta_1$  with PP), and most estimates are statistically significant (different from 0). From the information obtained in the study, the direct selection for persistence with milk production, indirect genetic gains would also be reduced. Thus, an alternative would be to introduce these characteristics with an auxiliary selection criterion using a selection index.

**Keywords:** Improvement; Buffaloes; Curve; milk

## Lista de ilustrações

Figura 1 – Estrutura generalizada com múltiplas etapas de um programa de melhoramento animal. . . . .	14
Figura 2 – Diagrama da curva de lactação . . . . .	16
Figura 3 – Estrutura dos banco de dados utilizado para a estimação das curvas de lactação em búfalas (valores representam o número de registros após a consistência). . . . .	18
Figura 4 – Distribuições das estimativas individuais dos parâmetros de Wood ( $\vartheta_1$ , $\vartheta_2$ e $\vartheta_3$ ), da produção no pico, tempo do pico e persistência, obtidas em modelo não-linear misto. . . . .	21

## Lista de tabelas

Tabela 1 – Médias e intervalos de alta densidade (entre parênteses) para as distribuições a posteriores das estimativas de herdabilidade (diagonal) e correlações genéticas (out-diagonal) para características de lactação em búfalas leiteiras. 22

## **Lista de abreviaturas e siglas**

BIC	Bayesian Information Criterion
EM	Expectation Maximization
IG	Intervalo de gerações
P	Persistência de lactação
PD	Plasma Desorption (Dessorção por Plasma);
PL	Produção de Leite
PP	Pico de produção
PT	Tempo de pico

## Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA . . . . .</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Programa de melhoramento genético . . . . .</b>	<b>14</b>
<b>2.2</b>	<b>Ganho Genético . . . . .</b>	<b>15</b>
<b>2.3</b>	<b>Teoria da curva de lactação . . . . .</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS . . . . .</b>	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO . . . . .</b>	<b>21</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES . . . . .</b>	<b>24</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>25</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A população mundial vem crescendo exponencialmente nos últimos anos, com isso, países que se destacam pelo seu grande número populacional tem acelerado o seu desenvolvimento econômico, tudo isso gera uma elevada demanda por alimentos principalmente de origem animal (BERNARDES, 2013).

Os búfalos vêm ganhando destaque na pecuária brasileira apresentando grande importância zootécnica tanto na produção de carne quanto na produção de leite e derivados. Tendo origem Asiática, os búfalos são divididos em duas variedades: búfalo leiteiro representados no Brasil pelas raças Murrah, Mediterrâneo e Jafarabadi e búfalos para produção de carne representados pela raça Carabao (AMARAL e ESCRIVÃO, 2005).

A qualidade do leite de búfala tem chamado a atenção de pesquisadores de vários países, principalmente no Brasil, sendo a produção leite a principal linha de interesse de exploração da cultura. Estudos tem buscado meios de melhorar a habilidade de produção dos búfalos juntamente com a qualidade do leite produzido, almejando melhores índices de retorno econômico (SILVEIRA, 2003).

Conhecer a produção de leite dos bubalinos é determinante para o sucesso econômico da cultura. Modelos estatísticos têm auxiliado o produtor a tomar decisões baseadas no comportamento fisiológico do animal e o comportamento do mesmo pela curva de lactação (SILVA et al., 2010).

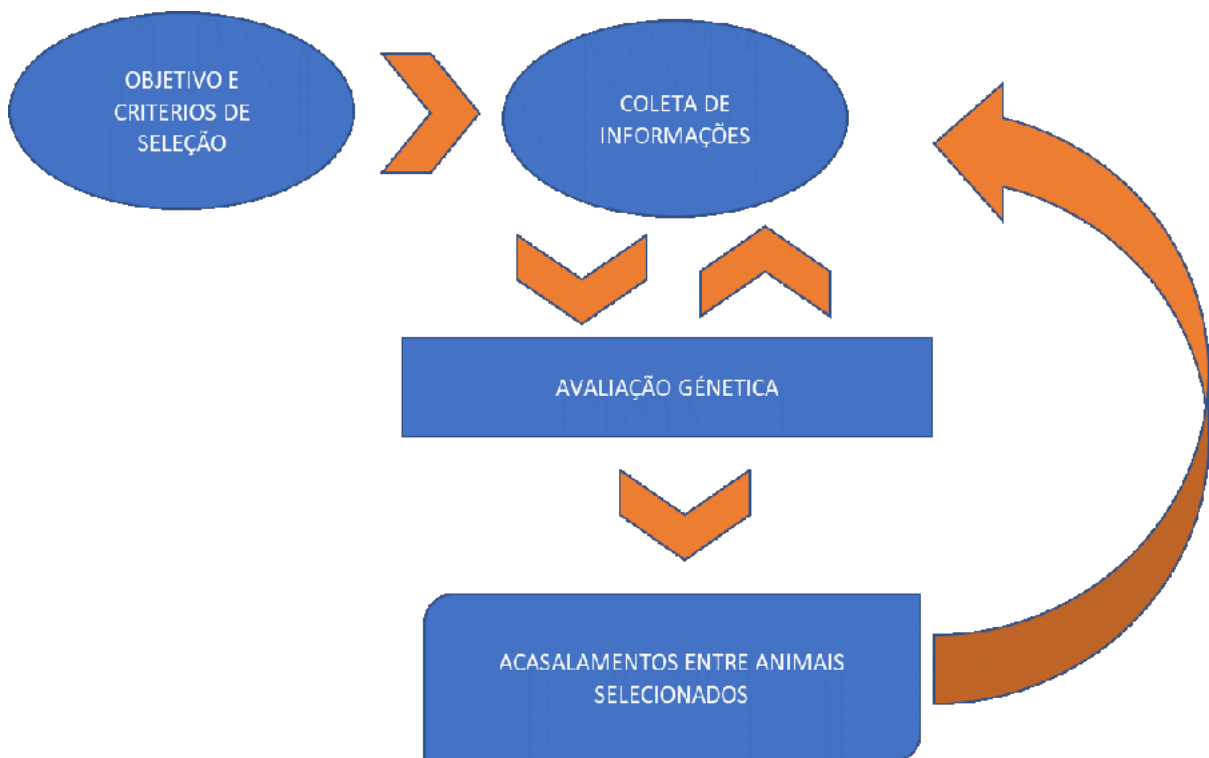
Tendo em vista a importância da produção de leite para o melhoramento de búfalos, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de estimar os coeficientes de herdabilidade para os parâmetros do modelo de Wood, assim como para as definições de produção e tempo no pico e persistência obtidos utilizando os parâmetros do modelo. Utilizando destas informações, também foram estimadas as correlações genéticas entre a produção de leite e os parâmetros estimados.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Programa de melhoramento genético

Um programa de melhoramento consiste em uma sequência de etapas complementares que se inicia com a definição do objetivo de seleção e finaliza com os acasalamentos entre os animais selecionados (Figura 1). Trata-se de um sistema de fluxo em duplo sentido, permitindo que informações de uma etapa possibilitem a correção também das informações em uma etapa anterior (KINGHORN et al., 2006).

**Figura 1 – Estrutura generalizada com múltiplas etapas de um programa de melhoramento animal.**



Em um programa de melhoramento animal a primeira etapa a ser definida são os objetivos e critérios de seleção. Por objetivo de seleção compreende a motivação base para a realização de um programa, sendo sua fundamentação de teor financeiro. O critério consiste nas características utilizadas para selecionar os animais e alcançar o objetivo estabelecido, sendo que para sua escolha é essencial considerar a herdabilidade, a correlação genética, facilidade de mensurar e peso econômico. Em geral, em búfalos leiteiros a principal característica utilizada como critério de seleção é a produção total de leite, em uma ou várias lactações (ASPILCUETA-BORQUIS et al., 2013).

Posterior a definição do objetivo e critério, procede-se a coleta das informações utilizadas para a predição do valor genético dos animais. Dentre as informações, a serem coletadas temos: a) registro de produção, e no caso mais especificamente controles leiteiros; b) registros de fatores que podem ser utilizados no modelo estatístico, tais como fazenda, ano e estação de parto e; c)

informações genealógicas, com definição de animal, pai e mãe. Após estudo de consistência das informações, procede-se a definição de um modelo genético e a estimação dos valores genéticos dos animais, utilizando das informações disponíveis (KINGHORN et al., 2006; CARNEIRO JUNIOR, 2019).

## 2.2 Ganho Genético

A seleção em um rebanho tem por finalidade aumentar na população, a frequência de alelos com finalidades favoráveis ao que deseja-se produzir. Isso se dá através da fixação de características de importância, a melhoria das características quantitativas depende da herdabilidade da mesma em questão e do diferencial de seleção. A seleção torna-se importante no âmbito do melhoramento genético, pois, possibilita alterar a frequência genica da população, aumentando a frequência de alelos desejáveis (EUCLIDES FILHO, 1999).

Ao se determinar uma estratégia de seleção em uma determinada espécie, o principal objetivo consiste em maximizar o ganho genético dos critérios de seleção propostos. Em uma forma básica de representação, o ganho genético pode ser expresso como (CRUZ, 2005):

$$\Delta G = \frac{i \sigma_g r_{AA}}{IG}$$

onde  $\Delta G$ ,  $i$ ,  $\sigma_g$ ,  $r_{AA}$  e  $IG$  representam o ganho genético esperado, a intensidade de seleção, o desvio-padrão genético, acurácia de seleção e intervalo de gerações, respectivamente.

A intensidade de seleção depende da proporção selecionada entre os indivíduos avaliados, sendo maior em machos que em fêmeas, devido a diferença na taxa reprodutiva entre os sexos. Em contra partida, praticamente a metade das fêmeas nascidas devem ser mantidas para reproduzir a população (PEROTTO, 2019).

A variabilidade genética ( $\sigma_g$ ) está diretamente ligada ao progresso genético que se pretende obter, ou seja, quanto maior a variabilidade genética maior a possibilidade de progresso genético. Para que se obtenha bons resultados, é essencial o controle do maior número de animais possível e utilizar material genético de outros programas (CARVALHEIRO, 2019).

A acurácia de seleção consiste em uma correlação entre o valor genético verdadeiro e o predito e considerada uma medida de confiabilidade da estimativa (CARNEIRO JUNIOR, 2019), sendo influenciado pela herdabilidade da característica, número de informações disponíveis e parentescos entre a fonte de informação e o animal avaliado (VAN VLECK, 1993).

Atualmente, a busca por formas de seleções mais eficientes e a potencialização do progresso genético, torna-se necessário a redução ao máximo do intervalo de gerações. O intervalo de geração ( $IG$ ) corresponde à idade média dos pais no nascimento da progênie

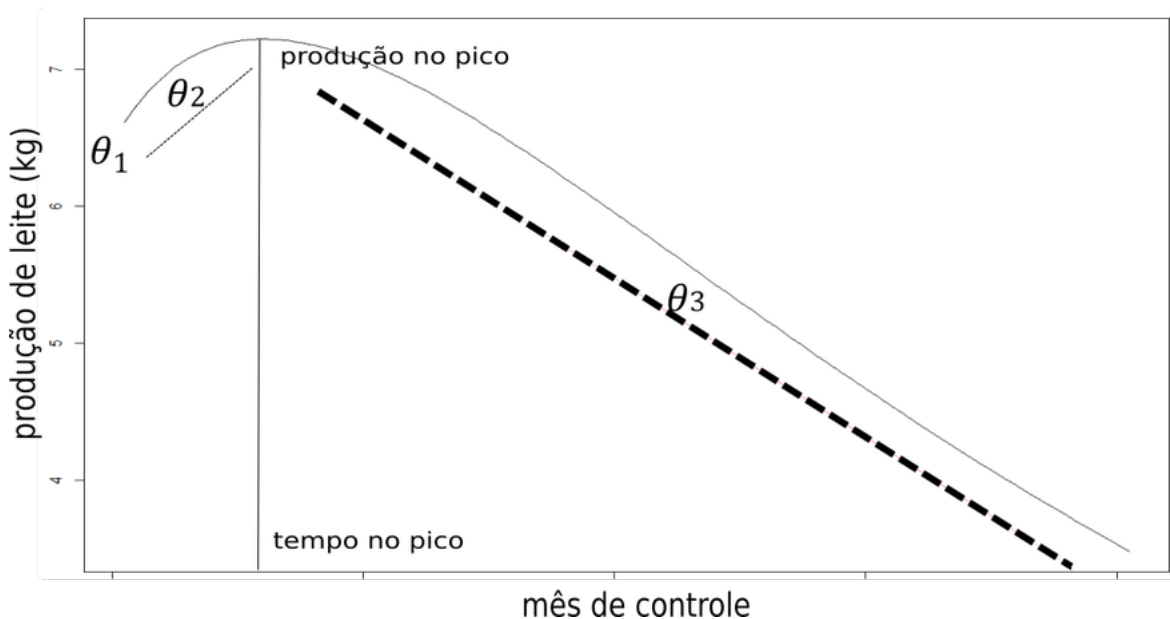


(MERCADANTE et al., 2004). Tendo em vista que o ganho genético anual para determinada característica é prejudicado a medida que os intervalos aumentam, é fundamental a redução do intervalo médio de gerações em um programa de melhoramento genético. Uma alternativa para a redução desse intervalo é a utilização de touros jovens geneticamente superiores (BONIFÁCIO et al., 2019).

### 2.3 Teoria da curva de lactação

A curva de lactação consiste na representação longitudinal dos controles leiteiros, que se inicia aos 5 dias (em virtude da produção de colostro) e se encerra no dia da secagem, seja ela natural ou artificial. As principais informações a serem obtidas do estudo da curva de lactação são o pico, persistência e duração da lactação (Figura 1). De forma simples, o pico consiste no controle onde ocorre a máxima produção de leite e a persistência compreende uma medida de decréscimo da produção após atingir o pico (MACCIOTA et al., 2011).

Figura 2 – Diagrama da curva de lactação



Fonte: adaptado de Macciota et al. (2011)

Dentre as características da curva de lactação uma das mais avaliadas é a persistência, em virtude da dificuldade de definição. Existem inúmeras definições para a persistência na lactação encontradas na literatura, dentre elas, a habilidade da vaca em manter alta produção de leite até o final da lactação; a dimensão em que o pico de produção é mantido; o número de dias em que um nível constante de produção de leite é mantido; e a habilidade de manter mais ou menos constante a produção de leite durante a lactação, sendo medida pela queda na produção a partir do pico na lactação (MELLO et al., 2014).

Alguns trabalhos têm comprovado que fatores ambientais tem influência direta sobre a curva de lactação, dentre eles estão, ano e estação de parto, idade da vaca ao parto, ordem de

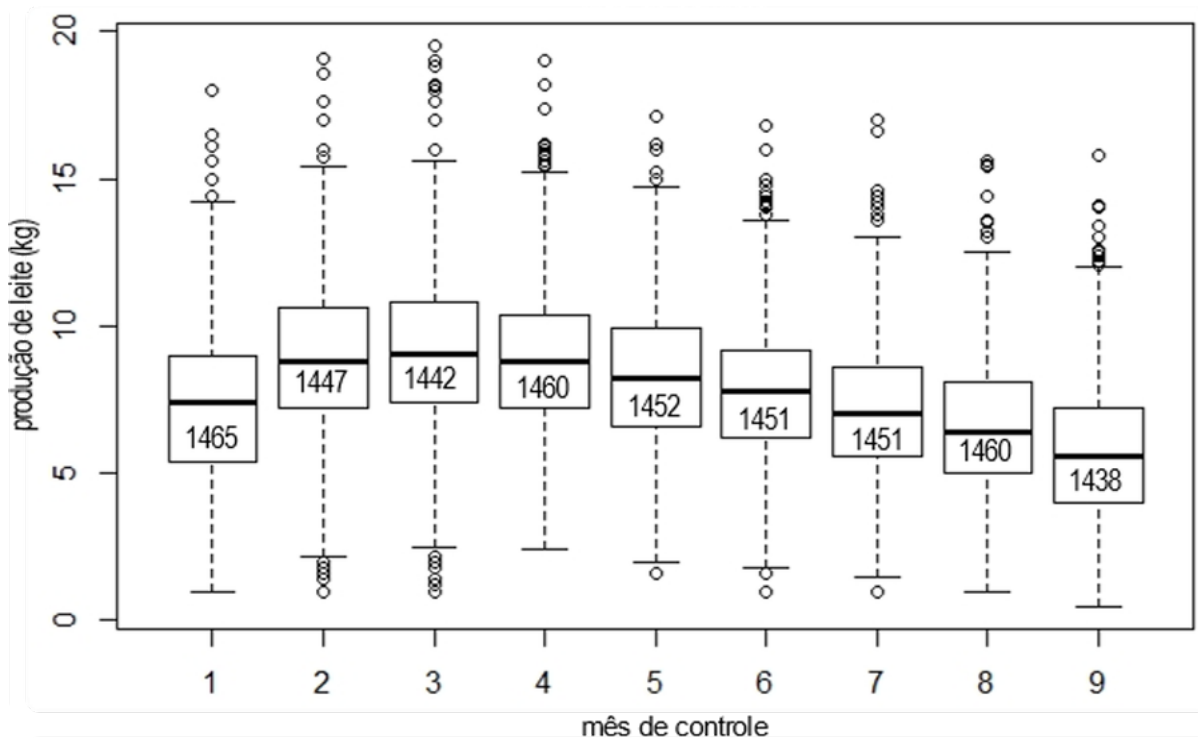
parto, período de serviço e duração da lactação são citados como os que mais afetam a produção inicial, a taxa de declínio da produção e a produção de leite total ( JUNQUEIRA et al., 1997).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido utilizando somente informações geradas utilizando métodos de simulação, não sendo necessária a aprovação do comitê de ética animal do IFGoiano. As análises foram geradas utilizando de computadores disponíveis na instituição.

Para a realização deste estudo, foram utilizados registros de controles diários das primeiras lactações de 1362 búfalas, coletados entre os anos de 2010 a 2016, de propriedades participantes do programa de controle leiteiro desenvolvido pela Unesp, campus de Jaboticabal. As produções de leite foram obtidas a partir do 5º dia de produção, sendo o primeiro controle considerando até o 45º dia após o parto. As idades ao parto das búfalas foram consideradas de 24 até 40 meses. Grupos contemporâneos foram definidos por fazenda, ano e estação de parto dos animais. Registros fora do intervalo entre 3,5 desvios padrão de suas médias de grupo contemporâneas foram removidos. Após as consistências aplicadas, a estrutura do banco de dados utilizados nas análises encontra-se representada na Figura 3.

**Figura 3 – Estrutura dos banco de dados utilizado para a estimação das curvas de lactação em búfalas (valores representam o número de registros após a consistência).**



Para ajustar as curvas de lactação, utilizou-se o modelo Wood:

$$y_t = \theta_1 t^{\theta_2} \exp^{-\theta_3 t}$$

onde  $y_{ij}$  representa a produção de leite no controle no  $t^{\text{sim}}$  mês;  $\vartheta I$  representa a

produção inicial da lactação, tende a aumentar com parto ou de acordo com o nível de produção;  $\vartheta_2$  controla a taxa de aumento até o pico de lactação e;  $\vartheta_3$  expressa a taxa de declínio após o pico (MACCIOTA et al., 2011).

Os seguintes aspectos do modelo não-linear misto foram considerados:

$$y_{ij} = f(y_i, x_{ij}) + g(y_i, g, x_{ij})e_{ij}$$

$$y_i = H(m, c_i, \pi_i)$$

onde  $y_{ij}$  é a  $j^{sima}$  observação referente ao  $i^{simo}$  animal;  $f$  e  $g$  indicam sendo funções;  $x_{ij}$  é a variável dependente (meses);  $H$  é a função que descreve o modelo de covariável;  $c_i$  é um vetor de covariáveis conhecidas;  $\mu$  e  $\pi_i$  são vetores desconhecidos fixos e aleatórios dos parâmetros, respectivamente;  $\varepsilon_{ij}$  representa o resíduo e;  $\gamma$  é um vetor de parâmetros relacionados à estrutura de variância residual usada.

A estimação dos parâmetros dos modelos não-lineares mistos foi realizada utilizando o pacote Saemix (COMETS et al., 2017), onde é implementado o algoritmo Expectation Maximization (EM) com aproximação estocástica, proposto por Kuhn & Lavielle (2005). O pacote Saemix utiliza as seguintes estruturas de variação residual: a) constante; b) proporcional; c) combinado; e d) exponencial. O critério de informação bayesiano (BIC) proposto por Schwarz (1978) foi utilizado para comparar as funções:

$$BIC = -2\log l_M(y; \theta) + \log(N)^P$$

onde,  $P$  é o número total de parâmetros a serem estimados;  $N$  representa o número de indivíduos, como sugerido por Kass & Raftery (1995) para modelos mistos;  $l_M(y; \theta)$  indica a função de verossimilhança, considerando aqui o método de aproximação por linearização. Entre as funções residuais, a utilizando estrutura combinada foi selecionada.

Os componentes de variância foram estimados simultaneamente para as sete características por uma abordagem bayesiana com amostragem de Gibbs sob um modelo animal multi-características, usando o programa GIBBS2F90 (MISZTAL et al., 2019). O modelo pode ser representado da seguinte forma:

$$y = X\beta + Za + \varepsilon$$

onde  $y$ ,  $\beta$ ,  $a$  e  $\varepsilon$  são vetores de observações, soluções para efeitos fixos (grupos contemporâneos e sexo), soluções para efeitos aleatórios genéticos aditivos e efeitos aleatórios residuais, respectivamente;  $X$  e  $Z$  são matrizes de incidência que associam os vetores  $\beta$  e  $a$  ao vetor de observações  $y$ . As suposições sobre expectativas e variações foram:

$$E \begin{bmatrix} y \\ a \\ \varepsilon \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Xb \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \text{ and } V \begin{bmatrix} a \\ \varepsilon \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G \otimes A & 0 \\ 0 & R \otimes I \end{bmatrix}$$

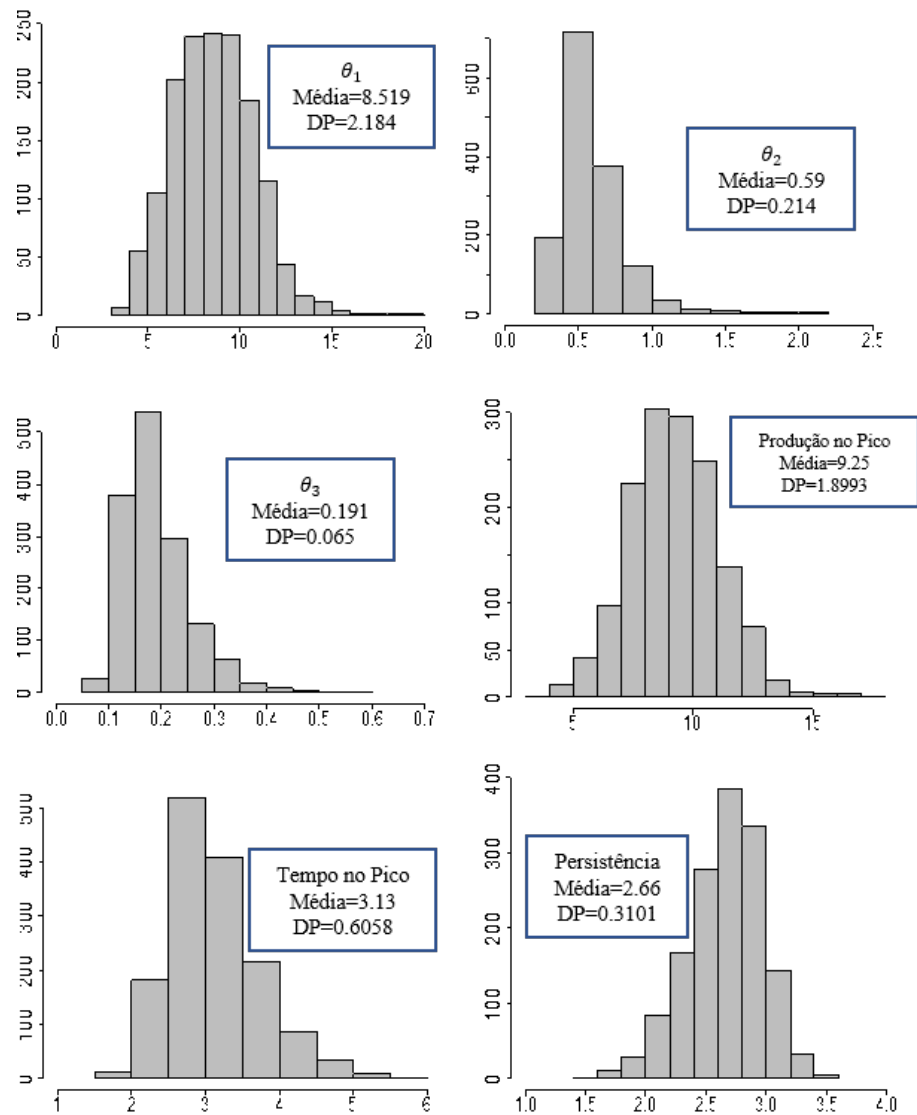
onde  $G$  é a matriz de (co)variância genético-aditiva,  $A$  é a matriz de parentesco,  $R$  é a matriz de (co)variância residual entre as características e  $I$  representa uma matriz de identidade. Um total

de 650000 amostras foram geradas, das quais as primeiras 150000 iterações foram descartadas (burn-in) da análise, e a cada 50 iterações uma amostra foi coletada (intervalo de afinamento). O programa POSTGIBBS1F90 (MISZTAL et al., 2019) e o pacote BOA (SMITH, 2007), disponíveis na versão R 3.4.3 (R CORE TEAM, 2018), foram utilizados para análise pós-Gibbs. A convergência foi verificada pelos métodos de Heidelberger e Welch (1983) e Geweke (1992).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Trabalhando com informações de búfalos no Irã, Houssein-Zadeh et al. (2016), descreve para os parâmetros  $\vartheta_1$ ,  $\vartheta_2$  e  $\vartheta_3$  estimativas de 5,42, 0,0968 e 0,001520, utilizando informações de primeira lactação, utilizando controles diários. Şeahin et al. (2015), descrevem estimativas inferiores para o parâmetro  $\vartheta_1$  (5,36), mas similares para os demais parâmetros (0,58 e 0,23).

**Figura 4 – Distribuições das estimativas individuais dos parâmetros de Wood ( $\vartheta_1$ ,  $\vartheta_2$  e  $\vartheta_3$ ), da produção no pico, tempo do pico e persistência, obtidas em modelo não-linear misto.**



Para a população estudada, foram obtidos os valores de 9,248 kg para o pico de produção (PP), 3,125 meses para o tempo de pico (TP) e 2,655 meses para a persistência da lactação (P). O pico de produção descrita para essa população ocorre no terceiro mês, e em termos diários está próxima a 75 dias (Figura 4), é maior que a descrita por Houssein-Zadeh et al. (2016) aos 64 dias. No entanto, o valor é próximo ao obtido por Şeahin et al. (2015), que ficou perto de 80 dias de lactação. Em relação à persistência da lactação, os valores foram próximos aos descritos por Şeahin et al. (2015) com búfalos (2,45) e por Bangar e Verma (2017) com bovinos Gir (2,60).

Comparando os resultados obtidos e os estudos da literatura, verificamos que os animais do presente estudo maior nível de produção, porém os animais mantiveram o nível de produção de leite em menor tempo, o que pode ser atribuído a também aspectos genéticos em virtude da diferença de raças.

Sobre a distribuição dos parâmetros individuais estimados (Figura 4), é possível verificar que os parâmetros  $\vartheta_2$  e  $\vartheta_3$  apresentam os menores desvios da normalidade e maiores variação, com coeficientes de variação superiores a 30%. O tempo de pico e a persistência de lactação foram as características que apresentaram a menor dispersão entre as estimativas (valores de coeficiente de variação de 12 e 19%), indicando maior dificuldade de seleção dos animais para estas características, em virtude da menor variação entre os indivíduos.

As estimativas de herdabilidade (Tabela 1) apresentaram magnitude baixa, com valores entre 0,146 (parâmetro  $\vartheta_2$ ) e 0,311 (produção de leite). Os valores apresentados indicam que os maiores ganhos genéticos podem ser alcançados pelas características PL,  $\vartheta_1$  e PP, tendo em vista a maior influência do efeito genético aditivo. Os valores de herdabilidade descritos para os parâmetros  $\vartheta_1$  e  $\vartheta_3$  da curva de Wood neste estudo, foram similares ao descrito por Rekaya et al. (2000), em bovinos da raça Holandesa: 0,23 e 0,17, respectivamente. Entretanto, o valor descrito para o parâmetro  $\vartheta_2$  foi inferior ao descrito por este autor: 0,36. Em ovelhas leiteiras, Chang et al. (2001), descreve estimativas de herdabilidade superiores aos encontrados neste estudo: 0,35, 0,35 e 0,27 para os parâmetros  $\vartheta_1$ ,  $\vartheta_2$  e  $\vartheta_3$ , respectivamente.

**Tabela 1 – Médias e intervalos de alta densidade (entre parênteses) para as distribuições a posteriores das estimativas de herdabilidade (diagonal) e correlações genéticas (out-diagonal) para características de lactação em búfalas leiteiras.**

	PL	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_3$	PP	TP	P
PL	0,311 (0,200 0,428)	0,866 (0,759 0,957)	-0,653 (-0,883 -0,382)	-0,704 (-0,903 -0,491)	0,973 (0,949 0,993)	<b>-0,121</b> <b>(-0,488 0,257)</b>	0,451 (0,144 0,726)
$\theta_1$		0,216 (0,110 0,316)	-0,671 (-0,914 -0,414)	-0,459 (-0,772 -0,126)	0,902 (0,827 0,969)	-0,560 (-0,809 -0,283)	<b>0,018</b> <b>(-0,367 0,4119)</b>
$\theta_2$			0,146 (0,063 0,234)	0,838 (0,669 0,961)	-0,533 (-0,827 -0,211)	0,350 (0,0081 0,7014)	-0,382 (-0,747 -0,005)
$\theta_3$				0,189 (0,097 0,290)	-0,544 (-0,819 -0,239)	<b>-0,169</b> <b>(-0,538 0,236)</b>	-0,810 (-0,929 -0,667)
PP					0,280 (0,174 0,393)	<b>-0,185</b> <b>(-0,546 0,193)</b>	<b>0,303</b> <b>(-0,022 0,649)</b>
TP						0,154 (0,070 0,246)	0,698 (0,446 0,891)
P							0,187 (0,092 0,282)

PL: produção de leite;  $\vartheta_1$ ,  $\vartheta_2$  e  $\vartheta_3$ : parâmetros do modelo de Wood; PP e TP: produção e tempo do pico; P: persistência da lactação

As correlações genéticas (Tabela 1) apresentaram magnitudes de baixa a alta, variando

entre -0,810 ( $\vartheta_3$  com P) a 0,902 ( $\vartheta_1$  com PP), sendo que maioria das estimativas se apresentaram significativas estatisticamente. Hernandez et al. (2014) trabalhando com ovelhas relataram correlações genéticas entre os parâmetros da curva similares aos obtidos no presente estudo, sendo -0,649, -0,416 e 0,766 para  $\vartheta_1$  com  $\vartheta_2$ ,  $\vartheta_1$  com  $\vartheta_3$ , e  $\vartheta_2$  com  $\vartheta_3$ , respectivamente.

Esses resultados indicam que búfalas que possuem um nível inicial de rendimento ( $\vartheta_1$ ) mais alto atingiram o pico mais rápido (corroborando com a correlação entre a e TP, -0,560) e depois apresentaram uma taxa menor de declínio ( $\vartheta_3$ ), do que animais com baixo rendimento inicial. A P foi negativamente correlacionada com c e positivamente correlacionada com a. Boujenane e Hilal (2012) relataram correlações genéticas superiores e similares para P com  $\vartheta_1$  (-0,32) e com  $\vartheta_3$  (-0,80), respectivamente para vacas Holandesas-Friesian.

Considerando a produção de leite como principal critério de seleção e estimativas de herdabilidade e correlação genética, verificamos que a seleção para PL promoverá mudanças significativas em  $\vartheta_1$  e PP. Mas notamos que mudanças menores serão promovidas na forma da curva, uma vez que estimativas de correlação genética com os parâmetros  $\vartheta_2$  e  $\vartheta_3$  apresentam magnitudes moderadas.

Pico de tempo e persistência da lactação são dois aspectos da curva de lactação de grande importância em uma fazenda leiteira, e estimativas de correlação genética com produção de leite indicam uma possível independência (considerando os intervalos de alta densidade - Figura 3) e menores ganhos genéticos indiretos. Do ponto de vista bioeconômico, deve-se procurar selecionar animais com curvas de lactação com pico de produção moderado e maior persistência da lactação. Em relação ao tempo do pico (PT), a seleção de animais com picos tardios pode ser utilizada para reduzir o estresse e permitir que as reservas corporais sejam utilizadas mais lentamente. Assim, uma alternativa seria a introdução dessas características como um critério de seleção auxiliar, usando um índice de seleção (FERRIS et al., 1985; GROOSMAN e KOOPS, 2003).



## 5 CONCLUSÕES

Por meio dos resultados apresentados, pode-se concluir:

- a) O modelo de Wood associado à métodos de estimação empregando modelos não lineares mistos permitiu a estimação precisa de parâmetros individuais para serem utilizados em avaliação genética;
- b) Os parâmetros da curva possuem valores de herdabilidade que permitem ganhos genéticos por seleção;
- c) A seleção para a produção de leite promove ganhos genéticos altos na produção no pico e moderadas na persistência dos animais.

## 6 REFERÊNCIAS

- AMARAL, F. R.; ESCRIVÃO, S. C. Aspectos relacionados à búfala leiteira. **Rev. Bras. Reprod. Anim.**, v.29, n.2, p.111-117. 2005.
- ASPILCUETA-BORQUIS RR, ARAUJO NETO FR, BALDI F, HURTADO-LUGO NA, CAMARGO GMF, MUNOZ-BERROCAL M, TONHATI H. Multiple-trait random regression models for the estimation of genetic parameters for milk, fat, and protein yield in buffaloes. **Journal of Dairy Science**, 96, 5923-6023. 2013.
- BANGAR Y.C.; VERMA M. R. Non-linear modelling to describe lactation curve in Gir crossbred cows. **Journal of Animal Science and Technology**, v.59, p.3, 2017.
- BERNARDES O. Produção de Búfalas Leiteiras. In: IV SIMPÓSIO NACIONAL DE BOVINOCULTURA LEITEIRA (SIMLEITE), 2013, Viçosa – Mg. **Anais do IV Simpósio Nacional de Bovinocultura Leiteira (SIMLEITE)**. Viçosa – Mg: Alambarrari, 2013. p. 279 - 316.
- BONIFÁCIO, A.; LEITE, J.; RAYMUNDO, A.; FARIA, L.C.; LÔBO, R.B. **Progresso genético e intervalo de gerações na raça Brahman no Brasil**. Disponível em: <<http://www.beefpoint.com.br/cadeia-produtiva/dicas-desucesso/fatores-que-afetam-o-progresso-genetico-do-rebanho-73289/>>. Acesso em: 15 de junho 2019.
- BOUJENANE, I.; HILAL, B. Genetic and non-genetic effects for lactation curve traits in Holstein-Friesian cows. **Archives Animal Breeding**, v.5, p.450-457, 2012.
- CARNEIRO JUNIOR JM. **Melhoramento Genético Animal**. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/173036/1/22908.pdf>>. Acesso em: 19 de janeiro de 2019.
- CARVALHEIRO, R. **Fatores que afetam o progresso genético no rebanho**. 2011. Disponível em: <<http://www.beefpoint.com.br/cadeia-produtiva/dicas-de-sucesso/fatores-que-afetam-o-progresso-genetico-do-rebanho-73289/>>. Acesso em: 17 de junho de 2019.
- CRUZ CD. **Princípios de genética quantitativa**. UFV: Viçosa. 2005. 394 p.
- CHANG, Y.M.; REKAYA, R.; GIANOLA, D.; THOMAS, D. L. Genetic variation of lactation curves in dairy sheep: a Bayesian analysis of Wood's function. **Livestock Production Science**, v.71, p.241-251, 2001.
- COMETS E, LAVENU A; LAVIELLE M. Parameter Estimation in Nonlinear Mixed Effect Models Using Saemix, an R Implementation of the SAEM Algorithm. **Journal of Statistical Software**, 80, 1 – 41, 2017.
- EUCLIDES FILHO K. **Melhoramento genético animal no Brasil: fundamentos, história e importância**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 1999. 63p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 75).

- FERRIS TA, MAO IL, ANDERSON CR. Selecting for lactation curve and milk yield in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, 68, 1438-1448. 1985.
- GEWEKE J. Evaluating the accuracy of sampling-based approaches to the calculation of posterior moments. **Bayesian Statistics 4**, Oxford: Oxford University Press. 1992. 31 p.
- GROSSMAN, M.; KOOPS, W. J. Modeling extended lactation curves of dairy cattle: A biological basis for the multiphasic approach. **Journal of Dairy Science**, v.86. p. 988-998, 2003.
- HEIDELBERGER P, WELCH PD. Simulation run length control in the presence of an initial transient. **Operations Research** 31, 1109–1144. 1983.
- HERNÁNDEZ, J.C.A.; ORTEGA O.C.; PORTILHO, B.A.; MONTALDO, H.H.; RONQUILLO, M. G. Application of the Wood model to analyse lactation curves of organic dairy sheep farming. **Animal Production Science**, v.54, p.1609-1614, 2014.
- HOUSSEIN-ZADEH, N.G. Comparison of non-linear models to describe the lactation curves for milk yield and composition in buffaloes (*Bubalus bubalis*). **Animal**, v.10, p. 248-261, 2016.
- JUNQUEIRA, L.V., NEIVA, R.S., VEIGA, R.D. et al. 1997. Estudo das curvas de lactação de vacas Holandesas de alguns rebanhos do Estado de Minas Gerais, por intermédio de uma função gama incompleta. *R. Soc. Bras. Zootec.*, 26(6):1109-1118.
- KASS RE, RAFTERY AE. Bayes factors. **Journal of the American Statistical Association**, 90, 773-795. 1995.
- KINGHORN B, VAN DER WERF J, RYAN M. **Melhoramento animal: uso de novas tecnologias**. FELAQ: Piracicaba. 2006. 367 p.
- KUHN E, LAVIELLE M. Maximum likelihood estimation in nonlinear mixed effects models. **Computational Statistics & Data Analysis**, 49, 1020-1038. 2005.
- MACCIOTA, N. P. P.; DIMAURO, C.; RASSU, S. P. G.; STERI, R.; PULINA, G. The mathematical description of lactation curves in dairy cattle. **Italian Journal of Animal Science**, v.10, p.213-223, 2011.
- MELLO RRC, FERREIRA JE, MELLO MRB. Persistência na lactação em bovinos. **Agropecuária científica no semiárido**, v10, p.18-22. 2014.
- MERCADANTE, M.E.Z.; RAZOOK, A.G.; CYRILLO, J.N.S.G.; FIIGUEIREDO, L.A. Programa de seleção da Estação Experimental de Zootecnia de Sertãozinho: resultados de pesquisas, sumário de touros Nelore. **Boletim Científico** 12. Nova Odessa. 2004.
- MISZTAL I, TSURUTA S, STRABEL T, AUVRAY B, DRUET T, LEE DH. **BLUPF90 and related programs (BGF90)**. Disponível em: <<http://nce.ads.uga.edu/wiki/doku.php>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2019.
- PEROTTO D.; **Raças e cruzamentos na produção de bovinos de corte**. Apostila. 2000. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/90849614/RACAS-E-CRUZAMENTOS-NA-PRODUCAO>>

DE-BOVINOS-DE-CORTE>. Acesso em: 18 de Junho de 2019.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Disponível em:<  
<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2019.

REKAYA, R.; CARABANO, M. J.; TORO, M. A. Bayesian analysis of lactation curves of Holstein-Friesian cattle using a nonlinear Model. **Journal of Dairy Science**, v.83, p. 2691-2701, 2000.

SCHWARZ G. Estimating the dimension of a model. **The Annals of Statistics**, 6, 461-464. 1978.

SMITH B.J. Boa: An R Package for MCMC output convergence assessment and posterior inference. **Journal of Statistical Software**, v.21, p 1-37. 2007.

ŞEAHIN, A.; ULUTAŞ, Z.; ARDA, Y.; YÜKSEL, A., SERDAR, G. Lactation Curve and Persistency of Anatolian Buffaloes. **Italian Journal of Animal Science**, v.14: 2, 2015.

SILVA MMA, BARROS NAMT, RANGEL AHN, FONSECA FCE, VELOSO JÚNIOR F, LIMA JÚNIOR DM. Persistência da lactação em búfalas da raça Murrah (*Bubalus bubalis*) exploradas no agreste do Rio Grande do Norte. **Acta Veterinária Brasileira**, Rio Grande do Norte, v. 4, p.286-293. 2010.

SILVEIRA, A. C. Os bubalinos na produção leiteira/Melhoramento Genético, Seleção e Cruzamento. Contribuição ao Estudo dos Bubalinos. Período de 1972 – 2001. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu. Universidade Estadual Paulista. Palestras: Botucatu. 289-94, 2003.

VAN VLECK LD. **Selection Index and Introduction to Mixed Model Methods**. CRC Press, 1993. 512 p.