

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ESTRUTURA POPULACIONAL E ESTIMAÇÃO DE  
PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS  
ASSOCIADAS AO DESEMPENHO REPRODUTIVO EM  
BOVINOS DA RAÇA CARACU**

**Alejandro Barrera Carvajal**

Médico Veterinário Zootecnista

2017

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ESTRUTURA POPULACIONAL E ESTIMAÇÃO DE  
PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS  
ASSOCIADAS AO DESEMPENHO REPRODUTIVO EM  
BOVINOS DA RAÇA CARACU**

**Alejandro Barrera Carvajal**

**Orientador: Prof. Dr. Danísio Prado Munari**

**Coorientadoras: Dra. Claudia Cristina Paro de Paz**

**Dra. Natalia Vinhal Grupioni**

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

**2017**

B272e Barrera Carvajal, Alejandro Barrera Carvajal  
Estrutura populacional e estimação de parâmetros genéticos para características associadas ao desempenho reprodutivo em bovinos da raça Caracu / Alejandro Barrera Carvajal. -- Jaboticabal, 2017  
XII, 61 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2017

Orientador: Danísio Prado Munari

Coorientadoras: Cláudia Cristina Paro de Paz, Natalia Vinhal  
Grupioni

Banca examinadora: Rodrigo Pelicioni Savegnago, Joslaine Noely  
dos Santos Gonçalves Cyrillo

Bibliografia

1. Bovinos de corte. 2. Parâmetros genéticos. 3. Parâmetros  
populacionais. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias  
e Veterinárias.

CDU 636.082:636.2

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –  
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ESTRUTURA POPULACIONAL E ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS ASSOCIADAS AO DESEMPENHO REPRODUTIVO EM BOVINOS DA RAÇA CARACU

**AUTOR: ALEJANDRO BARRERA CARVAJAL**

**ORIENTADOR: DANISIO PRADO MUNARI**

**COORIENTADORA: NATALIA VINHAL GRUPIONI**

**COORIENTADORA: CLAUDIA CRISTINA PARO DE PAZ**

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



Pós-doutoranda NATALIA VINHAL GRUPIONI  
Departamento de Ciências Exatas / FCAV / UNESP - Jaboticabal

  
Pesquisadora Dra. JOSLAINE NOELY DOS SANTOS GONÇALVES CYRILLO  
Diretoria / IZ / APTA - Serfãozinho/SP

  
Pós-doutorando RODRIGO PELICIONI SAVEGNAGO  
Departamento de Ciências Exatas / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 27 de julho de 2017

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**ALEJANDRO BARRERA CARVAJAL** – Nascido em 15 de maio de 1993, na cidade de Florencia, Caquetá–Colômbia, filho de Carlos Julio Barrera Lara e Marleny Carvajal Salinas. Iniciou o curso de Medicina Veterinária e Zootecnia na Universidad de la Amazonia, UDLA em março de 2011, localizada na cidade de Florencia, Caquetá – Colômbia. No período de agosto a dezembro de 2015, realizou o estágio curricular obrigatório no Departamento de Ciências Exatas da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de Jaboticabal, sob orientação do Prof. Dr. Danísio Prado Munari. Em fevereiro de 2016, defendeu o trabalho de conclusão de curso, intitulado: Estimação de parâmetros genéticos para peso corporal e perímetro escrotal em bovinos da raça Nelore, sob supervisão do Prof. Dr. Danísio Prado Munari, obtendo assim, o título de Médico Veterinário Zootecnista. Em março do mesmo ano, ingressou no curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento Animal, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de Jaboticabal. No mestrado foi orientado pelo Prof. Dr. Danísio Prado Munari, Dra. Cláudia Cristina Paro de Paz e Dra. Natalia Vinhal Grupioni, sendo bolsista CAPES no período de março de 2016 a julho de 2017.

**“Meus sonhos sempre foram maiores que os meus medos, por isso a maioria dos meus objetivos foram alcançados”**

**“A única maneira de fazer um bom trabalho é amando o que você faz. Se você ainda não o encontrou, continue procurando. Não se desespere. Assim como no amor, você saberá quando tiver encontrado”.**

**Steve Jobs**

## **Dedico**

**Aos meus pais Carlos Julio e Marleny,  
A meus irmãos, sobrinhos e demais familiares.**

## AGRADECIMENTOS

A **Deus**, por nunca me abandonar, por me fortalecer na fé e me conceder o dom da sabedoria, sendo essencial nesta etapa profissional de minha vida. Na parte final da realização deste trabalho, passei por momentos difíceis, nos quais o **Senhor** me deu capacidade de superar esta e outras situações.

Agradeço aos meus Pais **Carlos Julio Barrera Lara** e **Marleny Carvajal Salinas**, por sempre acreditarem em mim, por suas orações e palavras que me fortalecerem e por todos os momentos maravilhosos que passamos juntos. Sou eternamente grato pela confiança a mim depositada, me deixando vir ao Brasil, e assim poder realizar o sonho de ser mestre. Vocês são exemplo de vida para mim!

Aos meus irmãos **Carlos Julio**, **Alexander** e **Andres**, por me ajudar em situações onde sempre precisei de um conselho de irmão e por corrigir coisas na minha vida.

As minhas irmãs **Alexandra** e **Nidia Patricia**, por me ajudar a crescer pessoalmente e profissionalmente. Vocês me ajudaram muito e por isso são parte fundamental da obtenção deste título.

À família por parte da minha mãe, os **Carvajal Salinas**, por sempre me apoiar, oferecer conselhos, ajuda em situações difíceis, e também pelo apoio financeiro.

À família por parte do meu pai os **Barrera Lara**, por sempre perguntar como estavam indo minhas atividades acadêmicas, especialmente agradeço a minha tia **Amelia** e **Tutu**.

Meus singelos agradecimentos ao Prof. Dr. **Danísio Padro Munari**. Professor, você foi meu pai aqui no Brasil! Agradeço pela sua confiança, por acreditar em seu primeiro orientado estrangeiro e por tudo o que você fez por mim.

A minha coorientadora a **Dra. Natalia Vinhal Grupioni**, por ter paciência, por me orientar durante o mestrado e parte do estágio e pela ajuda nas correções da dissertação. Você é parte importante e fundamental deste trabalho.



Aos meninos da **Republica TôaTôa**, Urutau, Zótro, Gorfinho, Beiby, Pisku, Fu-ssim, Roli, Feice, Staile, Nu-dés, Artorese, Já-peguei, Bujão, Tadin, Pablo, Mama-mia, Decreto, Divorcio, Difere, por me acolher, oferecer sua amizade e permitir fazer parte da melhor família que poderia achar no Brasil. Vocês são meus amigos e irmãos.

As meninas da Colômbia que moram em Jaboticabal, especialmente a **Jessica, Diana, Erika, Ana e Clara**, vocês meninas ajudarem muito, oferecerem para mim alegrias, risos, felicidade. Muito obrigado pela amizade!

Aos meus companheiros e amigos do **Departamento de Ciências Exatas**: Rodrigo, Guilherme, Marcus, Priscila, Leticia, Jaque, Ana, Thiago, Rafael, Rebeqa, Luara, Tati, Salvador, Nedenia e Elisandra. Agradeço pelas orientações, ensinamentos, conselhos, boas conversas e cafés, compartilhados durante toda a realização deste trabalho.

As meus amigos da Colômbia **Victor, Diana e Ingrid**, meninos vocês sempre me apoiarem quando mais precisei, foram muitas horas de conversa, de escuta e conselhos através de mensagens, chamadas e vídeo-ligações.

Aos membros da **banca de qualificação**, Dr. Danísio Prado Munari, Dra. Elisandra Lurdes Kern e Dr. Rodrigo Pelicioni Savegnago por colaborarem com suas sugestões, as quais foram feitas de maneira minuciosa, para a execução de um excelente trabalho.

Aos membros da **banca de dissertação**, Dra. Natalia Vinhal Grupioni, Dr. Rodrigo Pelicioni Savegnago e Dra. Joslaine Noely dos Santos Gonçalves Cyrillo, por toda a atenção e sugestões que oferecerem para a melhoraria final da dissertação.

Ao **IZ** - Instituto de Zootecnia e a **Dra. Claudia Cristina Paro de Paz**, por terem cedido gentilmente o banco de dados para a realização deste trabalho.

À **CAPES**, pela bolsa de Mestrado concedida.

**Muito obrigado!**

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS</b> .....	1
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1 A raça Caracu .....	3
2.2 Análises de pedigree.....	4
2.3 Perímetro escrotal .....	5
2.4 Idade ao primeiro parto (IPP) .....	6
2.5 Pesos corporais .....	8
2.5.2 Peso ao primeiro parto (PPP) .....	9
3. REFERÊNCIAS.....	10
<b>CAPÍTULO 2 – ESTRUTURA POPULACIONAL DA RAÇA CARACU POR MEIO DE ANÁLISE DE PEDIGREE</b> .....	17
1. INTRODUÇÃO .....	19
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
2.1 Descrição do Instituto.....	20
2.2 Descrição dos dados.....	21
2.3 Coeficiente de endogamia .....	21
2.4 Tamanho efetivo ou número efetivo da população .....	22
2.5 Coeficiente médio de parentesco.....	22
2.6 Integridade de pedigree .....	22
2.7 Número efetivo de fundadores .....	23
2.8 Número efetivo de ancestrais .....	23
2.9 Intervalo de gerações.....	24
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	24
3.1 Análises de registros de nascimento.....	24

3.2	Número efetivo de fundadores ( $f_e$ ), número efetivo de ancestrais ( $f_a$ ) e razão entre número efetivo de fundadores e o número efetivo de ancestrais.....	25
3.3	Tamanho efetivo da população.....	27
3.4	Intervalos de gerações.....	32
3.5	Coeficiente de endogamia (F) e parentesco médio (AR).....	33
3.6	Integridade do pedigree.....	35
4.	CONCLUSÕES.....	38
5.	REFERÊNCIAS.....	38
<b>CAPITULO 3. ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE INTERESSE ECONÔMICO EM BOVINOS DA RAÇA CARACU.....</b>		
1.	INTRODUÇÃO.....	43
2.	MATERIAL E MÉTODOS.....	44
2.1	Descrição dos dados.....	44
2.2	Organização dos arquivos de dados.....	44
2.3	Estimação dos componentes de variância.....	44
3.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	46
3.1	Estatísticas descritivas.....	46
3.2	Estimação de parâmetros genéticos.....	49
3.2.1	Estimativa de herdabilidade.....	49
3.2.2	Correlações genéticas.....	52
3.2.3	Correlações fenotípicas.....	53
3.2.4	Correlações ambientais.....	53
4.	CONCLUSÕES.....	54
5.	REFERÊNCIAS.....	54
6.	APÊNDICES.....	59

## LISTA DE ABREVIACÕES

Coeficiente de endogamia ( $\Delta F$ )

Coeficiente de endogamia considerando apenas os animais endogâmicos (**FC**)

Coeficiente de parentesco médio (**AR**)

Diferenças esperadas na progênie (**DEPs**)

Estimativa de herdabilidade ( $h^2$ )

Idade ao primeiro parto (**IPP**)

Instituto de Zootecnia (**IZ**)

Intervalo de gerações (**IG**)

Método de máxima verossimilhança restrita (**REML**)

Número efetivo de ancestrais (**fa**)

Número efetivo de fundadores (**fe**)

Perímetro escrotal aos 378 dias (**PE378**)

Peso da vaca ao primeiro desmama (**PPD**)

Peso ao primeiro parto (**PPP**)

Porcentagem de indivíduos endogâmicos (**POR**)

Peso da entrada na primeira estação de monta (**PEP**)

Peso da saída na primeira estação de monta (**PSP**)

Tamanho efetivo (**Ne**)

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 2

<b>Tabela 2.1.</b> Parâmetros populacionais de uma população de bovinos da raça Caracu.....	26
<b>Tabela 2.2.</b> Número médio de gerações, incremento de endogamia e tamanho efetivo por tipo de geração considerada .....	29
<b>Tabela 2.3.</b> Número de gerações máximas em bovinos Caracu.....	30
<b>Tabela 2.4.</b> Número de gerações completas em bovinos Caracu.....	31
<b>Tabela 2.5.</b> Via de passagem gamética para a média do intervalo de gerações (anos).....	32
<b>Tabela 2.6.</b> Vias de passagem gaméticas para a média da idade dos pais em anos ao nascimento da progênie. ....	33
<b>Tabela 2.7.</b> Porcentagem de integridade do pedigree para cada um dos graus de parentesco. ....	36

### CAPÍTULO 3

<b>Tabela 3.1.</b> Número de animais (N), médias, desvios-padrão (DP), valores mínimos (Mín) e máximos (Máx) observados, coeficientes de variação (CV%) e número de categorias dos efeitos fixos por ano (EF), para as características estudadas em uma população de bovinos da raça Caracu .....	47
<b>Tabela 3.2.</b> Número de observações dentro e entre as características estudadas.....	47
<b>Tabela 3.3.</b> Estimativas de herdabilidade (diagonal), correlações genéticas (acima da diagonal) e fenotípicas (abaixo da diagonal) para as características estudadas em bovinos da raça Caracu, em análises multicaracterística .....	51
<b>Tabela 3.4.</b> Estimativas das correlações ambientais entre as características estudadas em bovinos da raça Caracu, em análises multicaracterística.....	54

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 2

- Figura 2.1.** Número de nascimentos de acordo com sexo do animal em uma população de bovinos da raça Caracu.....25
- Figura 2.2.** Tamanho efetivo, número de pais e número de mães no período de 1965-2009 em bovinos da raça Caracu. ....28
- Figura 2.3.** Coeficiente de endogamia (F) e parentesco médio (AR) .....35
- Figura 2.4.** Detalhamento da contribuição de cada tipo de ascendente na genealogia do rebanho de Caracu até a quinta geração. ....37

### CAPÍTULO 3

- Figura 3.1.** Distribuição de frequência para as características PSP, PEP e IPP por classes. ....48
- Figura 3.2.** Distribuição de frequências para as características PPP, PPD e PE378 por classes. ....49

## ESTRUTURA POPULACIONAL E ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE IMPORTÂNCIA ECONÔMICA EM BOVINOS DA RAÇA CARACU

**RESUMO** – O conhecimento da estrutura de uma população é importante quando se deseja manter a variabilidade genética em programas de melhoramento genético. As estimativas dos parâmetros genéticos permitem identificar as características de interesse econômico que podem responder a seleção direta ou indireta. Neste trabalho, objetivou-se avaliar a estrutura genética populacional e estimar os parâmetros genéticos para as características peso corporal da fêmea na entrada (PEP) e na saída (PSP) da primeira estação de monta, idade ao primeiro parto (IPP), peso corporal da vaca ao primeiro parto (PPP), peso corporal da vaca ao primeiro desmame (PPD) e perímetro escrotal aos 378 dias (PE378) em bovinos da raça Caracu, para avaliar critérios de seleção e os procedimentos de acasalamento para manter a variabilidade genética da população. A estrutura genética da população foi avaliada pelo tamanho efetivo ( $N_e$ ), número efetivo de fundadores ( $f_e$ ), número efetivo de ancestrais ( $f_a$ ), intervalos de geração, coeficiente de endogamia ( $F$ ), coeficiente de parentesco médio ( $AR$ ) e integridade do pedigree. Os parâmetros genéticos foram estimados pelo método de máxima verossimilhança restrita (REML) por meio de modelo animal multi-característica. Os resultados obtidos para  $N_e$  na geração máxima, completa e equivalente, foram 180,90; 57,39; e 92,38, respectivamente. O valor para  $f_e$  foi de 199 e para  $f_a$  de 27. O coeficiente de endogamia médio e o parentesco médio foram 2,14% e 5,72%, respectivamente. Na avaliação da integridade do pedigree foram identificados 94,83% das mães e 93,82% dos pais com registros de origem. As estimativas de herdabilidade para as características de peso corporal variaram de  $0,37 \pm 0,09$  (PPP) a  $0,46 \pm 0,08$  (PPD). Para as características reprodutivas, as estimativas de herdabilidade foram  $0,31 \pm 0,10$  para PE378 e  $0,10 \pm 0,06$  para IPP. As correlações genéticas variaram de  $-0,37 \pm 0,30$  (PE378 e IPP) a  $0,94 \pm 0,06$  (PSP e PPP). As correlações genéticas entre os pesos corporais medidos durante o primeiro ciclo reprodutivo e IPP indicaram que a seleção visando controlar o peso corporal nesse período não irá afetar a idade ao primeiro parto. A correlação genética favorável obtida entre PE378 e IPP ( $-0,37 \pm 0,30$ ) indicou que a seleção para PE378 nos machos poderá favorecer a redução de idade ao primeiro parto das fêmeas. A partir dos parâmetros populacionais, concluiu-se que a variabilidade genética da população tem sido mantida, assim como os níveis de endogâmia, em decorrência do controle dos acasalamentos no decorrer das gerações.

**Palavras-chaves:** bovinos de corte, parâmetros genéticos, parâmetros populacionais.

## POPULATION STRUCTURE AND GENETIC PARAMETERS ESTIMATION FOR ECONOMIC IMPORTANCE TRAITS IN CARACU CATTLE

**ABSTRACT** – The knowledge of the structure of the population is important to desired to maintain genetic variability in breeding programs. The genetic parameters estimates allow identifying economic interest traits that can respond to direct or indirect selection. The goal of this study was to evaluate the population genetic structure and to estimate the genetic parameters for the body weight of the cow at the beginning (WBF) and at the end (WEF) of the first breeding season, age at first calving (AFC), body weight of cow at first calving (WFC), body weight of cow at first weaning (WFW) and scrotal circumference measured at 378 days (SC378) in Caracu beef cattle, to assess the selection criteria and to indicate mating procedures to maintain the genetic diversity of the population. The genetic structure of the population was verified of the effective population size ( $N_e$ ), the effective number of the founders ( $f_e$ ), the effective number of the ancestors ( $f_a$ ), the generational intervals, the inbreeding coefficient ( $F$ ), the average relatedness (AR) and of the pedigree integrity. The restricted maximum likelihood method (REML) was used to estimate the genetic parameters under multitrait animal model. The maximum, complete and equivalent generation for  $N_e$  was 180.90; 57.39 and 92.38, respectively. For the  $f_e$  were 199 and for  $f_a$  27. The average of the inbreeding coefficient and the AR were 2.14% and 5.72%, respectively. The integrity of the pedigree identified was 94.83% of the dam and 93.82% of the sire with known initial records. Estimates of heritability for body weight traits ranged from  $0.37 \pm 0.09$  (WFC) to  $0.46 \pm 0.08$  (WFW). For the reproductive traits, the heritability estimates were  $0.31 \pm 0.10$  for SC378 and  $0.10 \pm 0.06$  for AFC. Genetic correlations ranged from  $-0.37 \pm 0.30$  (SC378 and AFC) to  $0.94 \pm 0.06$  (WEF and WFC). Genetic correlations between body weights measured during the first reproductive cycle and the AFC indicated that selection to control body weight in this period will not affect age at first calving. The favorable genetic correlation obtained between SC378 and AFC ( $-0.37 \pm 0.30$ ) indicated that selection for SC378 of males may reduce the age at first calving of females. The population parameters showed that the genetic variability of the population has been maintained, as well as the levels of the inbreeding due to the control of mating during the generations.

**Keywords:** beef cattle, genetic parameters, population parameters.



## **CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS**

### **1. INTRODUÇÃO**

A bovinocultura de corte representa uma importante atividade econômica que contribui para o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro. Vantagens como a grande extensão territorial (quinto maior país do mundo), o clima favorável e o aumento no mercado consumidor da carne bovina brasileira fazem com que o Brasil se destaque na produção de bovinos de corte. O Brasil é um dos maiores produtores de carne no mundo juntamente com a China, União Europeia e Estados Unidos. No ano de 2015, o Brasil possuía 215,2 milhões de cabeças de bovinos, 1,3% a mais em relação a 2014, tornando-se o segundo país com maior população de bovinos no mundo (IBGE, 2016).

As melhorias na nutrição, manejo e no melhoramento genético das raças de corte brasileiras, conduziram ao aumento de 3,3 kg no peso médio das carcaças no ano de 2016, apresentado valor médio de 247,7 kg. Resultados favoráveis também foram observados na melhoria da qualidade da carne, sendo a maciez e o marmoreio características decisivas para a aceitação de carne bovina (PORTAL BRASIL, 2017).

As características reprodutivas e produtivas são de grande importância dentro dos programas de melhoramento genético de bovinos de corte. Desta forma, busca-se selecionar animais com maior potencial para a produção, precocidade, eficiência reprodutiva e capacidade de adaptação a diferentes ambientes, sempre conciliando o aumento da produção de carne sem afetar a eficiência reprodutiva dos animais, assim suprindo, as exigências do mercado interno e externo (QUEIROZ et al., 2005; NOGUEIRA et al., 2015).

Contudo, a seleção para as características reprodutivas pode ser limitada pela forte influência que estas sofrem devido a diversos fatores ambientais como a alimentação e manejo, pela baixa herdabilidade que a maioria delas apresenta e ainda pela dificuldade de mensuração que algumas apresentam (GROSSI et al., 2009). De acordo com Mello et al. (2016), as características reprodutivas geralmente possuem baixas estimativas de herdabilidade, as

quais são devido a grande influência do ambiente e da interação, entre vaca, touro e bezerro. Para obtenção de padrões ideais de eficiência reprodutiva, busca-se que a vaca produza uma cria por ano, no intervalo de parto considerado ideal que é de 12 meses. Para que isso seja possível, torna-se necessário a utilização de animais de maior mérito genético para as características reprodutivas, aliado a uma adequada interação entre o manejo reprodutivo, sanitário e nutricional.

A tendência atual da bovinocultura de corte é a seleção de animais com maiores taxas de crescimento, de modo que estes animais sejam mantidos em confinamento ou pastagens em menor período de tempo, visando encurtar o ciclo de produção e gerar maior retorno econômico. As características de crescimento, tais como peso e altura devem ser melhoradas nos sistemas de produção, devido sua importância econômica e correlação genética favorável com outras características produtivas e reprodutivas. Segundo Vergara et al. (2012), animais que crescem mais rápido, podem iniciar mais cedo seu ciclo reprodutivo, incrementando assim, a rentabilidade do rebanho.

A principal característica de crescimento incluída nas avaliações genéticas é o peso corporal ou taxa de crescimento, sendo este o critério de seleção primário em bovinos de corte. O peso corporal é observado em várias idades ao longo do desenvolvimento do animal, é de fácil mensuração e apresenta herdabilidade de moderada a alta magnitude, o que pode proporcionar ganhos genéticos razoáveis ao longo das gerações, estando também diretamente relacionado com o aumento da produção de carne (GRESSLER et al., 2014).

Entre as raças de bovinos de corte existentes no Brasil, o Caracu é uma raça crioula brasileira que merece destaque, dado sua capacidade de adaptação a temperatura elevadas, a resistência a endoparasitas e a dietas de baixo valor nutricional. O caracu foi obtido por meio de cruzamentos entre raças europeias incluindo algumas raças africanas. Até o início do século XX, o Caracu foi uma das raças mais importantes e utilizadas na produção de carne no Brasil (TROVO e DUARTE, 1981). O Centro Avançado de Pesquisas Tecnológicas dos Agronegócios, do Instituto de Zootecnia (IZ), localizado no

município de Sertãozinho, é o mais importante centro de seleção do gado Caracu para a produção de carne no Brasil (PEREIRA et al., 2008).

Com este trabalho, objetivo-se estudar a estrutura genética populacional de um rebanho da raça Caracu, e estimar os parâmetros genéticos, fenotípicos e ambientais para características produtivas e reprodutivas da raça, com o intuito de avaliar critérios de seleção e indicar procedimentos de acasalamento para manter a variabilidade genética da população.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 A RAÇA CARACU**

Os primeiros bovinos foram introduzidos no continente americano em 1492 pelos espanhóis, sendo posteriormente distribuído em diferentes partes do continente, acarretando na seleção natural dos animais que se adaptaram às condições adversas dos ambientes da América do Sul, como florestas tropicais e florestas secas subtropicais (GIOVAMBATTISTA et al., 2000). Esses animais formaram a população base para o desenvolvimento das raças crioulas.

O Caracu é uma raça crioula nativa do Brasil de dupla aptidão que se adaptou ao território brasileiro devido à seleção natural destes animais longo tempo. Essa raça desenvolveu a capacidade de sobreviver com uma dieta pobre em nutrientes, alta infestação de ectoparasitas e elevadas temperaturas ambientais (SPRITZE et al., 2003). Acredita-se que a raça Caracu foi originada a partir da raça Européia Ibérica (*BosTaurusTaurus*), chamada de Aquitania (EL FARO et al., 2008; ROTTA et al., 2009).

Até o início do século XX, o Caracu era uma das raças mais importantes na produção de carne brasileira. Contudo, com o aumento do interesse pelo gado zebuino em 1960, os produtores diminuíram seu uso, o que ocasionou a redução do número de animais desta raça. Em 1977, iniciou-se o programa de conservação e identificação do material genético do gado Caracu (TROVO e DUARTE, 1981), por meio do rebanho mantido no Instituto de Zootecnia (IZ), Centro de Pesquisa em Bovinos de Corte, em Sertãozinho-SP. Neste programa

eram avaliados cruzamentos da raça com gado zebuino, com o objetivo de estudar a resistência aos fatores ambientais tais como a temperatura e ectoparasitas (PEREIRA et al., 2008).

Com a população de bovinos Caracu do Instituto de Zootecnia, Pereira et al. (2006) e Pereira et al. (2008) observaram médias das características produtivas relacionadas ao peso variando de 32,2 kg (peso ao nascimento) a 334,7 kg (peso aos 378 dias), de ganho médio diário de 257,7 (desmama ao sobreano) a 818,9 gramas (nascimento ao desmama). A produção média de leite durante a lactação foi de aproximadamente 5 litros por dia (EL FARO, CARDOSO E ALBUQUERQUE 2008).

## **2.2 ANÁLISES DE PEDIGREE**

Os registros do pedigree dos rebanhos bovinos são utilizados para realizar avaliações de diversidade genética e de estrutura populacional (OLIVEIRA et al., 2012). A diversidade genética nos animais domésticos é parte integral da variedade que é encontrada no mundo todo, sendo sua manutenção nas populações, importante para os programas de seleção e/ou de conservação. Outro aspecto interessante que pode ser obtido com auxílio dos registros do pedigree é o estudo da variabilidade genética, a qual pode ser analisada ao longo das gerações, e ser estudada por meio da estimação da variância genética das características de interesse (GUTIERREZ et al., 2003).

O coeficiente de endogamia tem sido o parâmetro mais utilizado para quantificar a taxa da deriva genética. Segundo Vozzi et al. (2006), o coeficiente de endogamia e o tamanho efetivo da população são úteis no acompanhamento da variabilidade genética em períodos mais prolongados. A endogamia é definida como a probabilidade de que 2 alelos em qualquer *locus* sejam idênticos por descendência, e acontece quando indivíduos aparentados acasalam-se entre si, podendo gerar a depressão endogâmica. Esta resulta na diminuição do desempenho nas características reprodutivas, adaptativas, e de crescimento (PARLAND et al., 2007).

Gutierrez et al. (2003) observaram nível de endogamia relativamente alto (de aproximadamente 20%) em 8 raças de origem espanhola, indicando a

existência de uma relação direta entre o incremento da endogamia e a diminuição da heterozigosidade. Parland et al. (2007) estudando bovinos Limousin, observaram que aumento da endogamia causou depressão endogâmica, reduzindo o ganho de peso diário em torno de 240 gramas em comparação ao ganho de peso.

### **2.3 PERÍMETRO ESCROTAL**

O perímetro escrotal (PE) é uma medida de crescimento, que apresenta correlação genética de média a alta magnitude com o peso corporal nos machos e com a fertilidade em machos e fêmeas. De acordo com Grossi et al. (2009), o PE é uma das mais importantes características que afetam o rendimento reprodutivo em bovinos de corte. Adicionalmente, o PE também possui correlação genética favorável com as características de qualidade de sêmen, peso corporal, idade do animal, produção de hormônios sexuais, qualidade e quantidade de tecido espermático (BAKER et al., 1981; TROCÓNIZ et al., 1991). A característica PE é de fácil mensuração e de baixo custo, tornando possível identificar animais geneticamente superiores. Essas vantagens tornam o PE uma das características mais utilizadas nos programas de melhoramento genético, apresentando alta intensidade de seleção nos machos e estimativas de herdabilidade favoráveis (KEALEY et al., 2006).

Com a intenção de melhorar o desempenho reprodutivo dos rebanhos, características reprodutivas como o PE são importantes no estabelecimento de critérios de seleção, podendo ser mensuradas a qualquer idade. As idades mais utilizadas são ao nascimento, desmama, 365 e 550 dias de idades (FRIZZAS et al., 2008; BUZANSKAS et al., 2010). Para melhorar a eficiência reprodutiva, esforços têm sido feitos na procura de características que apresentem correlações genéticas favoráveis com a precocidade sexual das fêmeas (BOLIGON e ALBUQUERQUE 2011). O processo de seleção para incrementar a fertilidade em bovinos de cortes se fez mais evidente com a inclusão do PE nos programas de melhoramento genético, pois estudos tem demonstrado que maiores PE estão associados à precocidade sexual em fêmeas, o que implica na possibilidade de uma fêmea ficar prenha aos 14

meses de idade, reduzindo o tempo para a geração de sua primeira cria (SILVA et al., 2006).

Na literatura, não são encontrados trabalhos sobre o PE em bovinos da raça Caracu. FRIZZAS et al. (2008), GROSSI et al. (2009), YOKOO et al. (2010), BOLIGON, BALDI e ALBUQUERQUE (2011) relataram na raça Nelore valores médios de PE365 de  $19,38 \pm 2,19$  cm,  $19,7 \pm 2,3$  cm,  $20,96 \pm 2,26$  cm,  $21,44 \pm 2,69$  cm, respectivamente. CORBET et al. (2013), trabalhando com a raça Brahman e gado mestiço de composição tropical, encontraram médias de  $21,2 \pm 3,13$  cm e  $26,5 \pm 3,36$  cm para PE365, respectivamente.

Estimativas de moderada a alta magnitude foram observadas para perímetro escrotal em trabalhos com bovinos Nelore e Brahman. Frizzas et al. (2008), Grossi et al. (2009), Yokoo et al. (2010) e Boligon, Baldi e Albuquerque. (2011) estimaram coeficiente de herdabilidade para PE365 de  $0,29 \pm [S.I.]$ ;  $0,48 \pm 0,07$ ;  $0,46 \pm 0,05$ ;  $0,41 \pm 0,01$ , respectivamente em bovinos da raça Nelore. Corbet et al. (2012) obtiveram estimativas de herdabilidade de 0,68 para PE365 em bovinos da raça Brahman.

As correlações genéticas observadas na literatura para perímetro escrotal com diferentes peso, indicam que a seleção para uma característica resultaria em melhorias na outra. Frizzas et al. (2008) obtiveram correlações genéticas de  $0,21 \pm 0,13$ ;  $0,08 \pm 0,15$  e  $0,89 \pm 0,04$  entre as características PE365 e peso aos 12 meses; PE365 e peso aos 18 meses e PE365 e PE540, respectivamente em bovinos da raça Nelore. Boligon, Baldi e Albuquerque. (2011) trabalharam com gado Nelore e obtiveram correlações genéticas de  $0,18 \pm 0,02$ ;  $0,34 \pm 0,03$ ;  $0,84 \pm 0,01$ ;  $0,78 \pm 0,02$ , entre peso ao nascer e PE365; ganho de peso médio ao desmame e PE365; PE270 e PE365; PE450 e PE365, respectivamente.

#### **2.4 IDADE AO PRIMEIRO PARTO (IPP)**

A característica indicadora de precocidade sexual em fêmeas é a idade ao primeiro parto (IPP). Esta afeta a produtividade e eficiência reprodutiva do rebanho. Nas produções de bovinos de corte, esta característica tem grande importância econômica, pois quando as novilhas entram precocemente na

reprodução, estão sujeitas a maior vida produtiva (PELICIONI et al., 1999). A IPP é definida como o período que uma novilha precisa para atingir sua maturidade sexual e se reproduzir pela primeira vez. Quando mais tempo uma novilha precisa para ter seu primeiro parto maior é a capacidade desta ser descartada do rebanho. A IPP é um importante indicador reprodutivo, o qual afeta o sucesso econômico dos rebanhos. A redução da IPP possibilita a diminuição do tempo para obtenção do retorno do investimento na criação da vaca e das novilhas de reposição, aumento da vida reprodutiva da vaca e de seu rendimento reprodutivo e também o aumento no número de bezerros desmamados por vaca (SHORT et al., 1994; BORMANN e WILSON, 2010; BUZANSKAS et al., 2013), o que diretamente está relacionado com o incremento de produção de carne.

A IPP determina o início da vida reprodutiva da vaca, influenciando a produtividade durante toda sua vida. Nos programas de melhoramento genético em raças zebuínas, a média de IPP é 37 meses em gado Nelore e Guzerá, 36 meses em bovinos da raça Brahman e 38 meses em Tabapuã (LÔBO et al., 2017). Já em animais da raça Holandesa a idade considerada ótima para o primeiro parto varia entre 22 e 24 meses, com isso busca-se reduzir o risco de partos distócicos. Novilhas que parem mais cedo possuem maior vida produtiva em relação àquelas fêmeas que iniciam a reproduzir-se mais tarde. As novilhas que parem aos 2 anos de idade deverão produzir mais bezerros do que as que parem com 3 anos de idade (HOSSEIN-ZADEH, 2011). Em animais da raça Tabapuã, a média para a IPP foi de 1.138,8 dias (37,34 meses) (BERNARDES et al., 2015). Na raça Holandesa, Hossein-zadeh (2011) e Makgahlela et al. (2007), obtiverem médias de 805,4 dias (26,40 meses) e 851,7 dias (27,92 meses), respectivamente. Em animais da raça Canchim, a IPP variou entre 1.117 dias (36,62 meses) (BORBA et al., 2016) e 1.212,4 dias (39,75 meses) (BUZANSKAS et al., 2013). Para animais da raça Nelore, esta característica apresentou média de 1.050 dias (34,43 meses) (BOLIGON et al., 2010) e 1.147 dias (37,61 meses) (RIZZO et al., 2015).

A IPP é obtida precocemente na vida do animal. Uma das vantagens que esta característica apresenta é a facilidade na coleta dos dados, pois todas aquelas fêmeas que são colocadas em reprodução são possíveis candidatas

para obter a medida de IPP (BOLIGON e ALBUQUERQUE, 2011). A IPP pode ser influenciada por fatores nutricionais, genéticos e de manejo. A redução no valor da IPP está relacionada com o incremento da vida produtiva da vaca, ao ter maior número de bezerros por vaca, além de gerar aumento do ganho genético anual (ROCHA et al., 2012).

Os coeficientes de herdabilidade estimados para IPP em animais da raça Canchim variaram de  $0,03 \pm 0,01$  (BUZANSKAS et al., 2013) a  $0,15 \pm 0,07$  (BORBA et al., 2016). As estimativas de herdabilidade para esta característica variaram de  $0,10 \pm 0,01$  (BOLIGON e ALBUQUERQUE 2011) a  $0,17 \pm 0,01$  (BOLIGON et al., 2010) em animais da raça Nelore e entre  $0,24 \pm 0,02$  (MAKGAHLELA, 2007) e  $0,34 \pm 0,03$  (HOSSEIN-ZADEH, 2011) em animais da raça Holandesa.

## **2.5 PESOS CORPORAIS**

Os pesos corporais são características utilizadas pelos produtores de bovinos de corte no processo de seleção devido a sua relação direta com a produção de carne. Entre os pesos que normalmente são mensurados ao longo da vida do animal, os principais são o peso corporal ao nascimento, a desmama, ao 365 dias e ao sobreano (LAUREANO et al., 2011).

O peso corporal pode ser avaliado nas matrizes tendo em conta algumas considerações como, determinar quais animais possuem maiores pesos, os quais geram maior impacto sobre o rebanho, conduzindo ao aumento dos custos de manutenção das fêmeas. O atendimento das necessidades energéticas de manutenção das matrizes é de cerca de 50% de toda a energia consumida pelo rebanho, indicando que o requerimento energético para a manutenção está diretamente ligado ao peso vivo e à condição corporal da vaca (JÚNIOR et al., 2007).



### 2.5.1 PESO AO PRIMEIRO PARTO (PPP)

O peso da vaca medido ao longo de sua vida reprodutiva tem sido pouco estudado no Brasil. A importância do estudo desta característica é identificar aquelas matrizes que possuem maiores pesos, pois, vacas mais pesadas consomem mais alimento, podendo não ser tão eficientes, tendo em vista que as exigências nutricionais da vaca estão diretamente relacionadas ao seu peso (McMORRIS e WILTON, 1986; EUCLIDES FILHO et al., 1992). Para as novilhas que vão parir pela primeira vez, é importante que atinjam um PPP mínimo de 80-90% do peso na idade adulta. Esse peso é obtido por meio das vacas que compõem o rebanho e que tenham mais de três partos. Quando é realizado um manejo adequado do PPP, este apresenta vantagens no sistema de produção, gerando redução dos custos, aumento da vida produtiva e diminuição da quantidade de alimentos consumido pelas matrizes (PROCREARE, 2017).

O PPP sofre influência da idade cronológica do animal, raça e nutrição a qual a novilha foi submetida, pois quando a dieta é adequada observa-se redução da idade para PPP e conseqüentemente redução da idade ao primeiro estro (HOPKINS, 1989; DACCARET et al., 1993). O PPP exerce grande influência nas características produtivas e reprodutivas ao longo da vida da matriz (BORGES et al., 2015). Vacas que parem com PPP muito inferior ao peso médio adulto das vacas do rebanho, utilizam os nutrientes fornecidos na dieta para o desenvolvimento corporal após o parto, acarretando na diminuição da produção de leite. Isso poderá influenciar no ganho de peso do bezerro, além de afetar o retorno à atividade ovariana luteal cíclica, prolongando assim o período de serviço e do intervalo de partos (BORGES et al., 2004; RUAS et al., 2004). Aquelas novilhas que apresentam PPP mais próximos ao peso adulto médio das vacas do rebanho, requerem menores reservas de nutrientes para a recuperação após o parto, utilizando a maior parte dos nutrientes para a produção de leite, incrementando a ciclicidade ovariana e conseqüentemente diminuindo o intervalo de partos (RUAS et al., 2004).

Algumas características reprodutivas em machos, como por exemplo o PE apresentam baixa correlação genética com outras características mensuradas

ao longo da vida reprodutiva das fêmeas como os pesos corporais (SILVA et al., 2000; GRESSLER et al., 2000; PEREIRA et al., 2002). Poucos estudos de correlação genética têm sido realizados entre PPP, com outros pesos como PEP, PSP e PPD, e também entre características reprodutivas como PE e IPP, sendo importante conhecer estas correlações, para estabelecer critérios de seleção que possam ser implementados nos programas de melhoramento genético de bovinos de corte.

Na raça Nelore, a média obtida para PPP foi 402,93 kg (BOLIGON et al., 2007; BOLIGON et al., 2008). Grossi et al.(2015) e Gaviolli et al.(2012), trabalharam com a raça Canchim e obtiveram médias de 439,50 e 440 kg, respectivamente para PPP. No Gir, Singh et al., (2016) obtiveram média de 402,22 kg e na raça Sahiwal Wakchaure e Meena (2010) obtiveram média de 367,69 kg para PPP.

As estimativas de herdabilidade para a característica PPP variaram de moderada a alta magnitude entre as diferentes raças. Na raça Cachim, as estimativas de herdabilidade para a característica PPP variaram de 0,31 a 0,51 (TALHARI et al., 2003; CASTRO-PEREIRA; ALENCAR e BARBOSA 2007; GAVIOLLI et al., 2012; MELLO et al., 2014; GROSSI et al., 2015). Singh et al.(2016) obtiveram estimativa de herdabilidade de 0,25 na raça Gir. Na raça Nelore, Boligon et al. (2007), Boligon, Albuquerque e Rorato (2008), relataram herdabilidade para PPP de 0,35 a 0,41. Manoj et al. (2014) e Wakchaure e Meena (2010), obtiveram estimativas de coeficientes de herdabilidade na raça Sahiwal de 0,19 e 0,28, respectivamente.

### 3. REFERÊNCIAS

BAKER, J.H.; KROO, J.R.; TURMAN, E.J.; BUCHANAN, D.S. A comparison of different breeds for growth rates, performance traits and scrotal circumference in young beef bulls. **Animal Science Research Report**, Baton Rouge, p.15–18, 1981.

BERNARDES, P.A.; GROSSI, D.A.; SAVEGNAGO, R.P.; BUZANSKAS, M.E.; URBINATI, I.; BEZERRA, L.A.F.; LÔBO, R.B.; MUNARI, D.P. Estimates of genetic parameters and genetic trends for reproductive traits and weaning weight in Tabapuã cattle. **Jornal of Animal Science**, Champaign, v.93, p.5175-5185, 2015.

BOLIGON, A.A.; RORATO, P.R.N.; ALBUQUERQUE, L.G. Correlações genéticas entre medidas de perímetro escrotal e características produtivas e reprodutivas de fêmeas da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.36, p.565-571, 2007.

BOLIGON, A.A.; ALBUQUERQUE, L.G.; RORATO, P.R.N. Associações genéticas entre pesos e características reprodutivas em rebanhos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.37, p.596-601, 2008.

BOLIGON, A.A.; ALBUQUERQUE, L.G.; MERCADANTE, M.E.Z.; LÔBO, B.R. Study of relations among age at first calving, average weight gains and weights from weaning to maturity in Nelore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.39, p.746-751, 2010.

BOLIGON, A.A.; ALBUQUERQUE, L.G. Genetic parameters and relationships of heifer pregnancy and age at first calving with weight gain, yearling and mature weight in Nelore cattle. **Livestock Science**, Amsterdam, v.141, n.1, p.12-16, 2011. doi.org/10.1016/j.livsci.2011.04.009.

BOLIGON, A.A.; BALDI, F.; ALBUQUERQUE, L.G. Genetic parameters and relationships between growth traits and scrotal circumference measured at different ages in Nelore cattle. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v.34, p.225-230, 2011.

BORBA, L.H.F.; BALDI, F.; FEITOSA, F.L.B.; SILVA, L.O.C.; PEREIRA, A.S.C.; ALENCAR, M.M. Genetic correlations between visual slaughter conformation scores and growth and reproductive traits in Canchim cattle. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v.15, n.2, p.1-10, 2016. [doi.org/10.4238/gmr.15027555](https://doi.org/10.4238/gmr.15027555).

BORGES, A.M.; RUAS, J.R.M.; ROCHA JÚNIOR, V.R. Considerações sobre o manejo de fêmeas bovinas F1 e suas relações com as eficiências produtiva e reprodutiva. **Informativo Agropecuário**, Belo Horizonte, v.25, p.47-55, 2004.

BORGES, A.M.; MARTINS, T.M. NUNES, P.P. RUAS, J.R.M. Reprodução de vacas mestiças: potencialidade e desafios. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.39, p.155-163, 2015.

BORMANN, J.M.; WILSON, D.E. Calving day and age at first calving in Angus heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.88, n.6, p.1947-1956, 2010.

BUZANSKAS, M.E.; GROSSI, D.A.; BOLDI, F.; BARROZO, D.; SILVA, L.O.C.; TORRES JUNIOR, R.A.A.; MUNARI, D.P.; ALENCAR, M.M. Genetic associations between stayability and reproductive and growth traits in Canchim beef cattle. **Livestock Science**, Amsterdam, v.132, p.107-112, 2010.

BUZANSKAS, M.E.; SAVEGNAGO, R.P.; GROSSI, D.A.; VENTURINI, G.C.; QUEIROZ, S.A.; SILVA, L.O.C.; TORRES JUNIOR, R.A.A.; MUNARI, D.P.; ALENCAR, M.M. Genetic parameter estimates and principal component analysis of breeding values of reproduction and growth traits in female Canchim cattle. **Reproduction, Fertility and Development**, Clayton, v.25, p.775-775, 2013. doi.org/10.1071/rd12132.

CASTRO-PEREIRA, V.M.; ALENCAR, M.M.; BARBOSA, R.T. Estimativas de parâmetros genéticos e de ganhos direto e indireto à seleção para características reprodutivas e de crescimento em um rebanho da raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.36, p.1029-1036, 2007.

CORBET, N.J.; BURNS, B.M.; JHONSTON, D.J. WOLCOTT, M.L.; CORBET, D.H.; VENUS, B.K.; LI, Y.; MCGOWAN, M.R.; HOLROYD, R.G. Male traits and herd reproductive capability in tropical beef cattle.2.Genetic parameters of bull traits. **Animal Production Science**, Clayton, v.53, p.101-113, 2013.

DACCARETT, M.G.; BORTONE, E.J.; ISABELL, D.E.; MORRILL, J.L. Performance of Holstein heifers fed 100% or more of National Research Council requirements. **Journal Dairy Science**, New York, v.76, p.606-614, 1993.

EL FARO, L.E.; CARDOSO, V.L.; ALBUQUERQUE, L.G. Variance component estimates applying random regression models for test-day milk yield in Caracu heifers (*Bostaurus Artiodactyla*, Bovidae). **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v.31, p.666-666, 2008.

EUCLIDES FILHO, K.; FIGUEIREDO, G.R.; THIAGO, L.R.L.S. Eficiência biológica de produção de carne de diferentes grupos genéticos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29., 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 1992. p.124.

FRIZZAS, O.G.; GROSSI, D.A.; BUZANSKAS, M.E.; PAZ, C.C.P; BEZERRA, L.A.F.; LÔBO, R.B.; OLIVEIRA, J.A.; MUNARI, D.P. Heritability estimates and genetic correlations for body weight and scrotal circumference adjusted to 12 and 18 months of age for male Nelore cattle. **Animal**, Cambridge, v.3, p.347-351, 2008.

GAVIOLLI, V.R.N.; BUZANSKAS, M.E.; CRUZ, V.A.R.; SAVEGNAGO, R.P.; MUNARI, D.P.; FREITAS, A.R.; ALENCAR, M.M. 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**, Heidelberg, v.53, p.331-335, 2012.

GIOVAMBATTISTA, G.; RIPOLI, M.V.; De LUCA, J.C.; MIROL, P.M.; LIRÓN, J.P.; DULOUT, F.N. Male-mediated introgression of *Bos indicus* genes into Argentine and Bolivian Creole cattle breeds. **Animal Genetics**, Malden, v.31, p.302-302, 2000.

GRESSLER, S. L.; BERGMANN, J.A.G.; PEREIRA, C.S.; PENNA, M.V.; PEREIRA, J.C.C.; GRESSLER, M.G.M. Estudo das associações genéticas entre perímetro escrotal e características reprodutivas de fêmeas Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.29, n.2, p.427-437, 2000.

GRESSLER, S.L.; GRESSLER, M.G.M.; BERGMANN, J.A.G. Fatores ambientes e estimativas de parâmetros genéticos do perímetro escrotal na raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.66, p.986-994, 2014. [doi.org/10.1590/1678-6219](https://doi.org/10.1590/1678-6219).

GROSSI, D.A.; VENTURINI, G.C.; PAZ, C.C.P.; BEZERRA, L.A.F.; LÔBO, R.B.; OLIVEIRA, J.A.; MUNARI, D.P. Genetic associations between age at first calving and heifer body weight and scrotal circumference in Nelore cattle. **Journal Animal Breeding Genetic**, Berlin, v.126, p.387-393, 2009.

GROSSI, D.A.; GRUPIONI, N.V.; BUZANSKAS, M.E.; PAZ, C.C.P.; REGITANO, L.C.A.; ALENCAR, M.M.; SCHENKEL, F.S.; MUNARI, D.P. Allele substitution effects of IGF1, GH and PIT1 markers on estimated breeding values for weight and reproduction traits in Canchim beef cattle. **Livestock Science**, Amsterdam, v.180, p.78-83, 2015.

GUTIERREZ, J.P.; ALTARRIBA, J.; DÍAZ, C.; QUINTANILLA, R.; CAÑÓN, J.; PIEDRAFITA, J. Pedigree analysis of eight Spanish beef cattle breeds. **Genetics Selection Evolution**, London, v.35, p.43-63, 2003.

HOPKINS, S.M. Reproductive patterns of cattle. In: MCDONALD, L.E.; PINEDA, M.H. **Veterinary endocrinology and reproduction**. 4<sup>th</sup> ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1989. p.399-415.

HOSSEIN-ZADEH, N.G. Estimation of genetic and phenotypic relationships between age at first calving and productive performance in Iranian Holsteins. **Tropical Animal Health and Production**, Dordrecht, v.43, p.967-973, 2011. doi.org/10.1007/s11250-011-9791-7.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores IBGE**: estatística da produção pecuária. Rio de Janeiro, mar. 2017. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\_Pecuaria/Fasciculo\_Indicadores\_IBGE/abate-leite-couro-ovos\_201604caderno.pdf>. Acesso em: 31 maio 2017.

JÚNIOR, J.J.; CARDOSO, V.L.; ALBUQUERQUE, L.G. Objetivos de seleção e valores econômicos em sistemas de produção de gado de corte no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.36, p.1549-1558, 2007.

KEALEY, C.G.; MACNEIL, M.D.; TESS, M.W.; GEARY, T.W.; BELLOWS, R.A. Genetic parameter estimates for scrotal circumference and semen characteristics of Line 1 Hereford bulls. **Journal Animal Science**, Champaign, v.84, p.283-290, 2006.

LAUREANO, M.M.M.; BOLIGON, A.A.; COSTA, R.B.; FORNI, S. SEVERO, J.L.P.; ALBUQUERQUE, L.G. Estimativas de herdabilidade e tendências genéticas para características de crescimento e reprodutivas em bovinos da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.63, p.143-152, 2011.

LÔBO, R.B.; BEZERRA, L.A.F.; FIGUEIREDO, L.G.G.; BALDI, F.; FARIA, C.U.; VOZZI, P. A.; MAGNABOSCO, C.de U.; BERGMANN, J.A.G.; OLIVEIRA, H.N. **Sumário de touros das raças Nelore, Guzerá, Brahman e Tabapuã**. Ribeirão Preto: ANCP 2017. Disponível em: <<http://novo.ancp.org.br/adm/Filemanager/ckeditor/arquivos/sumario-200517.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2017.

MAKGAHLELA, M.L. BANGA, C.B.; NORRIS, D.; DZAMA, K.N`GAMBI, J.W. Genetic correlations between female fertility and production traits in South

African Holstein cattle. **South African Journal of Animal Science**, Hatfield, v.37, p.180-188, 2007.

MANOJ, M.GANDHI, R.S.; RAJA, T.V.; VERMA, A.SINGH, A.SACHDEVA, G.K.; KUMAR, A. Genetic parameters of body weights at different ages in Sahiwal heifers. **Indian Journal of Animal Research**, Karnal, v.48, p.217-220, 2014.

McMORRIS, M.R; WILTON, J.W. Breeding system, cow weight and milk yield effects on various biological variables in beef production. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.63, p.1361-1372, 1986.

MELLO, S.P.; ALENCAR, M.M.; SANTOS, D.C.C.; TORAL, F.L.B. Análise genética de características de fertilidade, de crescimento e de produtividade em vacas da raça Canchim. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.66, p.555-562, 2014.

MELLO, C.R.R.; FERREIRA, J.E.; SOUSA, S.L.G.; MELLO, M.R.B.; PALHANO, H.B. Parâmetros genéticos de características reprodutivas em bovinos de corte e leite. **Revista Brasileira de Reprodução de Animal**, Belo Horizonte, v.40, p.65-72, 2016.

NOGUEIRA, A.P.C.; ALVARENGA, P.B.; FERREIRA, I.C.; RIOS, M.P.; SILVA, C.R. Desempenho ponderal e reprodutivo no período das águas de novilhas primíparas Nelore com complemento proteico prévio na seca. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.16, p.331-342, 2015. doi.org/10.15 90/1089-6891v16i324160.

OLIVEIRA, A.P.; MALHADP, C.H.M.; CARNEIRO, P.L. S; FILHO, R.M.; SILVEIRA, S.E.; SOUZA, L.de A.; MUNIZ, S.M.L.AZEVÊDO, D.M.R. Pedigree analysis on the population of Girccattle in Northeast Brazil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.41, p.1153-1157, 2012.

PARLAND, S.MC.; KEAREY, J.F.; RATH, M.; BERRY, D.P. Inbreeding trends and pedigree analysis of Irish dairy and beef cattle populations. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.85, p.322-331, 2007.

PELICIONI, L.C.; MUNIZ, C.A.S.D.; QUEIROZ, S.A. Avaliação do desempenho ao primeiro parto de fêmeas Nelore e F1. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.28, p.729-734, 1999.

PEREIRA, E.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S. Análise genética de características reprodutivas na raça Nelore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.37, n.5, p.703-708, 2002.

PEREIRA, M. C.; MERCADANTE, M.E.Z.; ALBUQUERQUE, L. G.; RAZOOK, A. G.; FIGUEIREDO, L. A. Estimativas de parâmetros genéticos de características de crescimento em um rebanho Caracu selecionado para peso ao sobreano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.35 p.1669-1676, 2006.

PEREIRA, M.C.; MERCADANTE, M.E.Z.; RAZOOK, G.A. Results of 23 years of selection for post-weaning weight in a Caracu beefherd. **South African Journal of Animal Science**, Silverton, v.38, p.136-136, 2008.

PORTAL BRASIL. **Rebanho bovino alcança 215,2 milhões de cabeças em 2015**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2016/09/rebanho-bovino-alcanca-215-2-milhoes-de-cabecas-em-2015>>. Acesso em: 4 jun.2017.

PROCREARE. **Recria de novilhas x idade ao primeiro parto**. Belo Horizonte, 2016. Disponível em: <<http://procreare.com.br/recria-de-novilhas/>>. Acesso em: 29 jun.2017.

QUEIROZ, S.A.; PELICIONI, L.C.; SILVA, F.B.; SESANA, J.C.; MARTINS, G.E.I.M.; SANCHES, A. Índices de seleção para um rebanho Caracu de duplo propósito. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.34, n.3, p.827-837, 2005. doi.org/10.1590/S1516-35982005000300014.

RIZZO, E.C.A.; NETO, F.R.A.; DIAZ, I.D.P.S.; DIAS, M.M.; COSTA, R.B.; VENTURA, H.T.; OLVEIRA, H.N. FALCÃO, A.J.S. Genetic association of productive and reproductive traits with stayability in Nellore cattle: analysis using Bayesian models. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v.14, n.4, p.14956-14966, 2015.

ROCHA, J.F.M.; GALLEGO, J.L.; VÁSQUEZ, R.F. Estimation of genetic parameters for age at calving and calving interval in Blanco Orejinegro (BON) breed cattle populations in Colombia: Introducción. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, Medellín, v.25, p.220-228, 2012.

ROTTA, P.P.; PRADO, I.N.; PRADO, R.M.; MOLETTA, J.L.; SILVA, R.R.; PEROTTO, D. Carcass characteristics and chemical composition of the longissimus muscle of Nellore, Caracu and Holstein-friesian bulls finished in a feedlot. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Seoul, v.22, n.4, p.598-604, 2009.

RUAS, J.R.M.; SILVA FILHO, J.M.; MARCATTI NETO, A.; BORGES, L.E.; CARVALHO, B.C.; BORGES, A.M. Efeito do peso à cobertura sobre a produção e reprodução de vacas primíparas holandês x zebu. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. p.1-5.

SHORT, R.Y.; STAIMILLER, R.B.; BELLOWS, R.A.; GREER, R.C. Breeding heifers at one year of age: biological and economic considerations. In: FIELDS, M.J.; SAND, R.S. (Ed.). **Factors affecting calf crop**. London: CRC Press, 1994. p.55-68.

SILVA, A.M.; ALENCAR, M.M.; FREITAS, A.R. BARBOSA, R.T.; BARBOSA, P.F.; OLIVEIRA, M.C de S.; CORRÊA, L.de A.; NOVAES, A.P.DE; TULLIO, R.R. Herdabilidades e correlações genéticas para peso e perímetro escrotal de machos e características reprodutivas e de crescimento de fêmeas, na raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.29, n.6, p.2223-2230, 2000.

SILVA, J.A.V.; FORMIGONI, I.B.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S. Genetic relationship among stayability, scrotal circumference and post-weaning weight in Nelore cattle. **Livestock Science**, Amsterdam, v.99, p.51-59, 2006.

SINGH, B.; SAWANT, P.; SAWANT, D.; TODKAR, S.; JAIN, R. Factors affecting weight and age at first calving, first lactation milk yield in Gir cows. **Indian Journal Animal Research**, Karnal, v.50, p.804-807, 2016.

SPRITZE, A.; EGITO, A.A.; MARIANTE, A.S.; McMANUS, C. Genetic characterization of Criollo Lageano cattle by RAPD markers. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.38, p.1157-1164, 2003.

TALHARI, F.M.; ALENCAR, M.M. MASCIOLI, A.S.; SILVA, A.M.; BARBOSA, P.F. Correlações genéticas entre características produtivas de fêmeas em um rebanho da raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.32, p.880-886, 2003.

TROCÓNIZ, J.F.; BELTRÁN, J.; BASTIDAS, H.; LARREAL, H.; BASTIDAS, P. Testicular development, body weight changes, puberty and semen traits of growing Guzerat and Nellore bulls. **Theriogenology**, Amsterdam, v.35, p.815-826.1991.

TROVO, J.B.F.; DUARTE, F.A.M. A survey of Caracu cattle herds in Brazil. **Zootecnia**, Viçosa, MG, v.19, p.245-263, 1981.

VERGARA, B.D.M.; MUÑOZ-CERON, M.F.; TORO, E.J.R.; GÓMEZ, D.A.A.; CIFUENTES, T. Parámetros genéticos para características de crecimiento en búfalos (*Bubalus bubalis* Artiodactyla, Bovidae) en Colombia. **Revista Colombiana de Ciencia Pecuaria**, Medellín, v.25, n.2, p.202-209, 2012.

VOZZI, P.A.; MARCONDES, C.R.; MAGNABOSCO, C.U.; FRAMARTINO, L.A.B.; LÔBO, R.B. Structure and genetic variability in Nellore (*Bos indicus*) cattle by pedigree analysis. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v.29, p.482-485, 2006.

WAKCHAURE, R.S.; MEENA, R. Factors affecting, birth weight, age and weight at first calving in sahiwal cattle. **Indian Journal Animal Research**, Karnal, v.44, p.173-177, 2010.

YOKOO, M.J.; LÔBO, R.B.; ARAUJO, F.R.C.; BEZERRA, L.A.F.; SAINZ, R.D.; de ALBUQUERQUE, L.G. Genetic associations between carcass traits measured by real-time ultrasound and scrotal circumference and growth traits in Nelore cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.88, p.52-58, 2010.



## CAPÍTULO 2 – ESTRUTURA POPULACIONAL DA RAÇA CARACU POR MEIO DE ANÁLISE DE PEDIGREE

**RESUMO-** Nos programas de melhoramento genético, os parâmetros populacionais precisam ser monitorados, pois com o incremento do ganho genético espera-se o aumento da rentabilidade do rebanho. Objetivou-se com este estudo avaliar a estrutura genética populacional da raça Caracu por meio de registros do *pedigree*, com o intuito de gerar informações para manter a variabilidade genética no rebanho. Foram utilizados registros genealógicos de 3.962 animais da raça Caracu, nascidos entre 1965 e 2015, provenientes do Projeto de Melhoramento Genético da Raça Caracu, pertencentes ao Centro Avançado de Pesquisas Tecnológicas dos Agronegócios (APTA Bovinos de Corte), do Instituto de Zootecnia (IZ), de Sertãozinho, Brasil. Para a avaliação da estrutura populacional foram utilizados os programas CFC e ENDOG v. 4.0. Estimou-se o tamanho efetivo ( $N_e$ ), número efetivo de fundadores ( $f_e$ ), número efetivo de ancestrais ( $f_a$ ), intervalos de gerações, coeficiente de endogamia ( $F$ ), coeficiente de parentesco médio ( $AR$ ) e integridade do *pedigree*. Dos 3.962 animais estudados, apenas 6,23% possuíam registro de apenas um pai ou mãe conhecido. Os resultados obtidos para os coeficientes de  $N_e$  na geração máxima, completa e equivalente, foram 180,90; 57,39 e 92,38, respectivamente. O valor para  $f_e$  foi 199 e para  $f_a$  de 27, sendo apenas 9 ancestrais responsáveis por 50% da variabilidade genética da população. Os intervalos de gerações calculados para as quatro passagens gaméticas pai-filho, pai-filha, mãe-filho e mãe-filha foram 5,33; 4,65; 7,58; 6,27 anos, respectivamente. A média de idade dos pais ao nascimento da progênie foi de 3,53; 3,36; 6,50; 6,30 anos, respectivamente nas quatro categorias das passagens gaméticas, quando se considerou todas as progênies nascidas. O coeficiente de endogamia médio foi de 2,14% e o  $AR$  foi de 5,72%. Quanto à integridade do *pedigree* foram identificados 94,83% como mães e 93,82% como pais, com seus registros de origem. Dentre os animais fundadores a integridade do *pedigree* foi de 99,02%. Desta forma, ressalta-se a importância do contínuo monitoramento da estrutura populacional, a fim de evitar a perda da variabilidade genética da população.

**Palavras-chaves:** bovinos de corte, endogamia, intervalo gerações, número efetivo, tamanho efetivo, variabilidade genética.

## POPULATION STRUCTURE OF CARACU BREED BY PEDIGREE ANALYSIS

**ABSTRACT-** The breeding programs should monitor the population parameters because it is expected that the increase of the genetic gain to increase the profitability of the herd. The aim of this study was to evaluate the population genetic structure of the Caracu breed through pedigree records, in order to generate information to maintain genetic variability in the herd. A total of 3,962 Caracu animals (born between 1965 and 2015) from the Genetic Improvement Program Caracu Cattle, maintained at the Advanced Technological Research Center of Agribusiness (APTA Bovinos de Corte), Institute of Animal Science and Pastures (IZ), Sertãozinho, São Paulo, Brazil were considered in the analyses. The population structure study was carried out using the CFC and ENDOG v. 4.0. software. The effective population size ( $N_e$ ), the effective number of the founders ( $f_e$ ), the effective number of the ancestors ( $f_a$ ), the generational intervals, the inbreeding coefficient ( $F$ ), the average relatedness ( $AR$ ) and of the pedigree integrity were calculated. Only 6.23 % of the total of the animals had at least one known parent. The maximum, complete and equivalent generation for  $N_e$  was 180.90; 57.39 and 92.38, respectively. Our results showed a total of 199 founders ( $f_e$ ) and 27 ancestors which only nine ancestors were responsible for 50% of the genetic variability of the population. The generation intervals calculated for the sire-son, sire-daughter, dam-son and dam-daughter were 5.33; 4.65; 7.58; 6.27 years, respectively. The average of the parent's age at the birth of the progeny used for reproduction was 3.53, 3.36, 6.50, 6.30 years, respectively. The average of the inbreeding coefficient for this population was 2.14% and the  $AR$  was 5.72%. A total of 94.83% dams and 93.82% sires was identified with the initial records. Among the founder animals, the integrity of the pedigree was 99.02%. It is important to continue monitoring the population to avoid loss of genetic variability in the Caracu population.

**Keywords:** beef cattle, effective number, effective size, inbreeding, interval generations, genetic variability.

## 1. INTRODUÇÃO

Os bovinos da raça Caracu se caracterizam por serem de uma raça crioula nativa do Brasil de dupla aptidão, a qual possui resistência a ectoparasitas, elevadas temperaturas e capacidade de sobreviver ou se manter com uma dieta pobre em nutrientes. Sua habilidade pode ser devida a sua formação à partir de raças trazidas pelos colonizadores europeus e, também, ao processo de seleção natural que a raça sofreu geração após geração (SPRITZE et al., 2003).

No Brasil, o Instituto de Zootecnia (APTA Bovinos de Corte) conduz o Programa de Melhoramento Genético da raça Caracu. O instituto é um dos principais encarregados de realizar melhorias no desempenho produtivo e reprodutivo dos animais desta raça. Contudo, para um programa melhoramento genético ser eficaz, deve-se propagar os alelos desejáveis para assim contribuir com o progresso genético do rebanho. Quando o número de animais escolhidos para a seleção é reduzido, a disseminação do material genético pode levar a redução da diversidade genética. Uma alternativa para identificar a diversidade genética, é descrever a estrutura genética populacional e determinar a evolução da população através das gerações por meio da análise dos registros contidos no pedigree (VAN DER WERF, 2000).

Parâmetros como o coeficiente de endogamia, tamanho efetivo da população, diversidade genética, intervalo de gerações, entre outros, podem ser obtidos por meio da análise do pedigree, sendo os principais parâmetros utilizados para o estudo da estrutura genética de uma população. O tamanho efetivo da população dentro do processo evolutivo e na genética quantitativa é considerado um parâmetro-chave, pois mediante este parâmetro se obtém a medida da taxa de oscilação genética e da endogamia da população. Se o tamanho efetivo da população em gerações anteriores é baixo, maior será o número de ancestrais comuns e, conseqüentemente maior será o nível de endogamia. Normalmente, os produtores desejam manter no rebanho aqueles descendentes de touros que apresentarem maior mérito genético produtivo e reprodutivo, com o objetivo de fixar determinadas características, utilizando o acasalamento entre animais endogâmicos, o que leva ao aumento da taxa de

endogamia e que pode gerar efeitos negativos no rebanho tais como a diminuição geral na fertilidade, sobrevivência, vigor dos animais e menor variação de gametas (BREDA et al., 2004).

Com este estudo objetivou-se avaliar a estrutura populacional de um rebanho de bovinos da raça Caracu, com o intuito de gerar informações para manter a variabilidade genética no rebanho.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Origem dos dados**

O banco de dados utilizado neste estudo foi proveniente do rebanho de bovinos da raça Caracu, do Projeto de Melhoramento Genético da Raça Caracu, pertencente ao Centro Avançado de Pesquisas Tecnológicas dos Agronegócios (APTA Bovinos de Corte), do Instituto de Zootecnia (IZ), localizado no município de Sertãozinho, na região nordeste do estado de São Paulo (20° 10' latitude norte e 47° 57' longitude oeste), do Brasil. De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, a região possui clima Aw, tropical com estação seca de inverno, caracterizado por duas estações distintas: chuvosa, de abril a setembro e seca, de outubro a março, com temperatura e precipitações médias anuais de 22,5°C e 188,5 mm, respectivamente. A altitude média é de 579 metros acima do nível do mar. O Instituto possui 2.320,30 hectares, dos quais 1.051 (45,30%) estão destinados a pastagens. O tipo de solo é latossolo vermelho, as pastagens são constituídas principalmente de *Panicum maximum* e *Brachiaria Brizantha*.

A formação do Programa de Seleção de Bovinos Caracu ocorreu em 1970. Desde então, a população é mantida visando a seleção para produção de carne e conservação do material genético (PEREIRA et al., 2008). No manejo, o desmame é realizado por volta dos seis aos oito meses e, posteriormente, os machos participam de uma prova de desempenho em confinamento até um ano de idade. As fêmeas permanecem em regime de pastagem até os 18 meses de idade. Anualmente, são selecionados de três a quatro reprodutores. Após a seleção dos machos e fêmeas, estes permanecem

separadamente em pastagens até os dois anos de idade, para depois ingressar na estação de monta. A estação de monta é utilizada no sistema de acasalamento, em que as fêmeas são colocadas em regime de pastagem, formando lotes médios de 25 matrizes por touro, com tempo de duração da estação de monta de 90 dias, incluindo todas as classes de idades das matrizes dentro da estação de monta.

Os touros são utilizados por dois anos consecutivos e depois descartados. As matrizes são descartadas por motivos de doença, falha reprodutiva em dois anos consecutivos ou idade avançada ao redor dos 12 anos de idade.

## 2.2 Análise dos dados

Até o ano de 2015, o pedigree incluía 3.962 animais, dos quais 3.623 possuíam registro de nascimento de 1965 a 2015, sendo 1.780 (49,13%) machos e 1843 (50,87%) fêmeas. Realizou-se a análise de estrutura de todo o rebanho, dentro e entre gerações. O estudo da estrutura genética populacional do Caracu foi estimado pelo programa computacional ENDOG v. 4.0 (GUTIÉRREZ; GOYACHE, 2005) que realiza a análise genética da população a partir de registros de pedigree. Para numeração sequencial do pedigree, o software utilizado foi o *Contribution, Inbreeding, Coancestry* (CFC) 1.0 (SARGOLZAEI et al., 2006).

## 2.3 Coeficiente de endogamia

A diferença do coeficiente de endogamia ( $\Delta F$ ) entre a geração (t) e (t-1) foi calculada de acordo com Meuwissen e Luo (1992):

$$\Delta F = \frac{F_t - F_{t-1}}{1 - F_{t-1}},$$

Em que  $F_t$  é o coeficiente médio de endogamia estimado na geração atual; e  $F_{t-1}$  coeficiente médio de endogamia estimado na geração anterior.

## 2.4 Tamanho efetivo ou número efetivo da população

O tamanho efetivo da população ( $N_e$ ) foi estimado por meio da taxa de variação dos coeficientes médios de endogamia entre gerações sucessivas, no período de 1965 a 2015. Falconer e Mackay (1996) indicaram o cálculo de  $N_e$  por duas maneiras diferentes, as quais foram aplicadas neste estudo. Na primeira, utilizou-se a taxa de endogamia para cada geração.

$$N_e = \frac{1}{2\Delta F}; \quad \Delta F = \frac{F_t - F_{t-1}}{1 - F_{t-1}}$$

Em que  $F_t$  e  $F_{t-1}$  representam a taxa de endogamia média da progênie e de seus pais, respectivamente.  $N_e$  é definido como o número de animais reprodutores que contribuiriam para o atual aumento da endogamia se os mesmos contribuíssem igualmente para a geração seguinte. Na segunda maneira, calculou-se o  $N_e$  pela variância do tamanho das famílias baseado no número de reprodutores por geração em que:

$$N_e = \frac{4 N_m N_f}{N_m + N_f}$$

Em que  $N_m$  e  $N_f$  representam o tamanho da família, caracterizado pelo número de machos e fêmeas reprodutores mantidos no rebanho.

## 2.5 Coeficiente médio de parentesco

O coeficiente médio de parentesco é definido como a probabilidade de um alelo que foi selecionado ao acaso em toda a população ser determinado no animal (WRIGHT, 1922). Para a obtenção do coeficiente médio de parentesco (AR), foi utilizado o algoritmo proposto por Gutiérrez e Goyache (2005), disponível no programa computacional ENDOG V. 4.0.

## 2.6 Integridade de pedigree

De acordo com MacCluer et al. (1983), para obter a integridade dos pedigrees é necessário traçar o número de gerações totalmente determinadas, as gerações completas para cada animal no pedigree e o número máximo de

gerações determinadas. Isto permite identificar o quanto do pedigree, em cada geração, está completo. O número de gerações foi calculado de três maneiras distintas: número de gerações completas, obtido pelo número de gerações em que ambos os pais são conhecidos; número de gerações máximas, obtido pelo número total de gerações possíveis, sendo os pais conhecidos ou não; e número de gerações equivalentes, calculado pelo somatório de  $(1/2)^n$ , em que  $n$  é o número de gerações que o indivíduo é separado de cada ancestral do qual se tem registro conhecido.

## 2.7 Número efetivo de fundadores

Animais reprodutores que não possuem registros de pai e mãe são considerados fundadores. Segundo Boichard et al. (1997), o número efetivo de fundadores ( $F_e$ ) é obtido para avaliar a concentração de animais e genes originais, representando toda a variabilidade genética da população em estudo. O  $F_e$  é determinado pelo número esperado de reprodutores com pai e mãe desconhecidos (fundadores) e que contribuiu igualmente com material genético para formar a população (LACY, 1989). O  $F_e$  foi calculado como  $f_e = 1 / \sum_{k=1}^f q_k^2$  em que,  $q_k$  é a probabilidade de origem do gene  $K$ ésimo ancestral. O cálculo é feito empregando-se os coeficientes AR dos indivíduos fundadores; o parâmetro  $f_e$  calculado equivale ao cálculo de acordo com James (1972) se a população referência utilizada apresenta pedigree completo.

## 2.8 Número efetivo de ancestrais

O número efetivo de ancestrais  $f_a$  é calculado de forma parecida ao  $f_e$ , dado pela fórmula:

$$f_a = 1 / \sum_{j=1}^a q_j^2$$

Em que  $q_j^2$  é a contribuição marginal do  $j$ ésimo ancestral, sendo a contribuição marginal àquela realizada por um ancestral cuja contribuição genética não foi explicada por outro ancestral escolhido para o cálculo anteriormente. O número efetivo de ancestrais é determinado pelo número

mínimo de ancestrais, fundadores ou não, que explicam a diversidade genética da população em estudo (BOICHARD et al., 1997).

## 2.9 Intervalo de gerações

O intervalo de gerações (IG) segundo Falconer e Mackay (1996) é definido pela idade média dos pais ao nascimento da sua progênie mantida para a reprodução. O resultado de IG foi determinado computacionalmente de quatro formas distintas de seleção ou passagens gaméticas (pai-filho; pai-filha; mãe-filho; mãe-filha) utilizando-se datas de nascimento dos machos e fêmeas de toda a população. Para calcular o intervalo médio de gerações ( $L$ ) foi utilizada a seguinte fórmula:

$$L = \frac{1}{4} * (LPM + LPF + LMN + LMF)$$

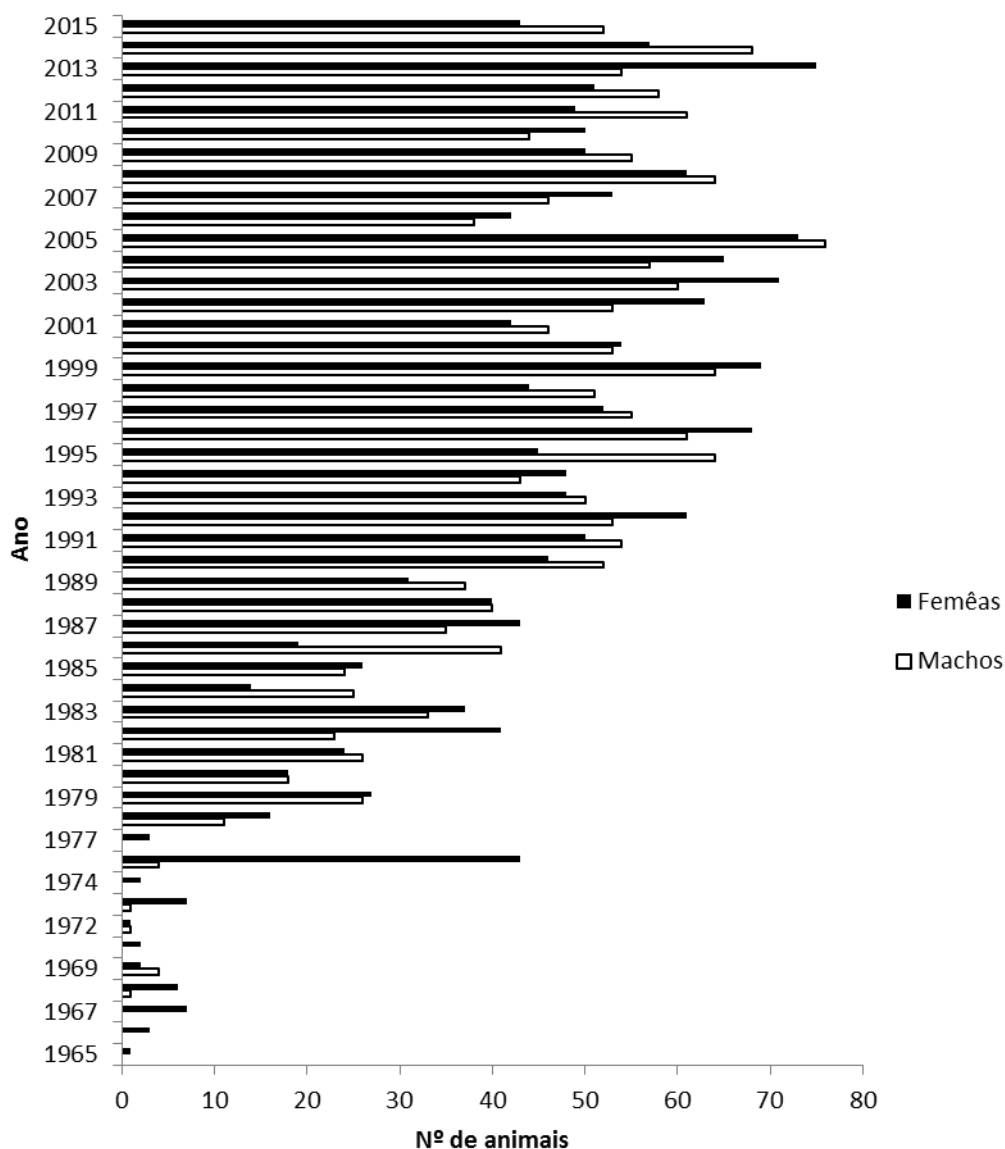
Em que LPM: intervalo médio pais e filhos, LPF: intervalo médio entre pais e filhas, LMM: intervalo médio entre mães e filhos e LMF: intervalo médio entre mães e filhas.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Análises de registros de nascimento

Observou-se por meio dos registros de nascimentos de machos e fêmeas (Figura 2.1), que entre 1965 e 1968, não houve nascimentos de machos. Contudo, considerando o período total de estudo (1965-2015), a proporção de nascimentos de machos e fêmeas foi equilibrada, com leve predomínio do nascimento de fêmeas (50,87%). Ao analisar a relação média de nascimentos de fêmeas por macho (1,48), pode-se observar que apenas em 1976 essa relação foi diferente dos demais anos (11 fêmeas por macho). Nos anos 1972, 1980 e 1988 houve a mesma proporção de nascimentos para ambos sexos.





**Figura 2.1.** Número de nascimentos de acordo com sexo do animal em uma população de bovinos da raça Caracu.

### 3.2 Número efetivo de fundadores ( $f_e$ ), número efetivo de ancestrais ( $f_a$ ) e razão entre número efetivo de fundadores e o número efetivo de ancestrais

Mediante o tamanho da população referência, que consiste em indivíduos cujos registros de ambos os pais são conhecidos, foi possível determinar o número de fundadores e ancestrais, os quais são responsáveis pela variabilidade genética da população (Tabela 2.1.). Dos 3.962 animais estudados, apenas 6,23% possuíam registro de um pai ou mãe conhecido.

**Tabela 2.1.** Parâmetros populacionais de uma população de bovinos da raça Caracu.

Tamanho de População analisada	3.962
População Base (apenas um progenitor conhecido)	247
Tamanho efetivo da população base	64,89
Número de ancestrais na população referência	198
Número efetivo de fundadores na população referência	26,9
Endogamia nos fundadores	0,77%
Endogamia média calculada	2,14%
Tamanho da população referência	3.717
Número efetivo de fundadores ( <i>fe</i> )	199
Número efetivo de ancestrais ( <i>fa</i> )	27
Número de ancestrais que explicam 50% da variabilidade genética	9

Do total de fundadores (199 animais), 141 eram fêmeas e 58 eram machos. As datas de nascimento dos fundadores variaram de 1976 a 1998. Dentre os fundadores, apenas dois animais (0,98%) tiveram ambos os pais desconhecidos, ou seja, a integridade do pedigree foi de 99,02%. A contribuição dos fundadores para a variabilidade genética da população variou de 0,01% a 8,18%. Entre os fundadores que contribuíram para explicar 50% da variabilidade genética da população, oito eram machos (8,18%; 7,63%; 7,49%; 6,45%; 5,79%; 4,46%; 4,12% e 3,59%) e apenas uma era fêmea (3,08%). Bernardes et al. (2016) estudaram a estrutura populacional de bovinos da raça Tabapuã e identificaram que a maior contribuição para a variabilidade da população estudada foi feita por um macho (5,23%) e que a maior contribuição individual nas fêmeas foi de 0,99%.

O cálculo do número efetivo de ancestrais permitiu identificar a contribuição de cada animal na população referência. O número de ancestrais (*fa*) observado na população foi igual a 27 (Tabela 2.1). O parâmetro *fa* é sempre igual ou menor a *fe*, o que indica efeito de “gargalo genético” no pedigree, sendo esta a principal causa de perda de alelos na população (CHARLESWORTH; CHARLESWORTH, 1987). O valor obtido para *fa* foi inferior aqueles obtidos por Filho et al. (2010) e Muniz et al. (2012) na raça Gir, Oliveira et al. (2012) em bovinos Nelore e Bernardes et al. (2016) em bovinos Tabapuã, os quais obtiveram valores de *fa* equivalentes a 75; 60; 260; 41 e

110, respectivamente. Contudo, Oliveira et al. (2011) observaram  $f_a$  de 21 em bovinos Nelore, muito próximo ao obtido neste estudo.

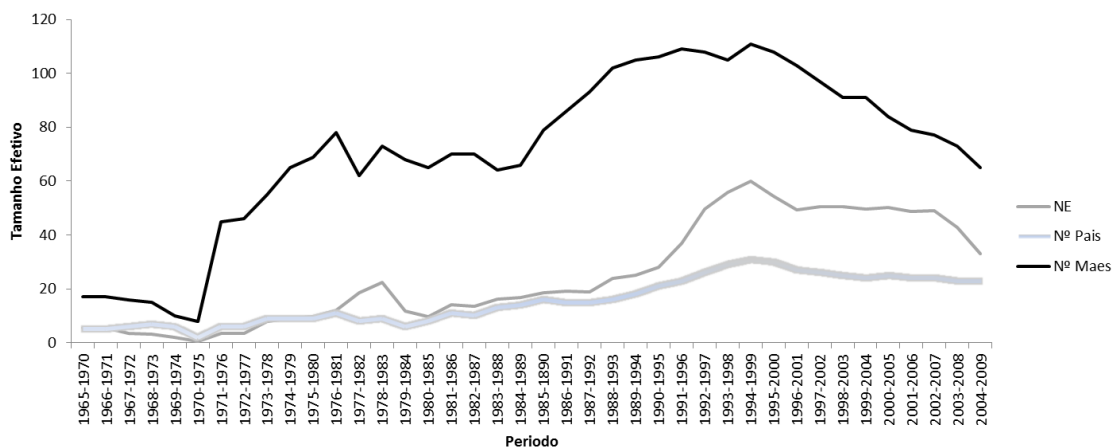
O número médio de fundadores ( $f_e$ ) e efetivo de ancestrais ( $f_a$ ) foram distintos (199 e 27, respectivamente). A razão de  $(f_e/f_a)$  calculada foi 7,37, indicando que a variabilidade desta população foi influenciada pelo efeito de gargalo genético. A razão  $(f_e/f_a)$  é resultado da diminuição do número de reprodutores, o que conduz ao incremento da endogamia e, por consequência, diminuição da variabilidade genética. O número de ancestrais responsáveis pela origem de 50% da variabilidade dos genes da população foi apenas 9 (Tabela 2.1). Filho et al. (2010), Muniz et al. (2012) e Oliveira et al. (2012) analisaram a raça Gir e observaram que 28, 39 e 171, respectivamente, de animais ancestrais que explicaram o 50% da variabilidade genética da população. Malhado et al. (2010) e Oliveira et al. (2011), obtiveram valores de 7 e 448 ancestrais, respectivamente em animais da raça Nelore. Sarmiento et al. (2017) trabalharam com a raça Normando e relataram o número de 20 animais; Bernardes et al. (2016) obtiveram 55 indivíduos na raça Tabapuã. Assim, na comparação com a literatura, concluiu-se que o resultado encontrado no presente trabalho para o número de ancestrais que explicam 50% da variabilidade genética da população foi considerado baixo.

### 3.3 Tamanho efetivo da população

Uma redução do tamanho efetivo da população foi observada (Figura 2.2) no período de 1965-1970 e 1970-1975, quando foram obtidos valores de 5,63 e 0,44, respectivamente. Após estes períodos, o tamanho efetivo aumentou, atingindo o valor máximo de 59,85 no período de 1994-1999. Do período de 1994-1999 a 1996-2001 e 2000-2005 a 2004-2009, houve decréscimo de 59,85 a 49,31 e 50,18 a 33,06, respectivamente.

A oscilação observada no tamanho efetivo da população ( $N_e$ ) durante alguns períodos de tempo pode ser atribuída ao desbalanceamento existente entre o número de touros e matrizes, pois quanto maior a diferença entre o número de touros e vacas em determinado ano, menor será o  $N_e$ . Além disso,

outros fatores tais como flutuação no tamanho populacional e as diferenças no sucesso reprodutivo podem ter influenciado o tamanho efetivo da população. O incremento do  $N_e$  após o período de 1970-1975 pode estar relacionado ao ingresso de novos animais no rebanho.



**Figura 2.2.** Tamanho efetivo, número de pais e número de mães no período de 1965-2009 em bovinos da raça Caracu.

Carneiro et al. (2006) observaram que maiores oscilações nos ganhos genéticos ocorrem quando a população possui menor  $N_e$ . Para Aggrey et al. (1995), esta oscilação genética é consequência da mudança aleatória na frequência alélica ao longo do processo seletivo, sendo maior nas populações em que o  $N_e$  é pequeno. Quando um touro é utilizado com muita intensidade, isto pode resultar no aumento da variação no tamanho da população (contribuição genética desigual para a próxima geração), em que o tamanho efetivo da população pode ser reduzido (FALCONER e MACKAY, 1996). Filho et al. (2010) obtiveram resultados mínimos e máximos para  $N_e$  de 25 e 200, respectivamente em gado Gir mocho, para o período de 1994 a 2002 e 2002 à 2003 e  $N_e$  decresceu de 200 para 95. Malhado et al. (2010) obtiveram valores mínimo de 0,85 e máximos de 339,75 para  $N_e$  em gado Nelore, desde 1950 a 2003. Os valores mínimos de  $N_e$  neste estudo foram semelhantes aos encontrados por Malhado et al. (2010).

Meuwissen e Woolliams (1994) sugeriram valores mínimos de 31 animais para  $N_e$ , com o intuito de evitar redução no valor adaptativo da população. Segundo Frankham (1995), o  $N_e$  mínimo deveria ser de 50 animais, a fim de prevenir a depressão endogâmica. Goddard e Smith (1990) sugerem

que o  $N_e$  mínimo por geração deve ser 40, em um sistema produtivo cujo objetivo seja aumentar o retorno econômico. Assim, o  $N_e$  médio encontrado para o presente trabalho atende as recomendações da literatura de  $N_e$  mínimo para evitar depressão endogâmica.

As médias de  $\Delta F$  por tipo de geração (Tabela 2.2) foram menores que o nível crítico sugerido pela FAO (FAO, 1998), a qual recomenda evitar  $\Delta F$  acima de 1% por geração. Os baixos valores dos coeficientes de  $\Delta F$  indicam que as práticas de acasalamento realizadas dentro do rebanho com fim de evitar a endogamia, estão sendo conduzidas adequadamente. Os valores obtidos para número médio dos diferentes tipos de gerações foram próximos aos obtidos por Sarmiento et al. (2017) trabalhando com a raça Normanda na Colômbia. Filho et al. (2010) estudaram a raça Gir e obtiveram valores de números médios próximos aos obtidos neste estudo (gerações máximas 8,89; completas 2,08 e equivalentes 3,86). Contudo, o valor de  $\Delta F$  foi mais alto para as gerações completas e equivalentes, de 1,14% e 0,74%, respectivamente (FILHO et al., 2010).

**Tabela 2.2.** Número médio de gerações, incremento de endogamia ( $\Delta F$ ) e tamanho efetivo ( $N_e$ ) por tipo de geração considerada

Tipos de gerações	Número médio	$\Delta F$ (%)	$N_e$
Máximas <sup>a</sup>	9,22	0,28	180,90
Completas <sup>b</sup>	3,00	0,87	57,39
Equivalentes <sup>c</sup>	5,43	0,54	92,38

<sup>a</sup> Número de gerações que separam o indivíduo de seu ancestral mais remoto.

<sup>b</sup> Gerações mais distantes em que todos os ancestrais são conhecidos.

<sup>c</sup> Somatório dos termos  $(1/2)^n$  de todos os ancestrais conhecidos, em que n é número de gerações que separem o indivíduo de cada ancestral conhecido.

Como pode se observar, o valor mais alto do  $\Delta F$  nas três gerações foi da geração completa, devido ao fato de quanto menor o número de ancestrais conhecidos, maior a probabilidade de ser detectado o incremento da endogamia. Para as gerações máximas o valor do  $\Delta F$  foi o mais baixo. Isso pode ser justificado pelo conhecimento da maior parte dos ancestrais, indicando que há menor probabilidade de se encontrar altas taxas de endogamia. Nas gerações equivalentes, os resultados foram intermediários, devido ao fato de que para calcular este valor todos os ancestrais conhecidos e os ancestrais não conhecidos são considerados.

Os valores de coeficiente de endogamia (F) estimados para as quinze gerações apresentarem magnitudes crescentes (Tabela 2.3), passando de 0,47% na terceira geração para 4,07% na décima quinta. Da mesma maneira, o parentesco médio foi de 0,47% na geração zero, aumentando para 8% na décima quinta geração. Pereira et al., (2005) que trabalharam com parte dos registros deste rebanho, obtiverem coeficiente de endogamia médio anual de 0,50%, semelhante ao resultado encontrado para este trabalho.

**Tabela 2.3.** Número de Gerações máximas em bovinos Caracu.

Geração	N	F(%)	POR (%)	FC (%)	AR (%)	Ne
0	203	0,00	-	-	0,47	-
1	80	0,00	-	-	0,85	-
2	50	0,00	-	-	1,96	-
3	40	0,47	5,00	9,38	2,87	106,6
4	85	0,92	12,94	7,10	4,16	110,4
5	169	1,72	21,30	8,05	4,51	62,2
6	232	1,35	42,24	3,20	5,85	-
7	290	1,52	60,43	2,52	6,35	-
8	337	1,59	79,23	2,00	6,77	-
9	424	1,39	91,27	1,52	7,34	-
10	370	1,63	89,19	1,82	7,37	-
11	389	2,70	97,43	2,77	8,04	49,7
12	370	3,13	95,95	3,26	8,10	113,2
13	379	3,43	98,94	3,46	8,20	163,6
15	426	3,82	100,00	3,82	8,26	123,5
15	118	4,07	100,00	4,07	8,20	195

(-) valor não estimado; (N) Número de animais; (F) Coeficiente de endogamia; (POR) Porcentagem de indivíduos endogâmicos; (FC) Coeficiente de endogamia considerando apenas os animais endogâmicos; (AR) Parentesco médio; (Ne) Tamanho efetivo.

A pouca variação do coeficiente médio de (F) ao longo das gerações, pode ser justificada pelo equilibrado uso dos touros na estação de monta. Quando o coeficiente de endogamia é baixo ou possui pouca variação, isto pode ser relacionado com uma baixa integridade do pedigree, principalmente dos progenitores, conduzindo a subestimação deste parâmetro. Caso contrário, a variação do F pode se manter durante as gerações como ocorreu no presente estudo, indicando alta integridade do pedigree. A média de F considerando apenas os animais endogâmicos foi de 9,38% para a terceira geração e 1,28% na décima geração. Isso possivelmente está relacionado ao aumento no controle genealógico nesse período, o que levou a uma maior atenção na orientação dos acasalamentos ao longo das gerações, minimizando

os acasalamentos entre indivíduos aparentados. Pereira et al., (2005) que trabalharam com parte deste conjunto de dados, obtiveram média de F entre animais endogâmicos de 1,83%. Como pode ser observado na Tabela 2.3 o  $N_e$  não foi estimado da sexta a décima geração, isto é justificado pelo fato que quando o coeficiente de endogamia diminuiu de uma geração para outra o programa não consegue estimador o valor de  $N_e$  seguinte.

O coeficiente de endogamia médio, o coeficiente de relacionamento médio e a porcentagem de indivíduos endogâmicos para gerações completas na população de bovinos da raça Caracu são apresentados na Tabela 2.4. O número de gerações completas é definido como a quantidade de gerações que separam a progênie da geração mais distante que tenham a informação de ambos os ancestrais conhecidos e aqueles animais que não tem informação no pedigree, são colocados na geração zero. Observou-se pequeno número de animais presentes na sexta geração.

**Tabela 2.4.** Número de gerações completas em bovinos Caracu.

Geração	N	F(%)	POR (%)	FC (%)	AR (%)	$N_e$
0	247	0,00	-	-	0,89	-
1	324	0,20	7,41	2,56	3,58	254,6
2	805	1,15	55,16	2,08	5,98	52,4
3	1062	2,14	94,17	2,28	7,26	49,6
4	906	2,97	96,36	3,08	8,02	59,1
5	561	4,02	100,00	4,02	8,64	46,0
6	57	4,75	100,00	4,75	8,91	66,1

(-) Valor não estimado; (N) Número de animais; (F) Coeficiente de endogamia; (POR) Porcentagem de indivíduos endogâmicos; (FC) Coeficiente de endogamia considerando apenas os animais endogâmicos; (AR) Parentesco médio; ( $N_e$ ) Tamanho efetivo

O aumento do coeficiente de endogamia e parentesco médio ao longo das gerações (Tabela 2.4) torna-se evidente, o aumento do número de animais endogâmicos na população, ocasionado pelo uso de poucos reprodutores (tous e/ou matrizes) dentro do rebanho. O tamanho efetivo da população calculado para geração completa foi de 254,6 para a primeira geração, durante as seis gerações obtidas. Na quinta geração foi registrada o menor  $N_e$ , sendo 46 no total. A FAO (1998) considera como nível crítico para uma população se o tamanho efetivo da população é inferior a 50 animais por geração. Com base neste critério os valores da terceira e quinta geração se encontram abaixo do

nível crítico, estabelecido pela FAO. Filho et al. (2010) com gado Gir, reportarem valores menores ao valor crítico na segunda (16,10) e quarta (36,60) geração. Na geração subsequente, o tamanho de  $N_e$  teve um incremento, com valor acima do nível crítico. Para evitar a redução da variabilidade genética nos bovinos da raça Caracu sugere-se a introdução de novos animais no rebanho a fim de evitar a intensa utilização de poucos reprodutores.

### 3.4 Intervalos de gerações

A idade média dos pais no nascimento da sua progênie foi alta (Tabela 2.5). Esta magnitude pode ser atribuída à longevidade que alguns dos animais mantidos no rebanho apresentaram, tendo casos no pedigree de animais com 18 anos de idade. Filho et al. (2010) com bovinos Gir obtiveram estimativa para o intervalo médio de geração de 8,25. Valor inferior foi obtido por Caires et al. (2012) (7,3) na raça Tabapuã. Canaza-Cayo et al. (2014) obtiverem em animais Girolando, valor próximo ao obtido neste estudo (5,26). Os resultados obtidos neste estudo demonstram que a substituição mais rápida dos reprodutores neste rebanho, poderá resultar em maior ganho genético por geração.

**Tabela 2.5.** Via de passagem gamética, número de indivíduos (N), média ( $\bar{X}$ ), desvio padrão (DP) e erro-padrão (EP) da média do intervalo de gerações (anos).

	N	$\bar{X}$	DP	EP
Intervalo Pai-Filho	108	5,33	8,82	0,84
Intervalo Pai-Filha	796	4,65	3,98	0,38
Intervalo Mae-Filho	111	7,58	8,74	0,84
Intervalo Mae-Filha	813	6,27	2,71	0,26
Total	1828	5,60	4,49	0,10

Os intervalos de passagem gaméticas mais altos ocorreram nas fêmeas (Tabela 2.5), tanto de mãe-filho (7,58) como mãe-filha (6,27). Portanto, a substituição de touros e vacas por seus descendentes ocorre de forma mais rápida nos touros por meio das fêmeas do que nas outras passagens gaméticas, sendo que as vacas são mantidas por mais tempo no rebanho, contribuindo com o aumento do coeficiente médio de endogamia do rebanho.



A idade média dos pais ao nascimento dos filhos foi 5,01 (Tabela 2.6). Este valor pode conduzir a redução do ganho genético por unidade de tempo. O incremento do coeficiente de endogamia com passar dos anos é resultado da manutenção dos animais por um maior período de tempo, em que podem ocorrer acasalamentos entre parentes. A idade da mãe ao nascimento do filho é maior em relação às demais idades estudadas (pai-filho, pai-filha e mãe-filha). Este resultado pode ser justificado devido a utilização contínua de determinadas matrizes, sem haver sua rápida substituição por seus descendentes.

**Tabela 2.6.** Vias de passagem gaméticas, número de indivíduos (N), média ( $\bar{X}$ ), desvio padrão (DP) e erro-padrão (EP) da média da idade dos pais em anos ao nascimento da progênie.

	N	$\bar{X}$	DP	EP
Intervalo Pai-Filho	1739	3,53	10,38	0,24
Intervalo Pai-Filha	1724	3,36	9,23	0,22
Intervalo Mae-Filho	1760	6,5	3,57	0,08
Intervalo Mae-Filha	1757	6,3	2,85	0,06
Total	6980	5,01	7,42	0,08

### 3.5 Coeficiente de endogamia (F) e parentesco médio (AR)

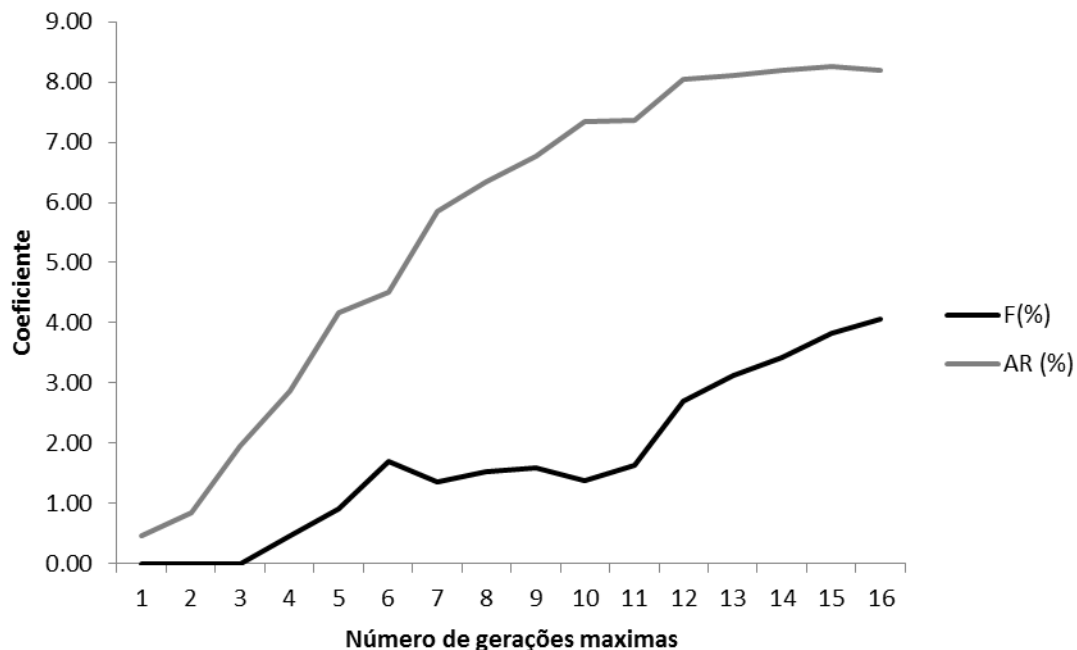
A relação entre o coeficiente de endogamia (F) e parentesco médio (AR) por gerações máximas pode ser observada na Figura 2.3. Observou-se incremento no coeficiente de endogamia na segunda geração. Da segunda até a quarta geração, o coeficiente de endogamia foi mantido entre 0 e 1%, devido ser um período em que a formação do rebanho e a genealogia de alguns animais era desconhecida. Contudo, a recuperação e incorporação da genealogia destes animais ao pedigree poderia resultar em grandes contribuições ao estudo dessa população. A partir da quarta até a décima geração, o valor de F foi mantido entre 1 e 2%. Porém da décima até a décima quinta geração, o F foi de 2 a 4,07%, sendo na décima terceira geração o valor mais alto obtido (F=4,07%). Como se esperava, o nível de F aumentou com o decorrer das gerações, pois quanto mais gerações de um indivíduo são conhecidas, maior é

a possibilidade um ancestral de grande importância aparecer mais de uma vez no pedigree.

Segundo Queiroz et al. (2000), normalmente o incremento de F acontece ao longo das gerações. Esta tendência foi observada no presente estudo (Figura 2.3), sendo que o aumento de F foi diretamente influenciado pela estrutura do rebanho, pois animais fundadores que não possuíam genealogia conhecida, como passar do tempo, se acasalam dentro do rebanho, fazendo com que o grau de parentesco entre indivíduos aumente, resultando conseqüentemente no aumento da endogamia. Dadar et al. (2014) em bovinos da raça Holandesa observaram valores máximos de F de 5,3%. Scraggs et al. (2013) obtiverem valores máximos para F de 7,14% em bovinos Wagyu. Como pode-se observar, o nível de endogamia máximo encontrado no trabalho foi de 4,07% (Figura 2.3) inferior ao reportado por outros autores.

O parentesco médio de AR sofreu incremento ao longo das gerações (Figura 2.3). A elevação pode ser justificada pelo aumento de acasalamentos entre indivíduos aparentados e pelo pequeno tamanho efetivo da população (valor de  $N_e$ ). O valor máximo registrado por geração para AR foi 8,26% (décima quinta geração) e o valor mínimo foi de 0,47% (geração zero). Bernardes et al. (2016), trabalhando com a raça Tabapuã, obtiverem valor máximo para AR de 1,57%. Muniz et al. (2012) na raça Nelore observaram valor máximo para AR de 1,80%.

A utilização de animais com menores valores de AR nos acasalamentos permitirá a maior participação dos animais que são poucos utilizados no rebanho e poderá contribuir para diminuição da endogamia e evitar possíveis perdas de material genético (OLIVEIRA et al., 2012).



**Figura 2.3.** Coeficiente de endogamia (F) e parentesco médio (AR)

### 3.6 Integridade do pedigree

O pedigree dos 3.962 animais registrados desde 1965 até 2015 apresentou 94,33%; 89,42%; 81,9%; 75,81% e 62,22% animais presentes que possuíam registros de pedigree na quinta, quarta, terceira, segunda e primeira ascendência, respectivamente (Figura 2.4). Este tipo de informação é importante pois permite uma estimativa mais precisa dos parâmetros da estrutura populacional, pois quanto mais completo for o pedigree, mais confiáveis serão os resultados. Observou-se a perda da integridade através das gerações. É importante evidenciar a pequena diferença entre a linha materna e paterna, sendo as informações mais completas na linha materna (94,83%) que na linha paterna (93,82%). Este fato pode ter sido ocasionado pela maior retenção das fêmeas no rebanho em comparação aos machos.

Na quinta geração, a porcentagem mínima de ancestrais conhecidos foi de 42,86% e a porcentagem máxima 76,61%. Segundo Te Braake et al. (1994), se a informação contida no pedigree é superficial, as estimativas obtidas podem ser subestimadas, tais como o coeficiente de endogamia e o número de

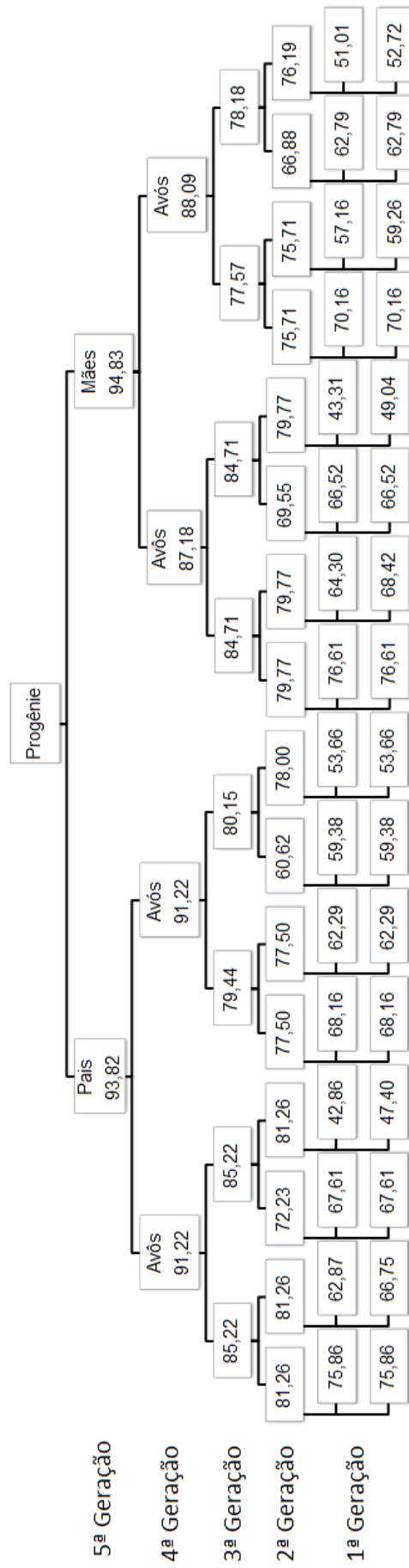
animais endogâmicos e/ou mesmo serem superestimada no caso do coeficiente de endogamia de animais endogâmicos. De acordo com Faria et al. (2010), a integridade do pedigree é importante para as estimativas de parâmetros populacionais, porque a determinação do coeficiente de endogamia de um indivíduo depende do quanto sua ascendência é conhecida, pois quanto mais completa for sua informação, mais confiável será o F estimado em relação à população estudada.

Segundo Malhado et al. (2010), é fundamental realizar a avaliação dos valores baixos de endogamia, pois podem ser devido a um manejo adequado dos acasalamentos entre animais aparentados, pela baixa qualidade da informação e ou pela falta de informação do pedigree gerando valores subestimados. Deste modo, houve incremento do nível de endogamia de geração após geração, demonstrando que este parâmetro depende da estrutura e grau de conhecimento do pedigree (Figura 2.3; Tabela 2.3 e Tabela 2.4.).

Na Tabela 2.7, pode-se observar a média para a integridade na genealogia dos pais e mães, em relação aos ascendentes que eles apresentavam. O grau de integridade dos pais em relação aos avôs, bisavôs, trisavôs e tetravôs, foi maior em relação às mães, isto pode ser justificado pelo fato que normalmente nos machos se tem um maior controle de quais foram seus antecessores, pois os touros são as principais fontes de material genético e procurasse evitar que aumentar os níveis de endogamia na população. Valores próximos para os pais e mães foram observados nos bisavôs, trisavôs e tetravôs, possivelmente devido ao pequeno número de registros que estes ascendentes apresentavam.

**Tabela 2.7.** Porcentagem de integridade do pedigree para cada um dos graus de parentesco.

Tipo de parentesco	Pais	Mães	Média pais e mães
Avôs	91,22%	87,64%	89,43%
Bisavôs	82,51%	81,29%	81,90%
Trisavôs	76,20%	75,42%	75,81%
Tetravôs	62,12%	62,34%	62,23%



**Figura 2.4.** Detalhamento da contribuição de cada tipo de ascendente na genealogia do rebanho de Caracu até a quinta geração.

#### 4. CONCLUSÕES

Considerando a estrutura populacional do rebanho e seu manejo, a endogamia média do rebanho não foi considerada de alta magnitude. Houve presença de gargalo genético na população em estudo, indicando que possivelmente ocorreu um decréscimo populacional em algum período de tempo, gerando aumento na deriva genética na população, sendo inversamente proporcional ao tamanho efetivo da população. Os intervalos de geração apontam que os animais do rebanho são substituídos frequentemente, o que contribuirá para aumentar o ganho genético anual daquelas características submetidas à seleção junto ao programa de melhoramento genético na raça Caracu.

#### 5. REFERÊNCIAS

- AGGREY, S.E.; LIN, C.Y.; CHENG, K.M. Size of breeding populations required for selection programs. **Theoretical and Applied Genetic**, Berlin, v.91, p.553-556, 1995.
- BERNARDES, P.A.; GROSSI, D.A.; SAVEGNAGO, R.P.; BUZANSKAS, M.E.; RAMOS, S.B.; ROMANZINI, E.P.; GUIDOLIN, D.G.F.; BEZERRA, L.A.F.; LÔBO, R.B.; MUNARI, D.P. Population structure of Tabapuã beef cattle using pedigree analysis. **Livestock Science**, Amsterdam, v.187, p.96-101, 2016.
- BOICHARD, D.; Maignel, L.; VERRIER, E. The value of using probabilities of gene origin measure genetic variability in a population, **Genetic Selection Evolution**, Paris, v.29, p.5-23, 1997.
- BREDA, F.C.; EUCLYDES, R.F.; PEREIRA, C.S.; TORRES, R.A.; CARNEIRO, P.L.S.; SARMIENTO, J.L.R.; FILHO, R.A.T.; MOITA, A.K.F. Endogamia e limite de seleção em populações selecionadas obtidas por simulação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.33, p.2017-2025, 2004.
- CAIRES, D.N.; MALHADO, M.C.H.; SOUZA, L.A.; NETO, T.R.M.; CARNEIRO, P.L.S.; FILHO, M.R. Tabapuã breed in North eastern Brazil: genetic progress and population structure. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.41, p.1858-1865, 2012.
- CANAZA-CAYO, A.W.; LOPES, P.S.; SILVA, B.G.V.M.; COBUCI, J.A.; TORRES, A.R.; MARTINS, F.M.; ARBEX, W.A. Population structure of Girolando breed. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, p.2072-2077, 2014.
- CARNEIRO, P.L.S.; MALHADO, C.H.M.M.; EUCLYDES, R.F. TORRES, R.de A.; LOPES, P.S.; CARNEIRO, A.P.S.; CUNHA, E.E. Oscilação genética em populações submetidas a métodos de seleção tradicionais e associados a marcadores moleculares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.35, p.84-91, 2006.

CHARLESWORTH, D.; CHARLESWORTH, B. Inbreeding depression and its evolutionary consequences. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v.18, p.237-268, 1987.

DADAR, M.; MAHYARI, S.A.; ROKEUEI, M.; EDRISS, M.A. Rates of inbreeding and genetic diversity in Iraanian Holstein Cattle. **Animal Science Journal**, Tokyo, v.85, p.888-894, 2014.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. 4<sup>th</sup> ed. Harlow: Longman House, 1996.

FAO. **Secondary guidelines for development of national farm animal genetic resources management plans: management of small populations at risk**. Rome: Food and Agricultural Organization, 1988. 215p

FARIA, L.C.; QUEIROZ, S. A.; VOZZI, P.A.; LÔBO, C.U.M.; OLIVIEIRA, J.A. Variabilidade genética da raça Brahman no Brasil detectada por meio de análise de pedigree. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.45, p.1133-1140.2010.

FILHO, J.C.R.; LOPES, P.S.; VERNEQUE, R.S.; TORRES, R.A.; TEODORO, R.L.; CARNEIRO, P.L.S. Population structure of Brazilian Gyr dairy cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.39, p.2640-2645, 2010.

FRANKHAM, R. Conservation genetics, **Annual Riview of Genetics**, Palo Alto, v.29, p.305-327.1995.

GODDARD, M.G.; SMITH, C. Optimum number of bull sires in dairy cattle breeding. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.73, p.1113-1122, 1990.

GUTIÉRREZ, J.P.; GOYACHE, F. A note on ENDOG: a computer program for monitoring genetic variability of populations using pedigree information. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, Berlin, v.122, n.3, p.172-176, 2005.

JAMES, J.W. A note on selection differentials and generation length when generations overlap. **Animal Production**, Edinburg, v.24, p.109-112, 1972.

LACY, R.C. Analysis of founder representation in pedigrees: founder equivalent and founder genome equivalents. **Zoo Biology**, Malden, v.8, p.111-123, 1989.

MacCLUER, J.W.; BOYCE, J.A.; DYKE, B.; WEITKAMP, L.R.; PFENNIG, D.W.; PARSONS, C.J. Inbreeding and pedigree structure in Standardbred horses. **Journal of Heredity**, Washington, v.74, p.394-399, 1983.

MALHADO, C.H.M.; CARNEIRO, P.L.S.; MALHADO, A.C.M.; FILHO, M.R.; BOZZI, R. LADLE, R.J. Genetic improvement and population structure of the Nelore breed in Northern Brazil. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, DF, v.45, p.1109-1116.2010.

MEUWISSEN, T.H.E.; LUO, Z. Computing inbreeding coefficients in large populations. **Genetics Selection Evolution**, Paris, v.24, p.305-313, 1992.

MEUWISSEN, T.H.E.; WOOLLIAMS, J. Effective sizes of livestock populations to prevent a decline in fitness. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.89, p.1019-1026, 1994.

MUNIZ, L.M.S.; SOUZA, L.A.; BARBOSA, A.C.B. AMBROSINI, D.P. OLIVEIRA, A.P.CARNEIRO, P.L.S.; MALHADO, C.H.M.; FILHO, M.R.; DUARTE, R.A.B. A raça Gir Mocha na região Nordeste do Brasil: estrutura genética populacional

via análise de pedigree. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia**, Belo Horizonte, v.64, p.1656-1664, 2012.

OLIVEIRA, P.S.; JÚNIOR, M.L.S.; PEDROSA, V.B.; OLIVEIRA, E.C.M.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S. Estrutura populacional de rebanho fechado da raça Nelore da linhagem Lemgruber. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.46, p.639-647, 2011.

OLIVEIRA, A.P.; MALHADO, M.C.H.; CARNEIRO, P.L.S.; FILHO, R.M.; SILVEIRA, E.S.; SOUZA, L.A.; MUNIZ, S.L.M.; AZEVÊDO, R.M.M.D. Pedigree analysis on the population of Gir cattle in Northeast Brazil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.41, p.1153-1157, 2012.

PEREIRA, M.C.; MERCADANTE, M.E.Z.; ALBUQUERQUE, L.G.; RAZOOK, A.G. Estimativa de Ganho Genético a Partir de Diferenciais de Seleção e Parâmetros Populacionais em um Rebanho Caracu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.34, p.2245-2252, 2005.

PEREIRA, M.C.; MERCADANTE, M.E.Z.; RAZOOK, G.A. Results of 23 years of selection for post-weaning weight in a Caracu beef herd. **South African Journal of Animal Science**, Silverton, v.38, p.136-136, 2008.

QUEIROZ, S.A.de; ALBUQUERQUE, L.G.de; LANZONI, N.A. Efeito da endogamia sobre características de crescimento de bovinos da raça Gir no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.29, p.1014-1019, 2000.

SARGOLZAEI, M.; IWASAKI, H.; COLLEAU, J.J.CFC: a tool for monitoring genetic diversity. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 8., 2006, Belo Horizonte. **Anais eletrônicos...**

SARMIENTO, D.R.; TULLO, E.; RIZZI, R. Pedigree-based analysis of genetic variability in the registered Normande cattle breed in Colombia. **Animal Production Science**, Collingwood, v.57, p.442-429, 2017.

SCRAGGS, E.; ZANELLA, R.; WOJTOWICS, A.; TAYLOR, J.F.; GASKINS C.T.; REEVES, J.J.; de AVILA, J.M.; NEIBERGS, H.L. Estimation of inbreeding and effective population size of full-blood wagyu cattle registered with the American Wagyu Cattle Association. **Animal Breeding and Genetics**, New Delhi, v.131, p.3-10, 2014.

SPRITZE, A.; EGITO, A.A.; MARIANTE, A.S.; McMANUS, C. Genetic characterization of Criollo Lageano cattle by RAPD markers. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.38, p.1157-1164, 2003.

TE BRAAKE, M.F.H.; GROEN, A.F.; VAN DER LUGHT, A.W. Trends in inbreeding in Dutch Black and White dairy cattle. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, Oxford, v.111, p.356-366, 1994.

VAN DER WERF, J. Inbreeding and the effects of increased prolificacy. In: KINGHORN, B.; VAN DER WERF, J.; RYAN, M. (Ed.). **Animal breeding: use of new technologies**. Armidale: University of New England, 2000. p.187-198.

WRIGHT, S. Coefficients of inbreeding and relationship. **The American Naturalist**, Chicago, v.56, p.330 - 338, 1922.



### **CAPITULO 3. ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE INTERESSE ECONÔMICO EM BOVINOS DA RAÇA CARACU**

**RESUMO-** O Caracu é uma das principais raças crioulas brasileiras adaptadas as diferentes condições ambientais do país, sendo por isso importante gerar informações que possam ser incluídas no programa de melhoramento genético adotado pela raça, a fim de indicar possíveis critérios de seleção que possam vir a favorecer as características de interesse econômico. Objetivou-se estimar os parâmetros genéticos para as características peso corporal da fêmea na entrada (PEP) e na saída (PSP) da primeira estação de monta, idade ao primeiro parto (IPP), peso corporal da vaca ao primeiro parto (PPP), peso corporal da vaca ao primeiro desmame (PPD) e perímetro escrotal aos 378 dias (PE378) em bovinos Caracu. Foram analisados 3682 registros de animais nascidos entre os anos de 1978 a 2014, provenientes do rebanho bovino da raça Caracu, participantes do Programa de Seleção das Raças Zebuínas e Caracu, mantido no Centro Avançado de Pesquisas Tecnológicas dos Agronegócios (APTA Bovinos de Corte), Instituto de Zootecnia (IZ), Sertãozinho, São Paulo. Os componentes de variância foram estimados pelo método de máxima verossimilhança restrita (REML) sob modelo animal uni-característica; bi-característica e multi-característica para todas as características estudadas. O modelo animal incluiu o efeito fixo de ano de nascimento os efeitos aleatórios genético aditivo e residual e para PE378 também foi considerada a covariável linear idade do animal na mensuração. As estimativas de herdabilidade e seus respectivos erros padrão obtidos para as características estudadas variaram de  $0,10 \pm 0,06$  (IPP) a  $0,46 \pm 0,08$  (PPD). A correlação genética negativa e favorável entre o PE378 e IPP ( $-0,37 \pm 0,30$ ) indica que a seleção para perímetro escrotal nos machos poderá beneficiar a precocidade sexual das fêmeas.

**Palavras-chave:** gado de corte, fertilidade, estimativa de herdabilidade, peso, precocidade sexual.

## ESTIMATES OF GENETIC PARAMETERS FOR ECONOMIC INTEREST TRAITS IN CARACU CATTLE

**ABSTRACT** - Caracu is one of the most important Brazilian Creole breeds, which are adapted to different country environmental conditions, therefore it is important to generate information to include in the Caracu genetic breeding programs to indicate the selection criteria to favor the traits of economic interest. The aim of this study was to estimate the genetic parameters for the body weight of the cow at the beginning (WBF) and at the end (WEF) of the first breeding season, age at first calving (AFC), body weight of cow at first calving (WFC), body weight of cow at first weaning (WFW) and scrotal circumference measured at 378 days (SC378) in Caracu beef cattle. A total of 3.682 animal records were analyzed born between 1978 and 2014, from the Caracu cattle herd, participants of the Breed Selection Program Zebuínas and Caracu, maintained at the Advanced Technological Research Center of Agribusiness (APTA Bovinos de Corte), Institute of Animal Science and Pastures (IZ), Sertãozinho, São Paulo. The components of variance were estimated by the restricted maximum likelihood (REML) method under animal model (uni-trait, bi-trait and multi-trait). The animal model includes the fixed effect of year of birth and the SC378 as a linear covariate (considering the age of the animal as the measurement), and random direct additive genetic and residual effects. Heritability estimates and their respective standard errors obtained for the traits studied ranged from  $0.10 \pm 0.06$  (AFC) to  $0.46 \pm 0.08$  (WFW). Negative and favorable genetic correlations between SC378 with WFW ( $-0.33 \pm 0.20$ ) and AFC ( $-0.37 \pm 0.30$ ) indicated that selection for scrotal circumference may benefit female precocity and to improve the body weight of cow at first weaning.

**Keywords:** beef cattle, body weight, fertility, heritability estimates, sexual precocity.

## 1. INTRODUÇÃO

As características de crescimento, produtivas e reprodutivas em bovinos de corte apresentam grande variação ao longo da vida do animal. Os pesos corporais, alturas em diferentes idades, e perímetro escrotal (PE), podem ser influenciados por fatores nutricionais, genéticos e de manejo, de acordo com diferentes regiões ou fazendas, ou também com os critérios de seleção adotados nos programas de melhoramento genético das fazendas (MALHADO et al., 2002).

Os parâmetros genéticos são importantes pelo fato de serem utilizados para a obtenção de respostas diretas e correlacionadas, elaboração dos índices de seleção e predição dos valores genéticos dos animais. Essas informações permitem identificar animais geneticamente superiores, os quais irão transmitir seu potencial genético a sua progênie (De LIRA et al., 2008; MONTES et al., 2009; GARAY et al., 2014).

A idade ao primeiro parto (IPP) é uma característica mensurada em idades jovens e de fácil obtenção, obtida em fêmeas que são colocadas em reprodução e apresenta variabilidade genética de baixa magnitude resultando em resposta à seleção lenta (GROSSI et al., 2009; BOLIGON et al., 2010; BOLIGON e ALBUQUERQUE 2011; BUZANSKAS et al., 2012; REGATIERI et al., 2012). Poucos autores correlacionam os pesos para desempenho reprodutivo em fêmeas (PEP, PSP e PPD) com a IPP, pois o incremento de peso corporal ao longo da vida das matrizes não é desejável, pois matrizes mais pesadas poderiam gerar maiores custos de manutenção, além de diminuir as taxas de reprodução em ambientes onde a disponibilidade de alimento é limitada e de baixo valor nutricional (GROSSI et al., 2015).

O perímetro escrotal (PE) é uma das principais características que afeta o desempenho reprodutivo dos touros, pois influencia a precocidade sexual dos machos, também qualidade e quantidade dos espermatozoides. Esta característica possui fácil mensuração, que pode ser realizada em diversas idades (por exemplo, aos 365 dias, 450 dias e 550 dias) (FRIZZAS et al., 2008). Em programas de melhoramento genético, o PE tem sido amplamente

utilizado como critério de seleção para melhorar algumas características reprodutivas em machos e fêmeas. Contudo, poucos trabalhos têm sido publicados sobre estimação da correlação entre PE e pesos das matrizes em diferentes ciclos reprodutivos, para as diferentes raças bovinas de corte (BUZANSKAS et al., 2010; BOLIGON; BALDI e ALBUQUERQUE 2011).

No presente trabalho, objetivou-se estimar parâmetros genéticos para as características associadas ao desempenho reprodutivo em uma população de bovinos Caracu, para estabelecer critérios de seleção que possam atender os objetivos dos programas de melhoramento da raça.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Descrição dos dados**

Foram analisados dados de animais da raça Caracu, pertencentes ao Programa de Seleção das Raças Zebuínas e Caracu do Centro Avançado de Pesquisas Tecnológicas dos Agronegócios (APTA Bovinos de Corte), unidade de pesquisa do Instituto de Zootecnia (IZ), localizado no município de Sertãozinho, São Paulo, Brasil. Os dados utilizados neste estudo foram colhidos em animais nascidos no período de 1978 a 2014. Mediante a formação do Programa de Seleção de Bovinos Caracu em 1970, a população é mantida visando à seleção para produção de carne e conservação do material genético (PEREIRA et al., 2008).

Foram consideradas as seguintes características: peso corporal da fêmea na entrada (PEP) e na saída (PSP) da primeira estação de monta, idade ao primeiro parto (IPP), peso corporal da vaca ao primeiro parto (PPP), peso corporal da vaca ao primeiro desmame (PPD) e perímetro escrotal aos 378 dias (PE378) em bovinos da raça Caracu.

### **2.2 Organização dos arquivos de dados**

O pedigree dos animais foi renumerado por meio do programa computacional CFC (SARGOLZAEI et al., 2006). Análises pelo método dos

quadrados mínimos, utilizando o procedimento GLM do programa computacional SAS (SAS 9.1, SAS Institute, Cary, NC, USA), auxiliaram na definição de efeito fixo considerados nos modelos para análise genética, ano de nascimento para PEP, PSP, PPP, PPD, IPP e PE378. A co-variável linear idade da mãe não teve efeito significativo ( $P>0,05$ ) sobre as características, não sendo incluída no modelo. Com exceção da característica PE378, o efeito linear da idade do animal não foi significativo ( $P>0,05$ ) para as demais características. As pressuposições para a análise de variância (normalidade dos resíduos e homogeneidade da variância) foram verificadas e atendidos. As características PEP IPP; PPP e PE378 foram transformadas para atender as exigências de normalidade dos resíduos, respectivamente em  $(PEP)^{1/2}$ , logaritmo (IPP), logaritmo (PPP) e  $(PE378)^2$ . Foram excluídas do arquivo final as observações das características cujos registros padronizados estavam acima ou abaixo de 3,5 desvios-padrão.

### 2.3 Estimação dos componentes de variância

A estimação dos parâmetros genéticos, fenotípicos e ambientais para as características PEP, PSP, IPP, PPP, PPD e PE378 foi realizada por meio do método de máxima verossimilhança restrita (REML) sob modelo animal, utilizando o programa WOMBAT (MEYER, 2007). Para obter estimativas de (co) variâncias aditivas e residuais iniciais para a análise multi-característica, realizou-se análises uni e bi-características. O modelo animal proposto para a análise multi-característica:

$$y = Xb + Za + e$$

Em que  $y$  é o vetor da variável dependente ou vetor de observações para as características que foram estudadas,  $X$  representa a matriz de incidência dos efeitos fixos, associado aos elementos de  $b$  e  $y$ ,  $b$  é o vetor de efeitos fixos (ano de nascimento) para todas as características e a co-variável linear idade do animal na mensuração apenas para PE378;  $Z$  é a matriz de incidência do efeito aleatório genético direto, associando os elementos de  $a$  e de  $y$ ,  $a$  é o vetor de efeitos aleatórios para o efeito genético aditivo direto e  $e$  é o vetor de efeitos residuais. Foram assumidas as pressuposições:  $E[y] = X\beta$  efeitos fixos;  $\begin{bmatrix} \sigma^2 \\ \sigma^2 \end{bmatrix}$  matriz de efeito aleatório; e  $\begin{bmatrix} G \otimes A & 0 \\ 0 & R \otimes I \end{bmatrix}$ , em que  $G \otimes A$ , matriz

de variação e covariância genética aditiva e  $R \otimes I$ , matriz de variância e covariância residual. A matriz de parentesco foi constituída por 2.707 registros de animais.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Estatísticas descritivas

A média para PPP ( $409,37 \pm 46,81$  kg) (Tabela 3.1) foi inferior às encontradas por Grossi et al. (2015) ( $439,50 \pm 54,94$  kg) e Gavioli et al. (2012) ( $440 \pm 58,70$  kg) em bovinos da raça Canchim. Singh et al. (2016) reportaram PPP médio inferior ( $402 \pm 1,28$  kg) ao relatado neste trabalho em bovinos da raça Gir enquanto Wakchaure e Meena (2010) obtiveram peso médio de  $423,52 \pm 55,93$  kg para PPP na raça Sahiwal.

Para a característica IPP ( $36,11 \pm 1,09$  meses), as médias para outras raças relatadas na literatura foram muito próximas as obtidas neste estudo (Tabela 3.1). Grossi et al. (2009); Boligon et al. (2010), Boligon e Albuquerque (2011) e Regatieri et al. (2012) obtiveram médias inferiores para IPP de 36; 34,43; 34,62 e 34,64 meses respectivamente, em bovinos da raça Nelore. Na raça Canchim, Borba et al. (2016) encontraram média de 36,62 meses para essa característica reprodutiva. Cavani et al. (2015) trabalharam com a raça Brahman e obtiveram média de 37,01 meses para IPP, enquanto Bernardes et al. (2015) relataram média de 37,44 meses para a mesma característica na raça Tabapuã.

A média para PE378 ( $29,81 \pm 3,74$  cm) foi superior as obtidas por Frizzas et al. (2008), Grossi et al. (2009), Yokoo et al. (2010) e Boligon, Baldi e Albuquerque (2011) com valores de  $19,38 \pm 2,19$ ;  $19,7 \pm 2,3$ ;  $20,97 \pm 2,26$  e  $21,44 \pm 2,69$  cm, respectivamente, para a característica aos PE365 dias em bovinos da raça Nelore. Corbet et al. (2013) trabalharam com a raça Brahman e encontraram média de  $21,2 \pm 3,13$  cm para PE365.

**Tabela 3.1.** Número de animais (N), médias, desvios-padrão (DP), valores mínimos (Mín) e máximos (Máx) observados, coeficientes de variação (CV%) e número de categorias dos efeitos fixos por ano (EF), para as características estudadas em uma população de bovinos da raça Caracu

<b>Característica</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>DP</b>	<b>Min.</b>	<b>Máx.</b>	<b>CV%</b>	<b>EF</b>
<b>PEP</b>	678	365	49	238	489	13,4	29
<b>PSP</b>	665	430	43,2	289	550	10	29
<b>IPP</b>	666	36,1	1,09	34	39	3,02	35
<b>PPP</b>	516	409	46,8	295	575	11,4	29
<b>PPD</b>	528	475	42,5	352	593	8,96	29
<b>PE378</b>	629	29,8	3,74	17	39	12,6	12

Peso corporal da fêmea na entrada (PEP) e na saída (PSP) da primeira estação de monta, idade ao primeiro parto (IPP), peso corporal da vaca ao primeiro parto (PPP), peso corporal da vaca ao primeiro desmame (PPD) e perímetro escrotal aos 378 dias (PE378)

Diferenças observadas entre as médias das características estudadas no presente trabalho com aquelas verificadas na literatura podem ser atribuídas principalmente a diferenças de manejo entre raças. Na Tabela 3.2 apresenta-se o número de observações para as características estudadas. O maior número de registros em comum foi observado entre as características PEP e PSP, visto que a proporção de fêmeas que entraram na estação monta é a mesma da saída.

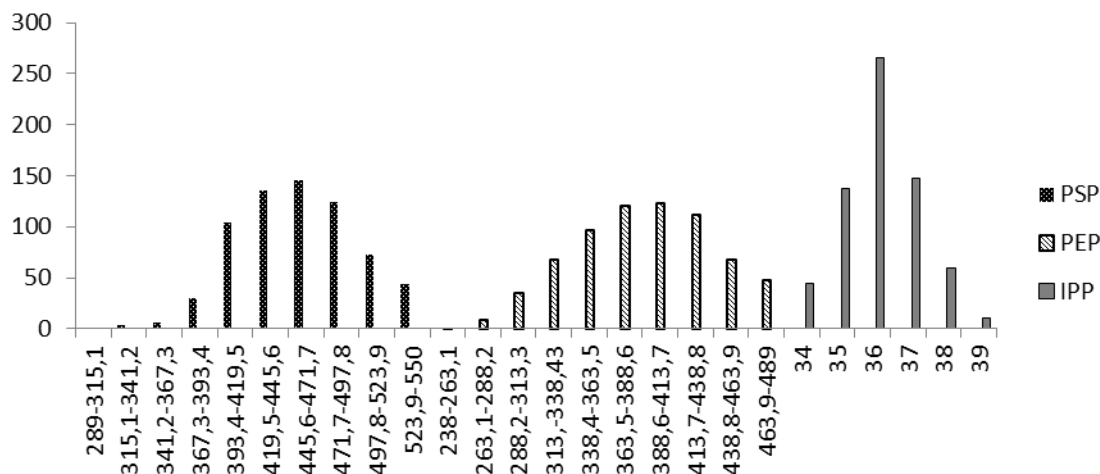
**Tabela 3.2.** Número de observações por característica estudada (diagonal) e em comum entre características (fora da diagonal).

<b>Características</b>	<b>PEP</b>	<b>PSP</b>	<b>IPP</b>	<b>PPP</b>	<b>PPD</b>	<b>PE378</b>
<b>PEP</b>	678	640	590	449	514	-
<b>PSP</b>		665	576	450	502	-
<b>IPP</b>			666	510	518	-
<b>PPP</b>				516	397	-
<b>PPD</b>					528	-
<b>PE378</b>						629

Peso corporal da fêmea na entrada (PEP) e na saída (PSP) da primeira estação de monta, idade ao primeiro parto (IPP), peso corporal da vaca ao primeiro parto (PPP), peso corporal da vaca ao primeiro desmame (PPD) e perímetro escrotal aos 378 dias (PE378)

As tabelas de distribuições de frequência de cada uma das características estão apresentadas no Apêndice 6. Para os quatro pesos corporais estudados nas fêmeas (PEP, PSP, PPP, PPD), observou-se distribuição próxima da normalidade (Figura 3.1 e 3.2). Para a característica PEP observou-se que na classe com maior quantidade de registros (123 animais), os animais apresentaram pesos entre 388,6 e 413,7 kg. O PSP teve

distribuição próxima da normalidade e a maior parte dos registros (21,80 %) concentrou-se na classe de 445,6 a 471,7 kg. A segunda classe com maior quantidade de registros esteve entre 436,1 a 473,1 kg (20,45%), assim ambas as classes representaram cerca dos 43% dos registros. Para IPP, observou-se que 40% dos registros das fêmeas estavam na classe 36 meses, seguida da classe de 37 meses com 22% das fêmeas.

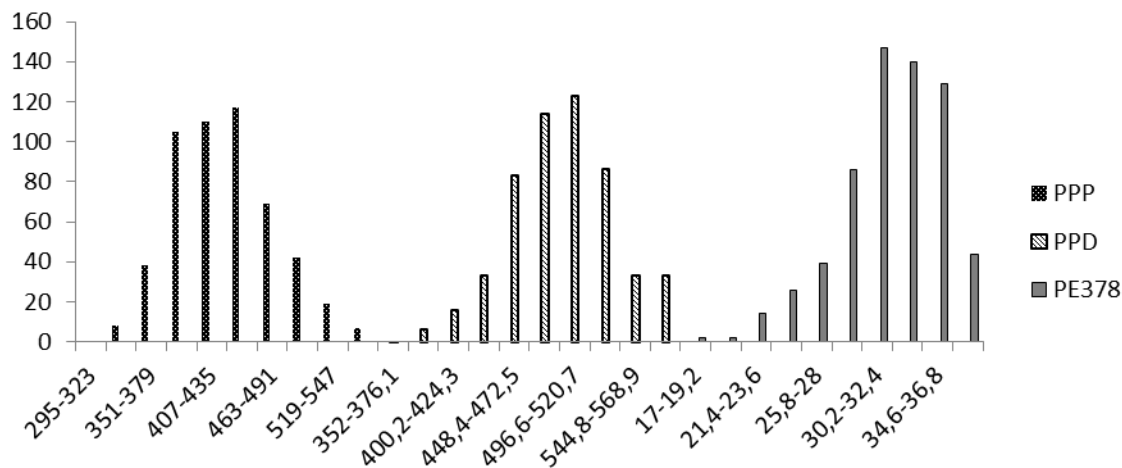


**Figura 3.1.** Distribuição de frequência para as características PSP, PEP e IPP por classes.

Peso corporal da fêmea na entrada (PEP) e na saída (PSP) da primeira estação de monta, idade ao primeiro parto (IPP)

Para PPP, a classe com maior quantidade de registros (117 animais) teve pesos entre 435 e 463 kg representando 23% do total de registros (Figura 3.2). A característica PPD apresentou distribuição próxima da normalidade sendo que a classe com maior quantidade de registros (123 animais) obtida foi aquela com pesos entre 496,6 – 520,7 kg, representando 23%, do total de registros para esta característica. Para o PE378 23% dos registros pertencerem à classe de 30,2 a 32,4 cm, seguido da classe de 32,4 a 34,6 cm que continha 22% dos registros, totalizando cerca de 45% dos registros desta característica nas classes citadas.





**Figura 3.2.** Distribuição de frequências para as características PPP, PPD e PE378 por classes.

Peso corporal da vaca ao primeiro parto (PPP), peso corporal da vaca ao primeiro desmame (PPD) e perímetro escrotal aos 378 dias (PE378)

## 3.2 Estimação de parâmetros genéticos

### 3.2.1 Estimativas de herdabilidade

A estimativa de herdabilidade obtida neste estudo para a característica PPP foi  $0,37 \pm 0,09$  (Tabela 3.2). Estimativas inferiores e superiores foram reportadas na raça Canchim por Grossi et al. (2015) e Gaviolli et al. (2012), de  $0,31 \pm 0,04$  e  $0,44 \pm 0,06$ , respectivamente. Na raça Gir, Singh et al. (2016) obtiveram estimativas de  $0,25 \pm 0,23$ . A partir da estimativa de herdabilidade obtida sugere-se que esta característica apresenta variabilidade genética suficiente para responder ao processo de seleção direta. Contudo, é importante observar a ênfase e a direção na seleção para esta característica, pois matrizes com alto PPP poderão sofrer partos distócicos e se o PPP for baixo, o bezerro poderá morrer devido ao baixo peso ao nascimento (FERREIRA et al., 2017).

As estimativas de herdabilidade para os primeiros pesos das fêmeas em reprodução (PEP; PSP; PPP e PPD) foram de moderada magnitude, as quais variaram de  $0,37 \pm 0,09$  a  $0,46 \pm 0,08$ . A tendência de selecionar animais com maiores pesos em idades jovens normalmente é utilizada nos programas de melhoramento mas tem sido questionada, pelo fato de gerar possivelmente aumento do peso adulto dos animais, o que pode gerar maiores custos de

manutenção das matrizes e reduzir a vantagem econômica trazida pelo aumento do peso do animal ao abate (FERNANDES et al., 2013). Contudo, os quatro pesos estudados podem responder de maneira eficiente à seleção.

A estimativa de herdabilidade obtida para IPP foi  $0,10 \pm 0,06$  (Tabela 3.2). Essa estimativa foi superior às descritas na literatura para outras raças, tais como Canchim e Tabapuã por os autores Buzanskas et al. (2012)  $0,03 \pm 0,01$ ; Bernardes et al. (2015)  $0,09 \pm 0,02$  e Grossi et al. (2015)  $0,04 \pm 0,02$ . Estimativas de herdabilidade superiores para IPP foram relatadas para a raça Nelore por Boligon et al. (2010) ( $0,17 \pm 0,01$ ) e Regatieri et al. (2012) ( $0,16 \pm 0,03$ ). Para a raça Canchim, Gavioli et al. (2012) e Borba et al. (2016) reportaram estimativas de  $0,14 \pm 0,04$  e  $0,15 \pm [S.I.]$ , respectivamente. Em bovinos da raça Gir, Singh et al. (2015) obtiveram estimativa de herdabilidade de  $0,31 \pm 0,21$  e Silva et al. (2016) de  $0,26 \pm 0,06$ . Estimativas de herdabilidades próximas as encontradas no presente trabalho foram descritas por Boligon e Albuquerque (2011) de  $0,10 \pm 0,01$ , em bovinos da raça Nelore. Quando uma característica reprodutiva com estimativa de herdabilidade inferior a 0,14 é utilizada como critério de seleção, a eficiência de seleção será baixa, exigindo que um grande número de filhas por reprodutor sejam avaliadas, para que as diferenças esperadas na progênie (DEPs) sejam suficientemente acuradas (PEREIRA et al., 2002).

Dado que as vacas precisam alcançar determinado peso corporal para serem colocadas em reprodução, e que o manejo reprodutivo inclui uma estação de monta anual, a variabilidade fenotípica da idade ao primeiro parto é baixa (variando de 34 a 39 meses). Assim, justifica-se a baixa estimativa encontrada de herdabilidade para IPP. A partir do resultado encontrado para IPP indica-se que esta característica apresentou pouca variabilidade genética aditiva, sugerindo-se que a seleção direta para esta característica pode gerar pequenos ganhos genéticos anuais. Este tipo de característica é mensurado somente em fêmeas consideradas férteis e que conceberam, o que pode gerar amostras viesadas da possível variabilidade fenotípica da característica, e mascarar a verdadeira variabilidade genética dessa e as diferenças genéticas entre os animais (BOLIGON et al., 2008). Um fator que também pode afetar a estimativa de herdabilidade para IPP é a estação de monta. Este tipo de prática

é essencial para realizar avaliação genética, mas quando a estação de monta é de curta duração, esta pode contribuir para baixas estimativas de herdabilidade para IPP e encobrir alguma variação genética aditiva (DIAS et al., 2004; MERCADANTE et al., 2006). Ainda que a característica IPP apresente baixa herdabilidade, é importante realizar a seleção de matrizes jovens, a fim de permitir maior retorno econômico do capital investido, aumentar a vida produtiva da matriz e gerar maior número de progênes (BOLIGON et al., 2007; NEPOMUCENO et al., 2011). Portanto, a medida obtida para IPP no presente trabalho não reflete a precocidade sexual das vacas neste rebanho. Sugere-se que para medir a precocidade sexual das fêmeas essas sejam desafiadas em torno de 14 meses de idade, como sugerem Eler et al. (2002) (2004) e Silva et al. (2003).

**Tabela 3.3.** Estimativas de herdabilidade (diagonal), correlações genéticas (acima da diagonal) e fenotípicas (abaixo da diagonal) para as características estudadas em bovinos da raça Caracu, em análises multicaracterística

Características	PEP	PSP	IPP	PPP	PPD	PE378
PEP	0,42±0,08	0,93±0,03	0,24±0,28	0,90±0,08	0,65±0,10	0,10±0,22
PSP	0,83±0,01	0,43±0,08	0,12±0,28	0,94±0,06	0,75±0,08	0,12±0,21
IPP	0,21±0,04	0,16±0,04	0,10±0,06	0,12±0,30	-0,19±0,30	-0,37±0,30
PPP	0,70±0,02	0,74±0,02	0,17±0,04	0,37±0,09	0,90±0,08	-0,19±0,24
PPD	0,65±0,03	0,70±0,08	0,13±0,04	0,69±0,03	0,46±0,08	-0,33±0,20
PE378	0,04±0,08	0,04±0,08	-0,06±0,07	-0,06±0,08	-0,12±0,08	0,31±0,10

Peso corporal da fêmea na entrada (PEP) e na saída (PSP) da primeira estação de monta, idade ao primeiro parto (IPP), peso corporal da vaca ao primeiro parto (PPP), peso corporal da vaca ao primeiro desmame (PPD) e perímetro escrotal aos 378 dias (PE378)

A estimativa de herdabilidade para PE378 foi de  $0,31 \pm 0,10$  (Tabela 3.2), indicando que esta característica apresentou variabilidade genética aditiva suficiente para responder ao processo de seleção. Estimativas de herdabilidade superiores e inferiores foram encontradas na literatura em bovinos da raça Nelore, mensurada aos 365 dias as quais variaram de  $0,29 \pm [S.I.]$  à  $0,48 \pm 0,07$  (FRIZZAS et al., 2008; GROSSI et al., 2009; YOKOO et al., 2010; BOLIGON; BALDI e ALBUQUERQUE, 2011). Esta característica deve ser incluída nos programas de melhoramento com o objetivo de melhorar as taxas de concepção, desde que possua correlação genética com características reprodutivas do touro, tais como qualidade e quantidade dos espermatozoides, aspectos físicos do sêmen e precocidade sexual do macho (TROCÓNIZ et al., 1991).

Yelich et al. (1995) afirmam que a puberdade em bovinos está relacionada com o peso e idade. Segundo Dal-Farra et al. (1998), é indicado realizar a seleção para PE nos zebuínos até os 18 meses de vida do animal, a fim de identificar quais machos apresentam crescimento testicular mais rápido, pois o crescimento testicular começa a decrescer quando estes atingem a idade dos 19,4 meses, ou seja, próximos à puberdade.

### **3.2.2 Correlações genéticas**

As correlações genéticas estimadas entre as características de peso corporal foram positivas e de moderadas a altas magnitudes (Tabela 3.2), devido aos pesos serem adjacentes, aumentando a magnitude das estimativas à medida que as idades em que são mensurados os pesos são mais próximas. A seleção para aumentar qualquer um dos pesos corporais estudados promoverá mudanças genéticas na mesma direção para os demais pesos. Quando o peso corporal é mensurado ao longo da vida do animal, este tende a ser geneticamente correlacionado com os pesos nas diferentes idades (FERREIRA et al., 2017).

A correlação genética entre as características PPP e IPP foi de baixa magnitude ( $0,12 \pm 0,30$ ). Devido o erro-padrão da estimativa ter sido superior a estimativa de correlação, não foi possível evidenciar associação genética linear entre PPP e IPP. Estimativas de correlação genética inferiores entre as mesmas características foram obtidas por outros autores como Grossi et al. (2015) de  $0,13 \pm 0,19$  em Canchim; Singh et al. (2015), de  $0,04 \pm [S.I.]$  na raça Gir e Wakchaure e Meena (2010) de  $-0,27 \pm 0,95$  na raça paquistanês Sahiwal.

A correlação genética entre PPP e PE378 foi de baixa magnitude e sentido negativo ( $-0,19 \pm 0,24$ ). Contudo, mediante a estimativa de correlação genética obtida e o erro-padrão superior à estimativa, não foi possível evidenciar associação genética linear entre PPP e PE378 neste estudo. Grossi et al. (2015) obtiveram estimativa próxima em gado Canchim ( $-0,22 \pm 0,10$ ) sugerindo possivelmente que a seleção realizada em favor de menores PE afetará o PPP, acarretando em matrizes cujos bezerros tenham baixo peso ao nascimento.

A correlação genética entre PE378 e IPP também foi de moderada magnitude e sentido negativo e favorável ( $-0,37 \pm 0,30$ ), diferente daquela relatada por Grossi et al. (2015), que obtiveram estimativas de  $0,00 \pm 0,20$  em bovinos Nelore. Com base na estimativa, poderia se sugerir que a seleção de reprodutores para maior PE378 fornece, em resposta correlacionada, menor IPP da sua progênie, indicando que o PE poderia ser utilizado como critério de seleção indireto para diminuir a idade ao primeiro parto das filhas, ou seja, o aumento de PE378 deve resultar em fêmeas mais jovens ao primeiro parto e não deve resultar em mudanças desfavoráveis para PPP.

### **3.2.3 Correlações fenotípicas**

As estimativas das correlações fenotípicas entre as características de peso corporal (PEP, PSP, PPP e PPD) variaram de  $0,65 \pm 0,03$  a  $0,93 \pm 0,01$  (Tabela 3.2) sendo positivas e de alta magnitude. Esse resultado indicou associação linear proporcional entre os pesos corporais. A estimativa de correlação fenotípica entre PPP e IPP foi positiva e moderada ( $0,17 \pm 0,04$ ). O resultado obtido para esta correlação indica que aquelas novilhas que possuem IPP baixa apresentaram menores valores de PPP. Estimativas superiores foram obtidas por Singh et al. (2015) em bovinos da raça Gir. Wakchaure e Meena (2010) obtiveram estimativas de correlação fenotípica entre PPP e IPP de baixa magnitude ( $0,07 \pm 0,05$ ) em bovinos da raça Sahiwal. A correlação fenotípica estimada entre PPP e PE378 foi de  $-0,06 \pm 0,08$  e entre IPP e PE365 foi de  $-0,06 \pm 0,07$ . Assim em função da alta magnitude do erro-padrão não foi possível estabelecer associação fenotípica linear entre essas características.

### **3.2.4 Correlações ambientais**

As estimativas de correlações ambientais entre os diferentes pesos corporais foram positivas e de alta magnitude e variaram de  $0,55 \pm 0,06$  a  $0,76 \pm 0,03$  (Tabela 3.3). Isto pode indicar que as associações lineares entre as características de peso corporal podem sofrer influência das mesmas condições ambientais. Pelas estimativas de correlação ambiental pode-se concluir que os pesos corporais respondem proporcionalmente ao ambiente que envolve efeitos genéticos não aditivos. A estimativa de correlação

ambiental entre PPP e IPP foi de  $0,19 \pm 0,07$ . Isto indica possivelmente que mudanças ambientais e efeitos genéticos não aditivos que favorecem ao PPP vão favorecer no mesmo sentido a IPP.

**Tabela 3.4.** Estimativas das correlações ambientais entre as características estudadas em bovinos da raça Caracu, em análises multi-característica

<b>Características</b>	<b>PSP</b>	<b>IPP</b>	<b>PPP</b>	<b>PPD</b>
<b>PEP</b>	$0,76 \pm 0,03$	$0,22 \pm 0,07$	$0,58 \pm 0,06$	$0,66 \pm 0,06$
<b>PSP</b>	-	$0,19 \pm 0,07$	$0,61 \pm 0,05$	$0,66 \pm 0,05$
<b>IPP</b>	-	-	$0,19 \pm 0,07$	$0,25 \pm 0,07$
<b>PPP</b>	-	-	-	$0,55 \pm 0,06$

Peso corporal da fêmea na entrada (PEP) e na saída (PSP) da primeira estação de monta, idade ao primeiro parto (IPP), peso corporal da vaca ao primeiro parto (PPP) e peso corporal da vaca ao primeiro desmame (PPD).

A correlação ambiental entre PE378 e as características PEP; PSP; IPP PPP e PPD foi nula, dado que os ambientes são diferentes para machos e fêmeas. As correlações genéticas entre características medidas nos dois sexos são possíveis por causa da estrutura da matriz de pedigree. As correlações fenotípicas entre essas características são explicadas somente pelo componente genético. Diferenças entre a magnitude das estimativas dos parâmetros genéticos obtidos no presente trabalho com aquelas verificadas na literatura se devem à diferenças genéticas das populações, ao controle dos efeitos ambientais e a estrutura dos dados.

#### 4. CONCLUSÕES

As altas estimativas de herdabilidade para as características de peso corporal e perímetro escrotal indicam maior eficiência de seleção para essas características. A seleção para perímetro escrotal nos machos poderá indiretamente favorecer a redução da idade ao primeiro parto das fêmeas.

#### 5. REFERÊNCIAS

BERNARDES, P.A.; GROSSI, D.A.; SAVEGNAGO, R.P.; BUZANSKAS, M.E.; URBINATI, I.; BEZERRA, L.A.F.; LÔBO, R.B.; MUNARI, D.P. Estimates of genetic parameters and genetic trends for reproductive traits and weaning

weight in Tabapuã cattle. **Journal Animal Science**, Sofia, v.93, p.5175-5185, 2015.

BOLIGON, A.A.; RORATO, P.R.N.; ALBUQUERQUE, L.G. Correlações genéticas entre medidas de perímetro escrotal e características produtivas e reprodutivas de fêmeas da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.36, p.565-571, 2007.

BOLIGON, A.A.; ALBUQUERQUE, L.G.; RORATO, P.R.N. Associações genéticas entre pesos e características reprodutivas em rebanhos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.37, p.596-601, 2008.

BOLIGON, A.A.; ALBUQUERQUE, L.G.; MERCADANTE, M.E.Z.; LÔBO, R.B. Study of relations among age at first calving, average weight gains and weights from weaning to maturity in Nelore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.39, p.746-751, 2010.

BOLIGON, A. A. e ALBUQUERQUE, L.G. Genetic parameters and relationships of heifer pregnancy and age at first calving with weight gain, yearling and mature weight in Nelore cattle. **Livestock Science**, Amsterdam, v.141, p.12-16, 2011.

BOLIGON, A.A.; BALDI, F.; ALBUQUERQUE, L.G. Genetic parameters and relationships between growth traits and scrotal circumference measured at different ages in Nelore cattle. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v.34, p.225-230, 2011.

BORBA, L.H.F.; BALDI, F.; FEITOSA, F. L. B. da SILVA, L.O.C.; PEREIRA, A.S.C.; ALENCAR, M.M. Genetic correlations between visual slaughter conformation scores and growth and reproductive traits in Canchim cattle. **Genetic Molecular Research**, Ribeirão Preto, v.15, n.2, 2016.

BUZANSKAS, M.E.; GROSSI, D.A.; BALDI, F.; BARROZO, D.; SILVA, L.O.C.; TORRES JÚNIOR, R.A.A.; MUNARI, D.P.; ALENCAR, M.M. Genetic associations between stayability and reproductive and growth traits in Canchim beef cattle. **Livestock Science**, Amsterdam, v.132, p.107-112, 2010.

BUZANSKAS, M.E.; R.P.SAVEGNAGO, R.P.; GROSSI, D.A.; VENTURINI, G.C.; QUEIROZ, S.A.; SILVA, L.O.C.; TORRES JÚNIOR, R.A.A.; MUNARI, D.P.; ALENCAR, M.M. Genetic parameter estimates and principal component analysis of breeding values of reproduction and growth traits in female Canchim cattle. **Reproduction Fertility and Development**, East Melbourne, v.25, p.775-782, 2012.

CAVANI, L.; GARCIA, D.A.; CARREÑO, L.O D.; ONO, R.K.; PIRES, M.P.; FARAH, M .M.; VENTURA, H.T.; MILLEN, D.D.; FONSECA, R. F. Estimates of genetic parameters for reproductive traits in Brahman cattle breed. **Journal Animal Science**, v.93, p.3287-3291, 2015.

CORBET, N.J.; BURNS, B.M.; JOHNSTON, D.J.; WOLCOTT, M.L.; CORBET, D.H.; VENUS, B.K.; LI, Y.; MCGOWAN, M.R.; HOLRAYD, R.G. Male traits and herd reproductive capability in tropical beef cattle. 2. Genetic parameters of bull traits. **Animal Production Science**, Collingwood, v.53, p.101-113, 2013.

DAL-FARRA, R.A.; FRIES, L.A.; LOBATO, J. F. P. Adjustment factors of scrotal circumference for age and yearling weight effects of young Nellore bulls. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.27, p.1092–1096, 1998.

De LIRA, T.; ROSA, E.M.; DEL VALLE, A. Parâmetros genéticos de características produtivas e reprodutivas em zebuínos de corte (revisão). **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.9, p.1-22, 2008.

DIAS, L.T.; FARO, L.; ALBUQUERQUE, L.G. Estimativas de herdabilidade para idade ao primeiro parto de novilhas da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.33, p.97-102, 2004.

ELER, J.P.; SILVA, J.A. II V.; FERRAZ, J.B.S.; DIAS, F.; OLIVEIRA, H.N.; EVANS, J.L.; GOLDEN, B.L. Genetic evaluation of the probability of pregnancy at 14 months for Nellore heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.80, p.951-954, 2002.

ELER, J.P.; SILVA, J.A. II V.; EVANS, J.L.; FERRAZ, J.B.S.; DIAS, F.; GOLDEN, B.L. Additive genetic relationship between heifer pregnancy and scrotal circumference in Nellore cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.82, p.2519-2527, 2004.

FERNANDES, G.A.; FERNANDES, F.F.D.; MOUSQUER, J.C.; SILVA, M.R.; FREIRIA, L.B.; FEÍJO, L.C.; FERREIRA, V.B.; SILVA, A.S. Modelos não lineares na descrição do crescimento ponderal de bovinos de corte. **PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, Londrina, v.7, p.1-24, 2013.

FERREIRA, J.L.; BRESOLIN, T.; LOPES, F.B.; GARCIA, J.A.S.; NEPOMUCENO, L.L.; SCHMIDT, A.B.; LOBO, R.B. Modelos de regressão aleatória para característica de crescimento em bovinos da raça Guzará. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.18, 2017. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/vet/article/view/e-39566/22682>>. Acesso em: 4 jun. 2017.

FRIZZAS, O.G.; GROSSI, D.A.; BUZANSKAS, M .E; PAZ, C.C.P.; BEZERRA, L.A.F.; LOBÔ, R.B.; OLIVEIRA, J.A.; MUNARI, D.P. Heritability estimates and genetic correlations for body weight and scrotal circumference adjusted to 12 and 18 months of age for male Nellore cattle. **Animal**, Cambridge, v.3, p.347-351, 2008.

GARAY, O.D.V.; MURILLO, J.M.F.; PÉREZ, M.J.H.; PEREZ, GERRA, C.J.Y.; JIMÉNEZ, M.C.; RIOS, B.T.E.; COMA, J.R. Effects of breed, heterosis and genetic parameters for birth weight in a multibreed population of beef cattle in Colombia. **Livestock Research for Rural Development**, Cali, v.26, p.1-8, 2014.

GAVIOLLI, V.R.N.; BUZANSKAS, M.E.; CRUZ, V.A.R.; SAVEGNAGO, R.P.; MUNARI, D.P.; FREITAS, A.R.; ALENCAR, M.M. 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**, Poznán, v.53, p.331-335, 2012.

GROSSI, D.A.; FRIZAS, O.G.; PAZ, C.C.P.; BEZERRA, L.A.F.; LÔBO, R.B.; OLIVEIRA, J.A.; MUNARI, D.P. Genetic associations between accumulated



productivity, and reproductive and growth traits in Nelore cattle. **Livestock Science**, Amsterdam, v.117, p.139-146, 2009.

GROSSI, D.A.; GRUPIONI, N.V.; BUZANSKAS, M.E.; PAZ, C.C.P.; REGITANO, L.C.A.; ALENCAR, M.M.; SCHENKEL, F.S.; MUNARI, D.P. Allele substitution effects of IGF1, GH and PIT1 markers on estimated breeding values for weight and reproduction traits in Canchim beef cattle. **Livestock Science**, Amsterdam, v.180, p.78-83, 2015.

MALHADO, C.H.M.; SOUZA, J.C.; SILVA, L.O.C.; FERRAZ FILHO, P.B. Correlação genéticas, fenotípicas e de ambiente entre os pesos da várias idades em bovinos da raça Guzerá no Estado de São Paulo. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v.7, p.71-75, 2002.

MERCADANTE, M.E.; RAZOOK, A.G.; VASCONCELOS SILVA, J.A.; FIGUEIREDO, L.A. Escore de condição corporal de vacas da raça Nelore e suas relações com características de tamanho e reprodução. **Archivo Latinoamericano de Producción Animal**, Caracas, v.14, p.143-147, 2006.

MEYER, K.J. WOMBAT—A tool for mixed model analyses in quantitative genetics by restricted maximum likelihood (REML). **Journal of Zhejiang University Science**, Hangzhou, v.8, p.815-821, 2007. doi:10.1631/jzus.2007.B0815

MONTES, D.; BARRAGAN, W.; VERGARA, O.D.; Parâmetros genéticos de características produtivas y reproductivas para gana do tipo carne en Colombia. **Revista Colombiana de Ciencia Animal**, Ibagué, v.1, p.302-318, 2009.

NEPOMUCENO, L.L.; ANDRADE, R.J. LOPES, F.B.; LIRA, T.S.; VIEIRA, L.F.; SANTOS, G.C.J.; PEREIRA, L.S.; FERREIRA, J.L. Correlações genéticas entre medidas de perímetro escrotal e características produtivas e reprodutivas de fêmeas da raça Nelore. **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v.10, p.253-261, 2011.

PEREIRA, E.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S. Análise genética de características reprodutivas na raça Nelore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.37, n.5, p.703-708, 2002.

PEREIRA, M.C.; MERCADANTE, M.E.Z.; RAZOOK, G.A. Results of 23 years of selection for post-weaning weight in a Caracu beef herd. **South African Journal of Animal Science**, Silverton, v.38, p.136-136, 2008.

REGATIERI, I.C.; BOLIGON, A.A.; BALDI, F. ALBUQUERQUE, L.G. Genetic correlations between mature cow weight and productive and reproductive traits in Nelore cattle. **Genetic Molecular Research**, Ribeirão Preto, v.11, p.2979-2986, 2012.

SARGOLZAEI, M.; IWASAKI, H., COLLEAU, J.J. CFC: a tool for monitoring genetic diversity. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 8., 2006, Belo Horizonte. **Anais eletrônicos..** Disponível em: <<http://www.cabi.org/cabdirect/FullTextPDF/2006/20063170110.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

SILVA, J.A. II de V.; VAN MELLIS, M.H.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S. Estimação de parâmetros genéticos para probabilidade de prenhez aos 14

meses e altura na garupa em bovinos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.32, p.1141-1146, 2003.

SILVA, R.M.O; BOLIGON, A.A.; FERNANDES, A.R.; VERCESI FILHO, A.E.; EI FARO, L.; TONHATI, H.; ALBUQUERQUE.L.G.; FRAGA, A.B. Estimates of genetic parameters for stayability and their associations with traits of economic interest in Gir dairy cows. **Genetics Molecular Research**, Ribeirão Preto, v.15, p.1-8, 2016.

SINGH, B.; SAWANT, P.; SAWANT, D.; TODKAR, S.; JAIN, R. Factors affecting weight and age at first calving, first lactation milk yield in Gir cows. **Indian Journal Animal Research**, Karnal, v.50, p.804-807, 2016.

TROCÓNIZ, J.F.; BELTRÁN, J.; BASTIDAS, H.; LARREAL, H.; BASTIDAS, P. Testicular development, body weight changes, puberty and semen traits of growing Guzerat and Nelore bulls. **Theriogenology**, Amsterdam, v.35, 815–826, 1991.

WAKCHAURE, R.S.; MEENA, R. Factors affecting, birth weight, age and weight at first calving in sahiwal cattle. **Indian Journal Animal Research**, Sofia, v.44, p.73- 177, 2010.

YELICH, J.V.; WETTEMANN, R.P.; DOLEZAL, H.G.; LUSBY, K.S.; BISHOP, D.K.; SPICER, L.J. Effects of growth rate on carcass composition and lipid partitioning at puberty and growth-hormone, insulin-like growth-factor.1. Insulin, and metabolites before puberty in beef heifers. **Journal of Animal Science**, Sofia, v.73, p.2390-2405, 1995.

YOKOO, M.J.; LÔBO, R.B.; ARAUJO, F.R.C.; BEZERRA, L.A.F.; SAINZ, R.D.; ALBUQUERQUE, L.G. Genetic associations between carcass traits measured by real-time ultrasound and scrotal circumference and growth traits in Nelore cattle. **Journal Animal Science**, Sofia, v.88, p.52-58, 2010.

## 6. APÊNDICES

**Apêndice 6.1** Tabela de distribuição de frequências agrupadas para a característica: Peso corporal da fêmea na entrada da primeira estação de monta (PEP).

NC	Classe	PM	fi	Fi	hi	Hi
1	238,0-263,1	250,55	1	1	0,00147493	0,00147493
2	263,1-288,2	275,65	8	9	0,01179941	0,01327434
3	288,2-313,3	300,75	35	44	0,05162242	0,06489676
4	313,3-338,4	325,85	68	112	0,10029499	0,16519174
5	338,4-363,5	350,95	97	209	0,14306785	0,30825959
6	363,5-388,6	376,05	120	329	0,17699115	0,48525074
7	388,6-413,7	401,15	123	452	0,18141593	0,66666667
8	413,7-438,8	426,25	111	563	0,16371681	0,83038348
9	438,8-463,9	451,35	68	631	0,10029499	0,93067847
10	463,9-489,0	476,45	47	678	0,06932153	1
<b>Total</b>	-	-	678	-	1	-

Número de classes (NC); ponto médio (PM); frequência absoluta (fi); frequência absoluta acumulada (Fi); frequência relativa (hi); frequência relativa acumulada (Hi).

**Apêndice 6.2** Tabela de distribuição de frequências agrupadas para a característica: Peso corporal da fêmea na saída da primeira estação de monta (PSP).

NC	Classe	PM	fi	Fi	hi	Hi
1	289,0-315,1	302,05	1	1	0,00150376	0,00150376
2	315,1-341,2	328,15	3	4	0,00451128	0,00601504
3	341,2-367,3	354,25	6	10	0,00902256	0,01503759
4	367,3-393,4	380,35	30	40	0,04511278	0,06015038
5	393,4-419,5	406,45	104	144	0,15639098	0,21654135
6	419,5-445,6	432,55	136	280	0,20451128	0,42105263
7	445,6-471,7	458,65	145	425	0,21804511	0,63909774
8	471,7-497,8	484,75	124	549	0,18646617	0,82556391
9	497,8-523,9	510,85	72	621	0,10827068	0,93383459
10	523,9-550,0	536,95	44	665	0,06616541	1
<b>Total</b>	-	-	665	-	1	-

Número de classes (NC); ponto médio (PM); frequência absoluta (fi); frequência absoluta acumulada (Fi); frequência relativa (hi); frequência relativa acumulada (Hi).

**Apêndice 6.3** Tabela de distribuição de frequências agrupadas para a característica: Idade ao primeiro parto (IPP).

NC	Classe	fi	Fi	hi	Hi
1	34	44	44	0,06606607	0,06606607
2	35	138	182	0,20720721	0,27327327
3	36	266	448	0,39939940	0,67267267
4	37	147	595	0,22072072	0,89339339
5	38	60	655	0,09009009	0,98348348
6	39	11	666	0,01651652	1
<b>Total</b>	-	666	-	1	-

Número de classes (NC); ponto médio (PM); frequência absoluta (fi); frequência absoluta acumulada (Fi); frequência relativa (hi); frequência relativa acumulada (Hi).

**Apêndice 6.4** Tabela de distribuição de frequências agrupadas para a característica: peso corporal da vaca ao primeiro parto (PPP).

NC	Classe	PM	fi	Fi	hi	Hi
1	295-323	309	1	1	0,00193798	0,00193798
2	323-351	337	8	9	0,01550388	0,01744186
3	351-379	365	38	47	0,07364341	0,09108527
4	379-407	393	105	152	0,20348837	0,29457364
5	407-435	421	110	262	0,21317829	0,50775194
6	435-463	449	117	379	0,22674419	0,73449612
7	463-491	477	69	448	0,13372093	0,86821705
8	491-519	505	42	490	0,08139535	0,94961240
9	519-547	533	19	509	0,03682171	0,98643411
10	547-575	561	7	516	0,01356589	1
<b>Total</b>	-	-	516	-	1	-

Número de classes (NC); ponto médio (PM); frequência absoluta (fi); frequência absoluta acumulada (Fi); frequência relativa (hi); frequência relativa acumulada (Hi).

**Apêndice 6.5** Tabela de distribuição de frequências agrupadas para a característica: peso corporal da vaca ao primeiro desmame (PPD).

NC	Classe	PM	fi	Fi	hi	Hi
1	352,0-376,1	364,05	1	1	0,00189394	0,00189394
2	376,1-400,2	388,15	6	7	0,01136364	0,01325758
3	400,2-424,3	412,25	16	23	0,03030303	0,04356061
4	424,3-448,4	436,35	33	56	0,06250000	0,10606061
5	448,4-472,5	460,45	83	139	0,15719697	0,26325758
6	472,5-496,6	484,55	114	253	0,21590909	0,47916667
7	496,6-520,7	508,65	123	376	0,23295455	0,71212121
8	520,7-544,8	532,75	86	462	0,16287879	0,87500000
9	544,8-568,9	556,85	33	495	0,06250000	0,93750000
10	568,9-593,0	580,95	33	528	0,06250000	1
<b>Total</b>	-	-	528	-	1	-

Número de classes (NC); ponto médio (PM); frequência absoluta (fi); frequência absoluta acumulada (Fi); frequência relativa (hi); frequência relativa acumulada (Hi).

**Apêndice 6.6** Tabela de distribuição de frequências agrupadas para a característica: perímetro escrotal aos 378 dias (PE378).

NC	Classe	PM	fi	Fi	hi	Hi
1	17,0-19,2	18,1	2	2	0,00317965	0,00317965
2	19,2-21,4	20,3	2	4	0,00317965	0,00635930
3	21,4-23,6	22,5	14	18	0,02225755	0,02861685
4	23,6-25,8	24,7	26	44	0,04133545	0,06995231
5	25,8-28,0	26,9	39	83	0,06200318	0,13195548
6	28,0-30,2	29,1	86	169	0,13672496	0,26868045
7	30,2-32,4	31,3	147	316	0,23370429	0,50238474
8	32,4-34,6	33,5	140	456	0,22257552	0,72496025
9	34,6-36,8	35,7	129	585	0,20508744	0,93004769
10	36,8-39,0	37,9	44	629	0,06995231	1
<b>Total</b>	-	-	629	-	1	-

Número de classes (NC); ponto médio (PM); frequência absoluta (fi); frequência absoluta acumulada (Fi); frequência relativa (hi); frequência relativa acumulada (Hi).