

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

**ANÁLISE DE PEDIGREE E ESTIMATIVAS DE
PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE
IMPORTÂNCIA ECONÔMICA EM BOVINOS TABAPUÃ**

Priscila Arrigucci Bernardes

Médica Veterinária

2014

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

**ANÁLISE DE PEDIGREE E ESTIMATIVAS DE
PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE
IMPORTÂNCIA ECONÔMICA EM BOVINOS TABAPUÃ**

Priscila Arrigucci Bernardes

Orientador: Prof. Dr. Danísio Prado Munari

Coorientador: Dra. Daniela do Amaral Grossi

Dr. Rodrigo Pelicioni Savegnago

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

2014

Bernardes, Priscila Arrigucci
B518a Análise de pedigree e estimativas de parâmetros genéticos para características de importância econômica em bovinos Tabapuã / Priscila Arrigucci Bernardes. -- Jaboticabal, 2014
vi, 73 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014
Orientador: Danísio Prado Munari
Coorientadores: Daniela do Amaral Grossi, Rodrigo Pelicioni Savegnago
Banca examinadora: Ricardo da Fonseca, Cintia Righetti Marcondes
Bibliografia

1. Bovinos de corte. 2. Estrutura populacional. 3. Herdabilidade . I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.2:636.082

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: ANÁLISE DE PEDIGREE E ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE IMPORTÂNCIA ECONÔMICA EM BOVINOS TABAPUÃ

AUTORA: PRISCILA ARRIGUCCI BERNARDES

ORIENTADOR: Prof. Dr. DANÍSIO PRADO MUNARI

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. RODRIGO PELICIONI SAVEGNAGO

CO-ORIENTADORA: Profa. Dra. DANIELA DO AMARAL GROSSI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM GENÉTICA E MELHORAMENTO ANIMAL , pela Comissão Examinadora:



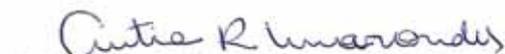
Prof. Dr. DANÍSIO PRADO MUNARI

Departamento de Ciências Exatas / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



Prof. Dr. RICARDO DA FONSECA

Coordenadoria Executiva / Unidade de Dracena



Profa. Dra. CINTIA RIGHETTI MARCONDES

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / São Carlos/SP

Data da realização: 17 de julho de 2014.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

PRISCILA ARRIGUCCI BERNARDES – nascida em 22 de julho de 1987, na cidade de São João da Boa Vista, São Paulo, filha de Gilberto de Azevedo Bernardes e Luciana de Carvalho Arrigucci Bernardes. Iniciou o curso de Medicina Veterinária na Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias, UNESP, Campus de Jaboticabal em março de 2006. Foi bolsista FAPESP de iniciação científica em 2009 e obteve o título de Médica Veterinária em 2011. Em agosto de 2012, ingressou no curso de mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento Animal na Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias, UNESP, Campus de Jaboticabal sob orientação do Prof. Dr. Danísio Prado Munari e coorientação da Dr. Daniela do Amaral Grossi e do Dr. Rodrigo Pelicioni Savegnago. Foi bolsista CNPq de mestrado pelo período de agosto de 2012 a julho de 2013 e bolsista FAPESP de mestrado pelo período de agosto de 2013 a julho de 2014.

Tendo amor e saúde, da vida não reclamo,
Eu amo a vida que levo, levo a vida que amo.
(Tião Carreiro)

Aos meus amados pais Luciana e Gilberto,
Aos meus queridos irmãos e avós,
Exemplos de paciência, amor e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por me acompanhar em todos os momentos e me dar forças para sempre seguir em frente.

Aos meus pais Luciana e Gilberto por sempre me apoiarem nas minhas decisões, me darem a oportunidade de obter este título e me ensinarem a enxergar o lado bom de todos os desafios que a vida nos traz. Aos meus irmãos por fazerem parte de meu crescimento e amadurecimento, estando sempre dispostos a ajudar. Aos meus queridos avós Márcia e Antenor por toda a dedicação em minha criação e o apoio ao longo dos meus estudos. À minha querida avó Marly por todos os seus mimos e ser meu exemplo de vida e dedicação. Ao meu avô Tabajara, que já não está mais aqui. Obrigada por todas as lições e inspiração que o senhor me deu. À minha prima Carolina, minha segunda irmã, que apesar de longe, sempre me acompanha e me ajuda. Enfim, a toda a minha família, que colaborou cada um a sua maneira para hoje eu ser quem sou.

Ao meu amor Eliéder, por ser meu amigo e companheiro, por ter muita paciência e me apoiar em todas as horas, por me inspirar e dar forças para sempre continuar e principalmente por todos os momentos felizes que você me proporciona.

Gostaria de agradecer a todos meus amigos de São João da Boa Vista, Ana Lia, Ana Luiza, Bruna, Cacainho, Du, Gabi, Gui, Jorge, Kaká, Neto, Má, Marcilio, Sy, Talitha, Vê, Victor, que me suportaram por tanto tempo e me ajudaram a formar a pessoa que hoje sou, com certeza são as pessoas que considero da minha família e são as que eu escolhi para sempre ter ao meu lado.

Às meninas que convivi nos 5 anos de faculdade Franga, Lary, Charlie, Barraka, Disput's, Nariz, Fórfi, Tandela e Piririm, por todos os momentos de estudos, choros, diversão e muita comilança. Também aos meninos Mentor, Espirro, Ieth, Roska, Piri e Bitcha que muito me divertiram nos melhores anos da minha vida.

Gostaria de agradecer a família que escolhi aqui em Jaboticabal, República As Coyotes, desde as moradoras mais antigas que convivi como Ranza, Fer, Nata, Ju, Pistol, Risada, Jata, Xá, Dana, Sudo, Tetxo, Bru e Selvs, até as mais novas como Lulu, Excul, Bruta, Txu, Nala, Matuta, Fatec e Ane obrigada por todos os momentos de brigas e conciliações, por todos os aprendizados, por todos os

estudos, todas as festas e principalmente por fazerem parte do meu crescimento pessoal. Às atuais moradoras que não convivi, mas que muito estimo Guari, Du, Palmirinha, Garrafinha, Zuba e Mei, por me considerarem da família antes mesmo de me conhecerem e por me receberem sempre de braços e sorrisos abertos.

Aos meus amigos de equipe Tati, Jaque, Ismael, Thiago, Guilherme Nascimento, Salvador, Giovana, Sabrina, Diego, Nicole, Guilherme Venturini, Natalia e Bia, por terem me recebido de braços abertos e por toda ajuda que me deram. Sem vocês este trabalho não seria o mesmo.

Aos funcionários do Departamento de Exatas, Adriana, Zezé, Shirley, Norival e aos funcionários da pós-graduação, pela colaboração e por proporcionar o ambiente de trabalho o melhor possível.

A ANCP, ao professor Raysildo Barbosa Lôbo e toda a equipe por cederem dados para que fosse possível a realização deste trabalho.

Aos membros da banca de qualificação Dr. Marcos Eli Buzanskas e Dra. Valdecy Aparecida Rocha da Cruz, pelo tempo dispendido, considerações realizadas para melhoria do presente trabalho e principalmente pela amizade.

Aos membros da banca de defesa da dissertação Prof. Dr. Ricardo da Fonseca e Dra. Cintia Righetti Marcondes, pela paciência, colaboração e sugestões.

Aos meus coorientadores e amigos, Dra. Daniela do Amaral Grossi e Dr. Rodrigo Pelicioni Savegnago por todo o apoio, paciência, orientação e sugestão.

A todos os professores que tive desde o início de minha educação até minha formação profissional, por terem dedicado tempo para minha formação. Ao Prof. Dr. José Jurandir Fagliari por ter me aceitado como estagiária e estudante de iniciação, me apresentando a área acadêmica, ensinando, orientando e me incentivando.

Em especial ao Prof. Dr. Danísio Prado Munari por me receber como aluna e orientada, tendo muita paciência e dedicação, por todos os ensinamentos e conselhos e por toda a colaboração para a minha formação profissional e pessoal.

À FCAV-UNESP Jaboticabal por proporcionar excelente ambiente para formação profissional. À CNPq pela bolsa de estudos concedida por 1 ano para este estudo (Processo:136078/2012-5). À FAPESP por conceder uma bolsa de estudos por 1 ano para a realização do presente trabalho (Processo:2013/09364-5).

Muito obrigada!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	IV
ABSTRACT	VI
CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
INTRODUÇÃO	1
ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	3
REVISÃO DE LITERATURA	4
1. ESTRUTURA DA POPULAÇÃO	4
1.1. <i>Integridade de pedigree</i>	4
1.2. <i>Tamanho efetivo da população</i>	5
1.3. <i>Número efetivo de fundadores</i>	6
1.4. <i>Número efetivo de ancestrais</i>	6
1.5. <i>Coeficiente de parentesco médio e coeficiente de endogamia</i>	6
2. CARACTERÍSTICAS DE INTERESSE ECONÔMICO PARA RAÇA TABAPUÃ	7
2.1. <i>Peso ao desmame</i>	7
2.2. <i>Idade ao primeiro parto</i>	9
2.3. <i>Intervalo de partos</i>	11
2.4. <i>Produtividade acumulada</i>	13
REFERÊNCIAS.....	14
CAPÍTULO 2 – ESTRUTURA POPULACIONAL DA RAÇA TABAPUÃ	
UTILIZANDO ANÁLISE DE PEDIGREE	22
RESUMO.....	22
1. INTRODUÇÃO	23
2. MATERIAL E MÉTODOS	24
2.1. <i>DESCRIÇÃO DO CONJUNTO DE DADOS</i>	24
2.2. <i>INTEGRIDADE DE PEDIGREE</i>	25
2.3. <i>NÚMERO EFETIVO DE FUNDADORES</i>	25

2.4. NÚMERO EFETIVO DE ANCESTRAIS	25
2.5. RAZÃO ENTRE O NÚMERO EFETIVO DE FUNDADORES E O NÚMERO EFETIVO DE ANCESTRAIS	26
2.6. PARÂMETROS POPULACIONAIS RELACIONADOS COM COEFICIENTE DE ENDOGAMIA	26
2.6.1. Coeficiente de parentesco médio	26
2.6.2. Coeficiente de endogamia.....	26
2.6.3. Tamanho efetivo da população	27
2.6.4. Efeitos da endogamia no desempenho fenotípico.....	27
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
3.1. INTEGRIDADE DE PEDIGREE	28
3.2. NÚMERO EFETIVO DE FUNDADORES.....	29
3.3. NÚMERO EFETIVO DE ANCESTRAIS E RAZÃO ENTRE O NÚMERO EFETIVO DE FUNDADORES E O NÚMERO EFETIVO DE ANCESTRAIS.....	30
3.4. PARÂMETROS POPULACIONAIS RELACIONADOS COM COEFICIENTE DE ENDOGAMIA.....	31
4. CONCLUSÃO.....	36
5. REFERÊNCIAS.....	37
CAPÍTULO 3 – ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS E TENDÊNCIAS GENÉTICAS PARA CARACTERÍSTICAS DE IMPORTÂNCIA ECONÔMICA EM BOVINOS TABAPUÃ	41
RESUMO.....	41
1. INTRODUÇÃO	42
2. MATERIAL E MÉTODOS	44
2.1. DESCRIÇÃO DOS DADOS.....	44
2.2. ORGANIZAÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DOS REGISTROS FENOTÍPICOS	45
2.3. ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS	46
2.4. TESTE DE RAZÃO DE VEROSSIMILHANÇA	47
2.5. EFICIÊNCIA RELATIVA DE SELEÇÃO	48
2.6. TENDÊNCIAS GENÉTICAS	49

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
3.1.DESCRICÃO DOS DADOS.....	49
3.2.ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS.....	51
3.3.ÉFICIÊNCIA RELATIVA DE SELEÇÃO.....	57
3.4.TENDÊNCIAS GENÉTICAS.....	58
4.CONCLUSÕES.....	62
5.REFERÊNCIAS.....	62
CAPÍTULO 4 - IMPLICAÇÕES GERAIS.....	69
APÊNDICES.....	70
APÊNDICE 1.	71
APÊNDICE 2.	72
APÊNDICE 3.	73
APÊNDICE 4.	73
APÊNDICE 5.	73
APÊNDICE 6.	73
APÊNDICE 7.	73

ANÁLISE DE PEDIGREE E ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE IMPORTÂNCIA ECONÔMICA EM BOVINOS TABAPUÃ

RESUMO – A raça de bovinos de corte Tabapuã possui características desejáveis para as condições tropicais de produção como rusticidade e adaptabilidade. No entanto, é uma raça de formação recente e existem poucos estudos da estrutura populacional, variabilidade genética, endogamia e estimativas de parâmetros genéticos para características de interesse econômico. Este trabalho teve dois objetivos principais. O primeiro foi avaliar e descrever a estrutura populacional da raça Tabapuã e a relação linear de classes de coeficiente de endogamia com as médias dos valores fenotípicos de peso ao desmame ajustado para 210 dias de idade (P210), idade ao primeiro parto (IPP), intervalo de partos médio (IPM), primeiro intervalo de partos (IP1), segundo intervalo de partos (IP2) e produtividade acumulada (PAC). O segundo objetivo foi estimar parâmetros genéticos, tendências genéticas e eficiência relativa de seleção para P210, IPP, IPM, IP1 e PAC em uma população de bovinos Tabapuã. Foram utilizados registros fenotípicos de 7.340 vacas da raça Tabapuã, pertencentes ao Programa de Melhoramento Genético da Raça Tabapuã (PMGRT) mantido pela Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP). O arquivo de pedigree continha 15.241 animais. A análise de estrutura populacional foi realizada por meio do programa ENDOG. As estimativas dos parâmetros genéticos foram obtidas pelo método de máxima verossimilhança restrita, utilizando modelo animal multicaracterística. O teste de razão de verossimilhança foi utilizado para definir os efeitos aleatórios para análise de P210. O modelo animal de P210 incluiu os efeitos aleatórios genético aditivo materno e de ambiente permanente, além do efeito genético aditivo direto e do efeito residual e efeitos fixos. Para IPP, IPM, IP1 e PAC consideraram-se apenas o efeito aleatório genético aditivo direto, efeito aleatório residual e efeitos fixos. As tendências genéticas foram calculadas por regressão linear dos valores genéticos preditos dos animais em função do ano de nascimento. A média de integridade de pedigree observada nas 6 últimas gerações foi igual a 47,99%. O número de gerações completa, máxima e equivalente foi igual a 5, 16 e 6,66, respectivamente. O número efetivo de fundadores foi igual a 124 e o número efetivo de ancestrais foi igual a 110, sendo a razão entre ambos igual a 1,13, o que indica ausência de gargalo genético para esta população. O coeficiente de endogamia médio foi de 0,0072 e foi observado aumento do coeficiente de endogamia médio, parentesco médio e porcentagem de animais endogâmicos ao longo das gerações. Verificou-se redução do coeficiente de endogamia médio para os animais endogâmicos e pequeno tamanho efetivo da população para a última geração (79,3). A regressão sobre classes de coeficiente de endogamia foi não significativa ($p > 0,05$) para P210, IPP, IPM, IP1, IP2 e PAC. O aumento do coeficiente de endogamia médio e o pequeno tamanho efetivo da população para a última geração demonstra que deve-se evitar acasalamento entre animais aparentados e o uso intensivo de poucos reprodutores. As análises de regressão linear entre a média de valores fenotípicos e classes de coeficiente de endogamia indicam que P210, IPP, IPM, IP1 e IP2 não sofreram depressão endogâmica. As estimativas de herdabilidade obtidas variaram de $0,04 \pm 0,03$ para IP1 a $0,25 \pm 0,05$ para P210. As correlações genéticas variaram de $0,004 \pm 0,19$ entre P210-IPP e

0,93±0,12 entre IPM-IP1. A tendência genética foi significativa ($p<0,05$) e favorável para o efeito genético materno de P210, significativa ($p<0,05$) e favorável para IP1, e significativa ($p<0,05$) e desfavorável para IPP, IPM e PAC. As estimativas de herdabilidade e correlações genéticas evidenciaram a importância na inclusão de P210, IPP e PAC na seleção em programas de melhoramento genético, sendo as duas últimas favoráveis ao desempenho de intervalo de partos. Observou-se pelas tendências genéticas ganhos genéticos pequenos e desfavoráveis para IPP, IPM e PAC mediante à recente implementação de programa de melhoramento genético da raça.

Palavras-chave: bovinos de corte, características reprodutivas, estrutura populacional, herdabilidade, peso ao desmame

PEDIGREE ANALYSIS AND GENETIC PARAMETERS ESTIMATES FOR ECONOMIC IMPORTANT TRAITS IN TABAPUÃ CATTLE

ABSTRACT – Tabapuã is a rustic beef cattle breed that is highly adapted to tropical environmental conditions. Due Tabapuã recent origin, there are only a few studies about population structure and genetic parameters. Thus, this study had two main objectives. The first was to evaluate the population structure and relationship of inbreeding coefficient and the phenotype of weaning weight adjusted at 210 days of age (W210), age at first calving (AFC), average of calving interval (ACI), first calving interval (CI1), second calving interval (CI2), and accumulated productivity (ACP). The second was to estimate genetic parameters, genetic trends and relative efficiency of selection for W210, AFC, ACI, CI1, and ACP in Tabapuã beef cattle. We used pedigree information of 15,241 animals and phenotypic information of 7,340 Tabapuã cows included in the Brazilian Tabapuã Breeding Program. Analysis of population structure was performed using ENDOG software. Estimates of genetic parameters were obtained by restricted maximum likelihood method, fitting a multiple-trait animal model. The likelihood ratio test was used to define the random effects for W210 analysis. For W210 the maternal genetic, permanent environmental, additive genetic, and residual effects were included in model; while only the additive genetic and residual effects were included for AFC, ACI, CI1, and ACP. Genetic trends were calculated from a linear regression of predicted breeding value on birth year. Average pedigree completeness was 47.99% for 6 last generations. Complete, maximum and equivalent generations were 5, 16 and 6.66, respectively. Effective number of founders and ancestors was equal to 124 and 110, respectively, and the ratio between both was 1.13. The average inbreeding coefficient was equal to 0.0072. The average inbreeding coefficient as well as the average relatedness and the percentage of number of inbred animals increased across generation. However, it was observed a decrease in average inbreeding coefficient across generations when considering only inbred animals. The effective population size at the last generation was small (79.3). The linear regression of phenotypes on the inbreeding coefficient was significant ($p < 0.05$) for ACP and not significant ($p > 0.05$) for W210, AFC, ACI, CI1, and CI2. These results indicate that, to prevent the increase on the inbreeding coefficient and consequent decrease of the effective population size, the mating between relatives and intensive mating selection should be avoided. Heritability estimates ranged from 0.04 ± 0.03 , for CI1, to 0.25 ± 0.05 , for W210. Genetic correlations ranged from 0.004 ± 0.19 , for W210 with AFC, to 0.93 ± 0.12 , for ACI with CI1. Genetic trends were significant ($p < 0.05$) and favorable for W210 maternal genetic effect and CI1, and unfavorable for AFC, ACI, ACP. The heritability estimates of W210, AFC and ACP demonstrated that these traits have genetic variability enough to be included in the selection process and the genetic correlations indicate favorable response of AFC and ACP selection on calving intervals. The unfavorable genetic trends for AFC, ACI, and ACP reflect the recent implementation of genetic breeding program in Tabapuã cattle.

Keywords: Beef cattle, heritability, population structure, reproductive traits, weaning weight

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

INTRODUÇÃO

O tamanho do rebanho bovino mundial foi estimado em mais de 1,4 bilhões de animais em 2012 (FAO, 2012). O Brasil foi o segundo país que teve maior expansão do rebanho, com aumento de 5.419.000 animais entre 2003 a 2011. Esse crescimento da bovinocultura brasileira deve-se ao aumento de 4,1 kg no consumo da carne bovina por pessoa nesse mesmo período (ANUALPEC, 2013), somado a demanda para exportação.

Dentre as fontes de proteína, a carne bovina é de grande aceitação entre os brasileiros, correspondendo a 44% do abastecimento de carnes do país (FAO, 2009). Para abastecer o consumo de carne nacional e internacional, o Brasil produz grande quantidade deste alimento, e ocupa nos últimos anos, as primeiras posições entre os países exportadores de carne bovina (ANUALPEC, 2013). Uma vez que o mercado do agronegócio envolve aproximadamente 22,58% do PIB nacional (CEPEA, 2013), é necessário expandir a produção e atender as demandas nacionais e internacionais. Para aumentar a produtividade e melhorar a qualidade do produto exigido pelo consumidor, é necessário promover melhorias em atividades já exercidas, como aumento da qualidade na alimentação animal, mudança de manejo e aplicação de sistema de confinamento e a introdução de novas tecnologias para a produção, como a aplicação de programas de melhoramento genético animal (MILLEN et al., 2011).

A produção bovina nacional é, em sua maior parte, realizada de forma extensiva e em solos de baixa ou média fertilidade (FERRAZ; FELÍCIO, 2010). Dessa maneira, torna-se necessário criar animais que se adaptem bem ao solo, temperatura e condições ambientais. Devido sua rusticidade, os animais de origem zebuína foram os que melhor se adaptaram às condições ambientais e de produção brasileiras e representam 80% do rebanho nacional (FREITAS et al.; 2005).

O Tabapuã é uma raça zebuína originada de diversos cruzamentos ao longo das décadas. Vacas da raça Nelore foram cruzadas com um reprodutor formado a partir das raças Gir, Guzerá e gado mocho nacional, originando a raça Tabapuã, que

foi reconhecida apenas em 1981 (ABCT, 2013). Esta raça foi a primeira dos neozebuínos formada a partir de planejamento zootécnico (ABCT, 2013). Porém, sua formação é muito recente e todo o rebanho foi constituído pelo acasalamento de apenas um macho. Esta origem da raça Tabapuã pode favorecer a redução da variabilidade genética e suas consequências.

Alguns parâmetros populacionais calculados a partir de registros de pedigree podem descrever a variabilidade genética após poucas gerações, permitindo o estudo da estrutura populacional por longo período de tempo (BOICHARD; MAIGNEL, VERRIER, 1997). O pedigree também permite identificar a endogamia da população ao longo das gerações, a qual em elevados graus pode promover redução na fertilidade e viabilidade dos animais, além da redução no desempenho de algumas características. Dessa maneira, verificar a estrutura da população e a endogamia são passos importantes para implementar um programa de seleção genética dos animais ou melhorar o planejamento daqueles já existentes.

A raça Tabapuã possui precocidade em ganho de peso, atingindo pesos elevados à idade ao abate. Esta característica é de interesse ao produtor, uma vez que o Brasil ainda é um país que possui média de idade de abate de bovinos de corte de 3 anos, o que evidencia que a média de engorda por ano nestes animais no país ainda é muito baixa (RESENDE, 2011). Além disso, a idade à maturidade das vacas é muito alta e a produção de bezerros por vaca por ano no país é muito baixa (MILLEN et al., 2011; ANUALPEC, 2013).

As fêmeas da raça Tabapuã atingem, dos 16 a 18 meses de idade, 50% de fertilidade e, dos 18 a 20 meses, mais de 60% (FREITAS, 2013). Este desempenho destaca a raça entre outros zebuínos, pois a eficiência na reprodução das fêmeas tem grande impacto econômico na produção de carne (ABY et al., 2012), uma vez que estas, ao atingirem a idade à maturidade precocemente somado ao rápido retorno ao ciclo estral, aumentam o número de bezerros produzidos ao longo de sua vida, com consequente aumento do retorno econômico para o produtor.

A inclusão de características produtivas e reprodutivas como critérios de seleção em programas de melhoramento genético podem aumentar a produção de carne sem diminuição na eficiência reprodutiva dos animais. Para avaliar geneticamente a população, é necessário conhecer as estimativas de parâmetros

genéticos das características de interesse do programa de seleção estabelecido (MALHADO et al., 2010), e monitorar as tendências genéticas das características avaliadas por ano de nascimento, para acompanhar os resultados obtidos pelo programa de melhoramento genético e realizar possíveis mudanças de critérios de seleção, caso necessário.

Este trabalho teve como objetivos (1) estudar a estrutura da população e o efeito da endogamia sobre o peso ao desmame corrigido para 210 dias de idade, idade ao primeiro parto, intervalo de partos e produtividade acumulada, e (2) estimar parâmetros genéticos, tendências genéticas e eficiência relativa de seleção para estas características produtivas e reprodutivas de relevância econômica em bovinos de corte da raça Tabapuã, afim de avaliar as características mais indicadas para a seleção genética dos animais e quais medidas devem ser tomadas caso haja grande influência da endogamia na população.

ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Neste capítulo foram abordados aspectos teóricos sobre os parâmetros que descrevem a estrutura populacional, tais como integridade de pedigree, tamanho efetivo populacional, número efetivo de fundadores e de ancestrais, coeficiente de parentesco e de endogamia. Ainda neste capítulo, foi apresentada revisão de literatura sobre características de importância econômica para a raça Tabapuã, tais como peso ao desmame ajustado para 210 dias de idade (P210), idade ao primeiro parto (IPP), intervalo de partos (IP) e produtividade acumulada (PAC). No Capítulo 2 constam as estimativas de parâmetros populacionais e relação de classes de coeficientes de endogamia com características de importância econômica citadas acima. No Capítulo 3 foram apresentadas as estimativas de parâmetros genéticos e tendências genéticas para P210, IPP, IP e PAC. No Capítulo 4 foram apresentadas as implicações gerais e a aplicação prática deste trabalho.

REVISÃO DE LITERATURA

1. Estrutura da população

A avaliação da estrutura populacional fornece suporte para desenvolver ferramentas e estratégias para a aplicação do melhoramento genético, bem como definir os procedimentos para atingir os objetivos de seleção do programa implementado (MALHADO et al., 2008). Esta avaliação da estrutura populacional fornece informações como integridade de pedigree, número de gerações, tamanho efetivo da população, número efetivo de fundadores, número efetivo de ancestrais e coeficiente de endogamia dos indivíduos.

1.1. Integridade de pedigree

A integridade de pedigree permite identificar o quanto do pedigree, em cada geração, está completo e pode ser calculada por meio da quantidade de informação que é desconhecida, ou seja, o quanto de registro dos pais está ausente. O número de gerações também contribui para a integridade de pedigree e pode ser calculado de três formas: número de gerações completas (Figura 1A), obtida pelo número de gerações em que ambos os pais são conhecidos; número de gerações máximas (Figura 1B), obtida pelo número do total de gerações possíveis, sendo os pais conhecidos ou não; e número de gerações equivalentes (Figura 1C), o qual é dado pela soma de todos os ancestrais dos quais se tem registro, e calculado pelo somatório de $(1/2)^n$, em que n é o número de gerações que o indivíduo é separado de cada ancestral conhecido (MAGNEL; BOICHARD; VERRIER, 1996).

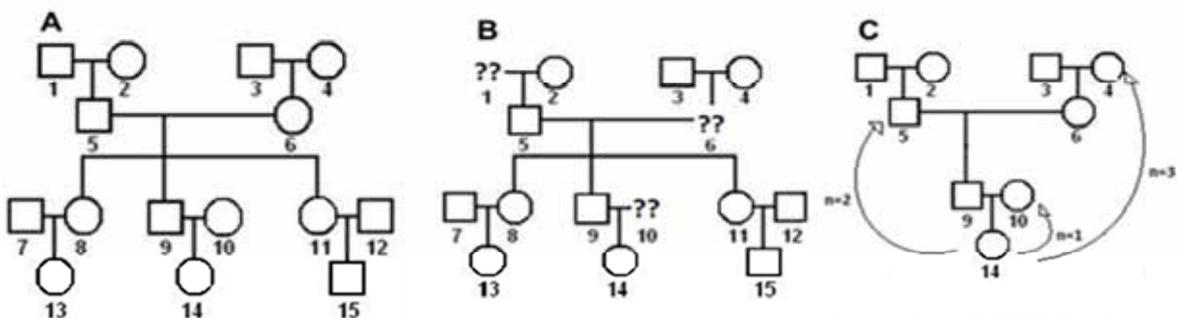


Figura 1. Representação de pedigrees em que são possíveis calcular o número de gerações completas (A), número de gerações máximas (B) e número de gerações equivalentes (C).

Caires et al. (2012) avaliaram um conjunto de pedigree de bovinos da raça Tabapuã e observaram que 24,83% dos animais tiveram pais e mães desconhecidos e 73,34% não tiveram informação dos avós no pedigree. A redução na informação de pedigree em gerações mais antigas também foi observada por Panetto et al. (2010) em bovinos da raça Guzerá e por Malhado et al. (2010) em bovinos da raça Nelore. Scraggs et al. (2014) estudaram uma população de 4.132 animais Wagyu e obtiveram média do número de geração completa baixa, sendo igual a 3,37. A falta de informação no pedigree pode subestimar o coeficiente de endogamia calculado para os animais mais velhos, assim como a média do coeficiente de endogamia para toda população. A influência da estrutura de pedigree na variabilidade genética foi relatada por Danchin-Burge et al. (2012), estudando diversas raças de bovinos de leite com diferentes quantidades de informação de pedigree. Em bovinos da raça Nelore, sugeriu-se possível subestimação do coeficiente de endogamia devido falta de informação no pedigree (SANTANA JR et al., 2010).

1.2. Tamanho efetivo da população

O tamanho efetivo da população é dado pelo número de indivíduos que explicaria a taxa de endogamia obtida se estes fossem acasalados aleatoriamente (WRIGHT, 1931). O uso intensivo de alguns indivíduos pode promover aumento da taxa de endogamia e redução do tamanho efetivo da população (MÁRQUEZ et al., 2010).

Estudos realizados por Schenkel, LaGioia e Riboldi (2002) com registros de pedigree de 2.314.256 animais da raça Nelore e 126.133 animais da raça Tabapuã revelaram tamanho efetivo da população de 88 e 82, respectivamente, identificando maior redução da variabilidade genética para a raça Nelore. Porém, estas estimativas foram muito menores em relação ao obtido com registros de pedigree de 2.141.506 animais Red Angus estudados por Márquez et al. (2010), que obtiveram tamanho efetivo de 445 animais. A Organização de Agricultura e Alimentos (FAO) considera nível crítico para populações com tamanho efetivo abaixo de 50 indivíduos por geração (FAO, 1998).

1.3. Número efetivo de fundadores

Os reprodutores com pai e mãe desconhecidos são considerados fundadores e o número efetivo de fundadores representa o número esperado desses reprodutores (fundadores) os quais, se contribuíssem igualmente com material genético, promoveria a mesma variabilidade genética da população estudada (LACY, 1989). O número efetivo de fundadores possui variação de acordo com a população estudada, como relatado por Caires et al. (2012) de 164 para animais da raça Tabapuã e por Malhado et al. (2008) de 786 animais para a raça Nelore.

1.4. Número efetivo de ancestrais

O número efetivo de ancestrais representa o número mínimo de ancestrais (fundadores ou não) que explicam toda a diversidade genética da população estudada (BOICHARD; MAIGNEL, VERRIER, 1997). O número efetivo de fundadores e ancestrais baixos indicam menor diversidade genética da população, e conseqüentemente, maior endogamia, e pequeno tamanho efetivo da população estudada. Assim como o número efetivo de fundadores, o número efetivo de ancestrais também possui variação conforme o pedigree estudado, podendo ser observado número efetivo de ancestrais igual a 21 para um rebanho fechado da raça Nelore da linhagem Lemgruber (OLIVEIRA et al., 2011) enquanto que um estudo de uma população de bovinos da raça Nelore relatou que 50% da variabilidade genética poderia ser explicada por 448 ancestrais (MALHADO et al., 2010).

1.5. Coeficiente de parentesco médio e coeficiente de endogamia

O coeficiente de parentesco médio é definido como a probabilidade de que um alelo escolhido ao acaso entre toda a população seja de determinado animal. Numericamente, o parentesco médio corresponde a duas vezes a probabilidade de dois alelos aleatórios (um do animal e outro de toda população) serem idênticos por descendência, e pode ser interpretado como a representação de um dado animal em todo o pedigree independentemente do conhecimento de seu próprio pedigree (DUNNER et al., 1998). Este coeficiente está relacionado com o coeficiente de endogamia. O coeficiente de endogamia é a probabilidade de um indivíduo possuir dois alelos idênticos por descendência (WRIGHT, 1922).

O coeficiente de endogamia deve ser considerado na implantação de um programa de melhoramento genético por meio de controle de acasalamento em animais aparentados, uma vez que altos índices de endogamia podem prejudicar o desempenho para características de importância econômica. Queiroz, Albuquerque e Lanzoni (2000) relataram efeito negativo da endogamia no peso ao desmame assim como Santana Jr et al. (2010), que também verificaram redução na probabilidade de prenhez aos 14 meses com elevado índice de endogamia na raça Nelore. Mc Parland et al. (2007) observaram aumento da idade ao primeiro parto em animais da raça Holandesa, com o aumento da endogamia. Estudos realizados por Panetto et al. (2010) também observaram influência do coeficiente de endogamia sobre idade ao primeiro parto e intervalo de partos para bovinos da raça Guzerá, assim como Rokouei et al. (2010), que verificaram significância no efeito da endogamia sobre as mesmas características em vacas da raça Holandesa, evidenciando que a endogamia pode afetar tanto características produtivas, como reprodutivas.

2. Características de interesse econômico para raça Tabapuã

2.1. *Peso ao desmame*

O peso ao desmame, que é medido em idades que variam de 205 a 240 dias de acordo com o programa de melhoramento genético, possui destaque em sistemas de produção de cria, que têm o bezerro como principal produto. Somado a este interesse, tem-se que o peso ao desmame possui correlação genética positiva de moderada a alta magnitude com pesos a idades futuras (FERRAZ FILHO et al., 2002), o que pode ser uma característica de importância para seleção, com finalidade de obter animais com elevado peso corporal à idade de abate. Ferraz Filho et al. (2004), obtiveram média de peso ao desmame de 170,3 kg em animais da raça Tabapuã, muito próxima a obtida por Ribeiro et al. (2007), de 172,5 kg na mesma raça.

A estimativa da herdabilidade determina o quanto da variação fenotípica total advém do efeito aditivo dos genes. As estimativas da herdabilidade direta e materna obtidas por Ferraz Filho et al. (2004) foram, respectivamente, de 0,16 e de 0,10 para

peso ao desmame em bovinos da raça Tabapuã. Trabalhos realizados com bovinos da raça Nelore obtiveram estimativas de herdabilidade variando de 0,16 a 0,30 para peso ao desmame (SOUZA et al., 2004; BOLIGON; BALDI; ALBUQUERQUE, 2012; SANT'ANNA et al., 2012). De maneira geral, a herdabilidade para peso ao desmame apresenta-se de moderada magnitude, e conseqüentemente, as tendências genéticas para esta característica observadas em processo de seleção são favoráveis com taxa de mudança anual que variaram de 0,17 kg/ano a 0,61 kg/ano para diferentes raças estudadas (ARAÚJO et al., 2010; LAUREANO et al., 2011; SOUZA et al., 2011; ZUIN et al., 2012; SENA et al., 2013; SOUSA et al., 2013), o que evidencia que a característica possui variabilidade genética suficiente para responder ao processo de seleção.

Devido à dificuldade em realizar a pesagem de animais no mesmo dia, realizam-se pesagens em diferentes datas e as medidas são corrigidas para determinada idade. Para realizar esta correção pode-se utilizar modelos não lineares (GONÇALVES et al., 2011) ou lineares, sendo os de regressão os mais utilizados (GROSSI et al., 2008).

Além do ajuste da característica, a escolha do modelo para estimação de parâmetros genéticos a ser aplicado é de importância para obter estimativas confiáveis, que são essenciais na condução da seleção em programas de melhoramento genético (ABERA et al., 2011). Os modelos utilizados na análise dos dados baseiam-se na inclusão de efeitos fixos, que devem possuir significância sobre as características estudadas, e efeitos aleatórios que, em geral, incluem apenas o efeito genético aditivo direto do animal e não utilizam o efeito genético materno e de ambiente permanente como efeito aleatório, fazendo com que as estimativas obtidas possam ser superestimadas (MALHADO et al., 2005), uma vez que estes componentes podem influenciar na expressão fenotípica do animal. Segundo Ribeiro et al. (2007), um modelo adequado para estimar parâmetros para peso ao desmame deve conter o efeito genético materno, além do efeito genético aditivo direto nos efeitos aleatórios, devido a alta variância deste componente verificada para bovinos Tabapuã.

Outro efeito a ser considerado no modelo de análise é a covariância existente entre efeito genético direto e materno e, conseqüentemente, a correlação entre

estes dois componentes. Albuquerque e Meyer (2001) sugeriram estabelecer a covariância entre o efeito genético direto e materno como zero. Entretanto, segundo Abera et al. (2011), se um programa de melhoramento genético espera atingir progresso notável, este deve se basear em modelos nos quais avaliaram a possível inclusão desta covariância na análise, devido a obtenção de melhor estimativas de parâmetros genéticos quando esta covariância estava inclusa nas análises. Segundo estes autores, para a inclusão de tal termo, é necessário quantidade suficiente de registros de desempenho e de pedigree.

Uma vez estabelecido o modelo a ser utilizado, levando-se em consideração todos os efeitos que devem ser incluídos de acordo com os registros, consegue-se realizar a aplicação de um processo de seleção. No entanto, ao estabelecer uma característica como critério de seleção, é preciso compreender a relação desta com as demais características de importância econômica, a fim de evitar modificações inesperadas no rebanho que possam acarretar prejuízos. A correlação genética entre diferentes características permite identificar estas associações.

Pereira et al. (2005), estudando associações entre peso ao desmame com idade ao primeiro parto e intervalo de partos para bovinos da raça Tabapuã, relataram correlações genéticas iguais a -0,67 e 0,19, respectivamente. Guidolin et al. (2010) estimaram correlação genética entre peso ao desmame e idade ao primeiro parto igual a -0,51, em bovinos da raça Guzerá. Boligon et al. (2010) relataram estimativa de correlação genética entre peso ao desmame e idade ao primeiro parto para bovinos da raça Nelore igual a -0,20, sendo este valor pouco representativo o qual não permite conclusões sobre a associação destas características.

2.2. Idade ao primeiro parto

No sistema produtivo de bovinos, as características reprodutivas ganham importância por serem responsáveis pelo aumento do número de animais e pela reposição do rebanho, e promovem maior retorno ao produtor quando estas apresentam maiores desempenhos. Dentre as características reprodutivas, a idade ao primeiro parto possui destaque, pois sendo precoces sexualmente as fêmeas tem a oportunidade de produzir maior número de bezerros ao longo de sua vida

reprodutiva. A seleção para reduzir a idade ao primeiro parto reduz o intervalo de gerações e favorece o processo de seleção (PELICIONI et al., 1999).

Médias de idade ao primeiro parto em estudos para bovinos da raça Nelore foram próximas aos 35 meses de idade (BOLIGON et al., 2010; LAUREANO et al., 2011; BOLIGON; ALBUQUERQUE, 2011; CAETANO et al., 2013). Para bovinos da raça Tabapuã, Pereira et al. (2005) verificaram média próxima de 38 meses de idade.

Estudos realizados com bovinos de diversas raças em países como Brasil, México e Irã obtiveram estimativas de herdabilidade de $0,04 \pm 0,01$ para idade ao primeiro parto em bovinos da raça Canchim a $0,46 \pm 0,15$ em bovinos multirracial *Bos indicus* para a mesma característica (MAGAÑA; SEGURA, 1997; BALIEIRO et al., 2003; BUZANSKAS et al., 2010; SANTANA JR et al., 2010; AROUGH; ASLAMINEJAD; FARHANGFAR, 2011). Entretanto, grande parte dos trabalhos com bovinos de corte zebuínos apresenta herdabilidade para idade ao primeiro parto de magnitude baixa a moderada, como de 0,02, 0,10 e 0,21 observados em bovinos da raça Nelore (GROSSI et al., 2009; BOLIGON; ALBUQUERQUE, 2011; BOLIGON; BALDI; ALBUQUERQUE, 2012), e de 0,03 em bovinos da raça Tabapuã (PEREIRA et al., 2005).

Embora a idade ao primeiro parto apresente baixas estimativas de herdabilidade, as tendências genéticas observadas em animais da raça Nelore e multirracial *Bos indicus* mostram-se favoráveis, principalmente em períodos mais recentes, no entanto, o coeficiente de regressão mostrou-se pequeno (GROSSI et al. 2008; AROUGH; ASLAMINEJAD; FARHANGFAR, 2011; LAUREANO et al., 2011). Estes relatos apontam que esta característica deve ser levada em consideração como critério de seleção em programas de melhoramento genético, devido sua importância na cadeia produtiva, mesmo que o progresso genético seja lento (SEGURA-CORREA et al., 2012).

As baixas estimativas de herdabilidade relatadas para características reprodutivas indicam que estas sofrem maior influência dos efeitos não aditivos dos genes e do efeito de ambiente (ORENGE et al., 2009). Para idade ao primeiro parto, estas baixas estimativas podem também ser resultantes da dificuldade em detectar a variabilidade genética devido à diversidade no manejo adotado pelas propriedades

ao realizar a exposição das fêmeas aos machos no período de reprodução. Assim, as estimativas dos parâmetros genéticos analisados podem depender em grande parte da população estudada, das circunstâncias ambientais desta população e do modelo de estimação e metodologia utilizados (MAGAÑA; SEGURA, 1997).

Dias et al. (2004) analisaram três modelos para análise de idade ao primeiro parto com diferentes inclusões de efeitos fixos, e obtiveram maior coeficiente de determinação ($R^2=0,93$) no modelo que incluiu no grupo de contemporâneos o ano, estação e fazenda do nascimento do animal, grupos de manejo ao nascimento, ao desmame e ao sobreano, tipo de cobertura, o ano e a estação do parto. Além do grupo de contemporâneos, os efeitos fixos incluíram idade da mãe do animal ao parto como efeito linear e quadrático e ambos se mostraram significativos ($p<0,05$) em dois modelos analisados. Grossi et al. (2009) não encontraram influência significativa ($p<0,05$) ao analisarem o efeito da idade da mãe ao parto sobre a idade ao primeiro parto. Apesar das dificuldades encontradas para a estimação de parâmetros genéticos para características reprodutivas, estas são as que mais promovem impacto econômico em um sistema produtivo (BRUMATTI et al., 2011).

A associação genética entre idade ao primeiro parto e demais características são estudadas visando identificar possíveis modificações ao longo do processo de seleção que inclua idade ao primeiro parto como critério de seleção. Boligon; Albuquerque (2011) e Caetano et al. (2013) relataram correlações genéticas baixas entre idade ao primeiro parto e peso a maturidade da vaca em bovinos da raça Nelore. Também há relatos de associações genéticas entre idade ao primeiro parto e intervalo de partos em diversas raças, variando conforme a população estudada, com estimativas de $0,014\pm 0,01$ a $0,40\pm 0,36$ (GUTIÉRREZ et al., 2002; VERGARA; ELZO; CERÓN-MUÑOZ, 2009; AROUGH; ASLAMINEJAD; FARHANGFAR, 2011).

2.3. Intervalo de partos

O intervalo de partos possui importância econômica para a pecuária, pois está relacionado aos custos de produção por bezerros produzidos por ano, sendo fator limitante à prática de seleção (DUARTE; BASTOS, 2005). O intervalo de partos, medido em dias, é o período correspondente entre dois partos consecutivos e apresenta variação dependente da raça, fazenda e manejo adotado, com médias

para bovinos de corte de 488,03, 420,10 e 509,30 dias nas raças Asturiana de los Valles, Hereford e Charolês, respectivamente (GUTIÉRREZ et al., 2002; ORENGE et al., 2009).

Como as demais características reprodutivas, o intervalo de partos apresenta estimativas de herdabilidade de moderadas a baixas magnitudes, como verificadas por Gutiérrez et al. (2007) de $0,12 \pm 0,013$ para intervalo de partos em bovinos da raça Asturiana de los Valles e por Pereira et al. (2005) de 0,01 para primeiro intervalo de partos em bovinos da raça Tabapuã. A tendência genética observada em bovinos de corte por Vergara, Elzo e Cerón-Muñoz (2009) para esta característica permaneceu praticamente inalterada ao longo dos anos, sendo a causa atribuída a um fator ambiental que limitou a maior expressão da característica. Em bovinos de leite, estudos também observaram ausência de tendência genética para primeiro intervalo de partos e segundo intervalo de partos em vacas holandesas (AROUGH; ASLAMINEJAD; FARHANGFAR, 2011). Paneto et al. (2008) observou tendência genética desfavorável para intervalo de partos em vacas Guzerá no período estudado.

O modelo utilizado nas análises para estimação de parâmetros genéticos para intervalo de partos é muito semelhante ao modelo utilizado para a característica idade ao primeiro parto, como o descrito por Gutiérrez et al. (2002). Rangel et al. (2009), ao analisarem a significância dos efeitos fixos incluídos em seu modelo para vacas Guzerá, observaram que a época e ano de parição e sexo da cria não influenciaram significativamente ($p > 0,05$) a variação fenotípica do intervalo de partos, enquanto que a ordem de parição apresentou efeito quadrático sobre esta característica.

Realizaram-se estudos para identificar possíveis associações genéticas de intervalo de partos com outras características de importância econômica, como facilidade de parto e peso a desmame em bovinos da raça Asturiana de los Valles, identificando baixas estimativas de correlações genéticas, as quais foram iguais a 0,14 e -0,07, respectivamente (GUTIÉRREZ, 2007). Mercadante, Lôbo e Oliveira (2000), também observaram correlação genética muito pequena de 0,11, para peso aos 240 dias de idade e primeiro intervalo de partos em bovinos da raça Nelore.

2.4. Produtividade acumulada

A vaca deve iniciar o ciclo reprodutivo precocemente e manter a periodicidade em parir bezerros e, com sua habilidade materna, desmamá-los com maior peso. Para isto foram propostos índices que pudessem relacionar tais qualidades de maneira adequada, e que pudessem identificar a produtividade da fêmea. Segundo Rahnefeld, Weiss e Ward (1993), esta produtividade deveria ser avaliada levando-se em consideração as diferenças no peso da fêmea, eficiência reprodutiva e crescimento do bezerro.

O programa de melhoramento genético mantido pela Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP) propôs o índice denominado Produtividade Acumulada (PAC), o qual é capaz de fornecer o peso em quilogramas de bezerro desmamado por fêmea por ano, sendo relacionado diretamente com a idade ao primeiro parto, intervalo de partos (SCHWENGBER; BEZERRA; LÔBO, 2001) e peso ao desmame. A PAC é um índice que exige dados detalhados sobre a matriz e sua progênie. Entretanto, esta é uma medida completa da produtividade de uma fêmea, considerando sua precocidade sexual, fertilidade, longevidade e habilidade materna, sendo assim interessante sua aplicação nas propriedades de bovinos de corte (ROSA, 1999).

A PAC é obtida da seguinte forma: $PAC = (P_d \times n_p \times C_{365}) / (IVP_n - C_{550})$ (LÔBO et al., 2000), em que P_d é peso médio dos bezerros ao desmame padronizado para 210 dias de idade; n_p é número total de bezerros produzidos; C_{365} é constante igual a 365 dias que permite expressar a fertilidade em base anual; IVP_n é idade da vaca ao último parto; C_{550} é constante igual a 550 dias. Considerando que a meta do PMGRN - Nelore Brasil para idade ao primeiro parto é de 30 meses, ou seja, IVP_n igual a 915 dias, tem-se que o cálculo de PAC para uma vaca primípara que atingiu esta meta resulta em: $PAC = (P_d \times n_p \times 365) / (915 - 550) = (P_d \times 1 \times 365) / (365) = P_d$. Portanto, considerando a meta estabelecida para idade ao primeiro parto, a primeira PAC é representada pelo peso ao desmame do primeiro bezerro nascido da vaca.

Rosa (1999), Schwengber, Bezerra e Lôbo (2001) e Azevêdo et al. (2005) obtiveram médias para PAC de 144 ± 27 kg, 130 ± 35 kg e $96,74 \pm 46,7$ kg utilizando modelos semelhantes e herdabilidades de 0,19, 0,15 e 0,11, respectivamente.

Resultados obtidos por Rosa (1999) e Schwengber, Bezerra e Lôbo (2001), indicaram variabilidade genética aditiva suficiente para que a PAC fosse incluída em um programa de seleção. Grossi et al. (2008), utilizando análise bicaracterística com idade ao primeiro parto, diferentes pesos corporais e diferentes circunferências escrotais, obtiveram estimativas de herdabilidade para PAC que variaram de 0,14 a 0,25 em bovinos da raça Nelore. Este mesmo estudo revelou tendência genética favorável para esta característica no período estudado. Resultado semelhante para PAC, também foi relatado por Rosa (1999), o que indica que esta característica pode apresentar resposta significativa e favorável ao ser incluída como critério de seleção.

Estudos realizados com a PAC são escassos, observando poucas correlações genéticas desta característica com características reprodutivas. Grossi et al. (2008) observaram correlação genética alta e negativa, igual a -0,71, entre idade ao primeiro parto e PAC em bovinos Nelore, o que indicou que seleção para IPP pode favorecer o aumento na PAC nesta raça.

REFERÊNCIAS

ABCT: Associação Brasileira dos Criadores de Tabapuã – ABCT História da raça Tabapuã. Disponível em: <http://www.tabapua.org.br/index.php?pagina=nav/abct_historia> Acesso em: 04 de fevereiro de 2013.

ABERA, H.; ABEGAZ, S.; MEKASHA, Y. Genetic parameter estimates of pre-weaning weight of Horro (Zebu) and their crosses with Holstein Friesian and Jersey cattle breeds in Ethiopia. **International Journal of Livestock Production**, Victoria Island, v.2, n. 6, p. 84-91, 2011.

ABY, B. A.; AASS, L.; SEHESTEDB, E.; VANGEN, O. Effects of changes in external production conditions on economic values of traits in Continental and British beef cattle breeds. **Livestock Science**, Oxford, v. 150, p. 80-93, 2012.

ALBUQUERQUE, L. G.; MEYER, K. Estimates of direct and maternal genetic effects for weights from birth to 600 days of age in Nelore cattle. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, Malden, v. 118, p. 83-92, 2001.

ANUALPEC 2013: **anúário da pecuária brasileira**. São Paulo: Informa Economics FNP, 2013. p. 77.

ARAÚJO, R. O.; RORATO, P. R. N.; WEBER, T.; EVERLING, D. M.; LOPES, J. S.; DORNELLES, M. A. Genetic parameters and phenotypic and genetic trends for weight at weaning and visual scores during this phase estimated for Angus-Nellore crossbred young bulls. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v. 39, n. 11, p. 2398 – 2408, 2010.

AROUGH, H. F.; ASLAMINEJAD, A. A.; FARHANGFAR, H. Estimation of genetic parameters and trends for age at first calving and calving interval in Iranian Holstein cows. **Journal of Research in Agricultural Science**, Bhopal, v. 7, n. 1, p. 79-87, 2011.

AZEVEDO, D. M. M. R.; MARTINS FILHO, R.; LÔBO, R. N. B.; LÔBO, R. B.; MOURA, A. A. A. N.; PIMENTA FILHO, E. C.; MALHADO, C. H. M. Produtividade acumulada (PAC) das matrizes em rebanhos Nelore do Norte e Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v. 34, n. 1, p. 54-59, 2005.

BALIEIRO, E. S.; PEREIRA, J. C. C.; VERNEQUE, R. S.; BALIEIRO, J. C. C.; VALENTE, J. Estimativas de herdabilidade e correlações fenotípicas, genéticas e de ambiente entre algumas características reprodutivas e produção de leite na raça Gir. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 55, n. 1, p. 85 – 91, 2003.

BOICHARD, D.; Maignel, L.; VERRIER, E. The value of using probabilities of gene origin to measure genetic variability in a population. **Genetics Selection Evolution**, Londres, v. 29, nº 1, p. 5-23, 1997.

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 Nellore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v. 39, n. 4, 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**, Oxford, v. 141, p. 12 – 16, 2011.

BOLIGON, A. A.; BALDI, F.; ALBUQUERQUE, L. G. Genetic correlations between heifer subsequent rebreeding and age at first calving and growth traits in Nellore cattle by Bayesian inference. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 11, n. 4, p. 4516 – 4524, 2012.

BRUMATTI, R. C.; FERRAZ, J. B. S.; ELER, J. P.; FORMIGONNI, I. B. Desenvolvimento de índice de seleção em gado corte sob o enfoque de um modelo bioeconômico. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 60, n. 230, p. 205 – 213, 2011.

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**, Oxford, v. 132, p. 107 – 112, 2010.

CAETANO, S. L.; SAVEGNAGO, R. P.; BOLIGON, A. A.; RAMOS, S. B.; CHUD, T. C. S.; LÔBO, R. B.; MUNARI, D. P. Estimate of genetic parameters for carcass, growth and reproductive traits in Nelore cattle. **Livestock Science**, Oxford, v. 155, n. 1, p. 1 – 7, 2013.

CAIRES, D. N.; MALHADO, C. H. M.; SOUZA, L. A.; TEIXEIRA NETO, M. R.; CARNEIRO, P. L. S.; MARTINS FILHO, R. Tabapuã breed in northeastern Brazil: genetic progress and population structure. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v. 41, n. 8, p. 1858 – 1865, 2012.

CEPEA: Centro de estudos avançados em economia aplicada – CEPEA-ESALQ/USP 2013. Disponível em: <<http://cepea.esalq.usp.br/pib/>>. Acesso em: 11 de junho de 2014.

DANCHIN-BURGUE, C.; LEROY, G.; BROCHARD, M.; MOUREAUX, S.; VERRIER, E. Evolution of the genetic variability of eight French dairy cattle breeds assessed by pedigree analysis. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, Malden, v. 129, p. 206 – 217, 2012.

DIAS, L. T.; FARO, L. E.; ALBUQUERQUE, L. G. Estimativas de herdabilidade para idade ao primeiro parto de novilhas da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v. 33, n. 1, p. 97-102, 2004.

DUARTE, M. L. P. R.; BASTOS, J. F. P. Avaliação de características reprodutivas de um rebanho da raça Guzerá. **Cultura agrônômica**, Ilha solteira, v. 14, n. 1, p. 1-15, 2005.

DUNNER, S.; CHECA, M. L.; GUTIÉRREZ, J. P.; MARTÍN, J. P.; CAÑÓN, J.; Genetic analysis and management in small populations: the Asturcon pony as an example. **Genetics Selection Evolution**, Londres, v. 30, p. 397–405, 1998.

FAO: Food and Agriculture Organization - Secondary guidelines for development of national farm animal genetic resources management plans: management of small populations at risk. 1998. FAO. Rome, Italy, Disponível em: <http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/pt/lead/toolbox/Indust/sml-popn.pdf>. Acesso em: 24 de junho de 2014.

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAOSTAT 2009. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/home/index.html#VISUALIZE_BY_DOMAIN>. Acesso em: 16 de fevereiro de 2014.

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAOSTAT 2012. Disponível em: < <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QA/E>>. Acesso em: 18 de abril de 2014.

FERRAZ FILHO, P. B.; RAMOS, A. A.; SILVA, L. O. C.; SOUZA, J. C.; ALENCAR, M. M. Herdabilidade e correlações genéticas, fenotípicas e ambientais para pesos em diferentes idades de bovinos da raça Tabapuã. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 65-69, 2002.

FERRAZ FILHO, P. B.; RAMOS, A. A.; SILVA, L. O. C.; SOUZA, J. C.; ALENCAR, M. M. Alternative animal models to estimate heritabilities and genetic correlations between direct and maternal effects of Pre and Post- Weaning weights of Tabapuã cattle. **Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal**, Maracaibo, v. 12, n. 3, p. 119-125, 2004.

FERRAZ, J. B. S.; FELÍCIO, P. E. Production systems – An example from Brazil. **Meat Science**, Loughborough, v. 84, p. 238-243, 2010.

FREITAS, A. R.; LOIBEL, S. M. C.; ANDRADE, M. G.; VAL, J. B. R. Modelagem do crescimento populacional do rebanho bovino brasileiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v. 34, p. 2225-2232, 2005. Suplemento especial.

FREITAS, G. Tabapuã: conheça o “zebu brasileiro”, com musculatura, mansidão e habilidade materna. **BeefPoint**, 2013. Disponível em: < <http://www.beefpoint.com.br/cadeia-produtiva/racas-e-genetica/tabapua-conheca-o-zebu-brasileiro-com-musculatura-mansidao-e-habilidade-materna-projeto-racas/>>. Acesso em: 28 de julho de 2014.

GONÇALVES, T. M.; DIAS, M. A. D.; AZEVEDO JUNIOR, J.; RODRIGUEZ, M. A. P.; TIMPANI, V. D.; OLIVEIRA, A. I. G. Curvas de crescimento de fêmeas da raça Nelore e seus cruzamentos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 3, p. 582-590, 2011.

GROSSI, D. A.; FRIZZAS, 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**, Oxford, v. 117, p. 139-146, 2008.

GROSSI, D. A.; VENTURINI, G. C.; PAZ, C. C. P.; BEZERRA, L. A. F.; LOBO, 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 of Animal Breeding and Genetics**, Jokioinen, v. 126, p. 387-393, 2009.

GUIDOLIN, D. G. F.; GRUPIONI, N. V.; CHUD, T. C. S.; URBINATI, I.; LÔBO, R. B.; BEZERRA, L. A. F.; PAZ, C. C. P.; MUNARI, D. P. Genetic association for growth, reproductive and carcass traits in Guzerá beef cattle. In: Proceedings of 9th World Congress on Genetics Applied to Livestock production. Leipzig, Germany, 2010. Disponível em: < <http://www.kongressband.de/wcgalp2010/assets/pdf/0640.pdf>>. Acessado em: 05 de janeiro de 2014.

GUTIÉRREZ, J. P.; ALVAREZ, I.; FERNÁNDEZ, I.; ROYO, L. J. ; DíEZ, J.; GOYACHE, F. Genetic relationships between calving date, calving interval, age at first calving and type traits in beef cattle. **Livestock Production Science**, Oxford, v. 78, p. 215-222, 2002.

GUTIÉRREZ, J. P.; GOYACHE, F.; FERNÁNDEZ, I.; ALVAREZ, I.; ROYO, L. J. Genetic relationships among calving ease, calving interval, birth weight, and weaning weight in the Asturiana de los Valles beef cattle breed. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, p. 69-75, 2007.

LACY, R.C. Analysis of founder representation in pedigrees: founder equivalent and founder genome equivalents. **Zoo Biology**, Malden, v. 8, nº 2, p. 111-123, 1989.

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, n. 1, p. 143 – 152, 2011.

LÔBO, R. B.; BEZERRA, L. A. F.; OLIVEIRA, H. N.; GARNERO, A. V.; SCHWENGBER, E. B.; MARCONDES, C. R. Avaliação genética de animais jovens, touros e matrizes. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo/GEMAC, 2000.

MAGAÑA, J. G.; SEGURA, J. C. Heritability and factors affecting growth traits and age at first calving of zebu beef heifers in south-eastern Mexico. **Tropical Animal Health and Production**, Edinburgh, v. 29, p. 185-192, 1997.

MAIGNEL, L.; BOICHARD, D.; VERRIER, E. Genetic variability of French dairy breeds estimated from pedigree information. **Interbull Bulletin**, Uppsala, nº 14, p. 49-54, 1996.

MALHADO, C. H. M.; CARNEIRO, P. L. S.; MARTINS FILHO, R.; AZEVEDO, D. M. M. R.; FACÓ, O.; MACHADO, C. H. C.; PICCININ, A. Tendência e parâmetros genéticos para o peso aos 205 dias de idade em bovinos da raça Nelore mocho no estado da Bahia. **Revista Científica de Produção Animal**, Teresina, v. 7, n. 2, p.28-34, 2005.

MALHADO, C. H. M.; CARNEIRO, P. L. S.; PEREIRA, D. G.; MARTINS FILHO, R. Progresso genético e estrutura populacional do rebanho Nelore no Estado da Bahia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n. 9, p. 1163-1169, 2008.

MALHADO, C. H. M.; CARNEIRO, P. L. S.; MALHADO, A. C. M.; MARTINS FILHO, R.; BOZZI, R.; LADLE R. J. Genetic improvement and population structure of the Nelore breed in Northern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n. 10, p. 1109-1116, 2010.

MÁRQUEZ, G. C.; SPEIDEL, S. E.; ENNS, R. M.; GARRICK, D. J. Genetic diversity and population structure of American Red Angus cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, p. 59 – 68, 2010.

MC PARLAND, S.; KEARNEY, J. F.; RATH, M.; BERRY, D. P. Inbreeding effects on milk production, calving performance, fertility, and conformation in Irish Holstein-Friesians. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 90, p. 4411 – 4419, 2007.

MERCADANTE, M. E. Z.; LÔBO, R. B.; OLIVEIRA, H. N. Estimativas de (Co)Variâncias entre características de reprodução e de crescimento em fêmeas de um rebanho Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v. 29, n. 4, p. 997-1004, 2000.

MILLEN, D. D.; PACHECO, R. D. L.; MEYER, P. M.; RODRIGUES, P. H. M.; ARRIGONI, M. B. Current outlook and future perspectives of beef production in Brazil. **Animal Frontiers**, Champaign, v. 1, n. 2, 2011.

OLIVEIRA, P. S.; SANTANA JÚNIOR, M. L.; 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, v. 46, n. 6, p. 639 – 647, 2011.

ORENGE, J. S. K.; ILATSIA, E. D.; KOSGEY, I. S.; KAH, A. K. Genetic and phenotypic parameters and annual trends for growth and fertility traits of Charolais and Hereford beef cattle breeds in Kenya. **Tropical Animal Health and Production**, Edinburgh, v. 41, p. 767-774, 2009.

PANETO, J. C. C.; FERRAZ, J. B. S.; BALIEIRO, J. C. C.; BITTAR, J. F. F.; FERREIRA, M. B. D.; LEITE, M. B.; MERIGHE, G. K. F.; MEIRELLES, F. V. Bos indicus or Bos taurus mitochondrial DNA - comparison of productive and reproductive breeding values in a Guzerat dairy herd. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 7, n. 3, p. 592 – 602, 2008.

PANETTO, J. C. C.; GUTIÉRREZ, J. P.; FERRAZ, J. B. S.; CUNHA, D. G.; GOLDEN, B. L. assessment of inbreeding depression in a Guzerat dairy herd: effects of individual increase in inbreeding coefficients on production and reproduction. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.93, p. 4902 – 4912, 2010.

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**, Piracicaba, v. 28, n. 4, p. 729-734, 1999.

PEREIRA, J. C. C.; RIBEIRO, S. H. A.; SILVA, M. A.; BERGMANN, J. A. G.; COSTA, M. D. Análise genética de características ponderais e reprodutivas de fêmeas bovinas Tabapuã. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 57, p. 231-236, 2005. Suplemento especial.

QUEIROZ, S. A.; ALBUQUERQUE, L. G.; LANZONI, N. A. Efeito da endogamia sobre características de crescimento de bovinos da raça Gir no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v. 29, n. 4, p. 1014 – 1019, 2000.

RAHNEFELD, G. W.; WEISS, G. M.; WARD, D. A comparison of methods to evaluate beef cow productivity. **Canadian Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 971-975, 1993.

RANGEL, A. H. N.; GUEDES, P. L. C.; ALBUQUERQUE, R. P. F.; NOVAIS, L. P.; LIMA JÚNIOR, D. M. Intervalo entre partos e período de serviço de vacas Guzerá. **Revista Verde**, Mossoró, v. 4, n. 3, p. 21-25, 2009.

RESENDE, J. V. Produção de carne: Tempo de abate de bovinos cai para menos de dois anos; mais lucro e melhor qualidade. 2011. Disponível em: <<http://www.apta.sp.gov.br/noticias.php?id=3951>>. Acesso em: 05 de março de 2013.

RIBEIRO, S. H. A.; PEREIRA, J. C. C.; VERNEQUE, R. S.; SILVA, M. A.; BERGMANN, J. A. G.; MARQUES, F. S. Estudo genético-quantitativo de características de crescimento na raça Tabapuã. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 2, p. 473-480, 2007.

ROKOU EI, M.; TORSHIZI, R. V.; SHAHRBABAK, M. M.; SARGOLZAEI, M.; SØRENSEN, A. C. Monitoring inbreeding trends and inbreeding depression for economically important traits of Holstein cattle in Iran. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 93, n. 7, p. 3294 – 3302, 2010.

ROSA, A. N. **Variabilidade fenotípica e genética do peso adulto e da produtividade acumulada de matrizes em rebanhos de seleção da raça Nelore no Brasil**. 1999. 143 f. Dissertação (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 1999.

SANTANA JR., M. L.; OLIVEIRA, P. S.; PEDROSA, V. B.; ELER, J. P.; GROENEVELD, E.; FERRAZ, J. B. S. Effect of inbreeding on growth and reproductive traits of Nelore cattle in Brazil. **Livestock Science**, Oxford, v. 131, p. 212-217, 2010.

SANT'ANNA, A. C.; PARANHOS DA COSTA, M. J. R.; BALDI, F.; RUEDA, P. M.; ALBUQUERQUE, L. G. Genetic associations between flight speed and growth traits in Nelore cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 90, p. 3427 – 3432, 2012.

SCHWENGBER, E. B.; BEZERRA, L. A. F.; LÔBO, R. B. Produtividade acumulada como critério de seleção em fêmeas da raça Nelore. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 3, p. 483-486, 2001.

SCHENKEL, F. S.; LAGIOIA, D. R.; RIBOLDI, J. Níveis de endogamia e depressão endogâmica no ganho de peso de raças zebuínas no Brasil. In: Anais do IV Simpósio Nacional de Melhoramento Animal. 4., 2002, Viçosa. Anais eletrônicos do IV Simpósio Nacional de Melhoramento Animal. Viçosa: UFV, 2002. Disponível em: <<http://sbmaonline.org.br/anais/iv/trabalhos/>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

SCRAGGS, E.; ZENELLA, R.; WOJTOWICZ, A.; TAYLOR, J. F.; GASKINS, C. T.; REEVES, J. J.; 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**, Malden, v. 131, p. 3-10, 2014.

SEGURA-CORREA, J. C.; CHIN-COLLI, R. C.; MAGAÑA-MONFORTE, J. G.; NÚÑEZ-DOMÍNGUEZ, R. Genetic parameters for birth weight, weaning weight and age at first calving in Brown Swiss cattle in Mexico. **Tropical Animal Health and Production**, Edinburgh, v. 44, p. 337-341, 2012.

SENA, J. S. S.; MATOS, A. S.; MARCONDES, C. R.; BEZERRA, L. A. F.; LÔBO, R. B. Parâmetros genéticos, tendências e resposta à seleção de características produtivas da raça Nelore na Amazônia Legal. **Atas de Saúde Ambiental**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 2-12, 2013.

SOUSA, M. F. A.; MARTINS FILHO, R.; SOUSA JÚNIOR, S. C.; FONSCECA, W. J. L.; SOUSA, G. G. T.; LUZ, C. S. M.; BARROS JUNIOR, C. P.; ARAUJO, A. C.; ARAÚJO, J. I. M. Estimation of phenotypic and genetic parameters and genetic trend of weights in the weaning phase (P205), weight at one year (P365), the yearling (P505) in Nelore cattle in the Northern region and Under-Region Middle-North of Brazil. **Journal of Agricultural Science**, Toronto, v. 5, n. 8, p. 37 – 50, 2013.

SOUZA, M. C. A.; FERRAZ FILHO, P. B.; SILVA, L. O. C.; SOUZA, J. C.; MALHADO, C. H. M. Efeitos genéticos e ambientais sobre pesos à desmama de bovinos da raça Nelore mocha, na região pecuária Oeste São Paulo – Paraná. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 113-118, 2004

SOUZA, J. C.; SILVA, L. O. C.; GONDO, A.; FREITAS, J. A.; MALHADO, C. H. M.; FILHO, P. B. F.; SERENO, J. R. B.; WEABER, R. L. Parâmetros e tendência genética de peso de bovinos criados á pasto no Brasil. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 60, n. 231, p. 457 – 465, 2011.

VERGARA, O. D.; ELZO, M. A.; CERÓN-MUÑOZ, M. F. Genetic parameters and genetic trends for age at first calving and calving interval in an Angus-Blanco Orejinegro-Zebu multibreed cattle population in Colombia. **Livestock Science**, Oxford, v. 126, p. 318 – 322, 2009.

WRIGHT, S. Coefficients of inbreeding and relationship. **The American Naturalist**, Chicago, v. 56, n. 645, p. 330 – 338, 1922.

WRIGHT, S. Evolution in Mendelian populations. **Genetics**, Bethesda, v. 16, n. 2, p. 97–159, 1931.

ZUIN, R. G.; BUZANSKAS, M. E.; CAETANO, S. L.; VENTURINI, G. C.; GUIDOLIN, D. G. F.; GROSSI, D. A.; CHUD, T. C. S.; PAZ, C. C. P.; LÔBO, R. B.; MUNARI, D. P. Genetic analysis on growth and carcass traits in Nelore cattle. **Meat Science**, Loughborough, v. 91, p. 352 – 357, 2012.

CAPÍTULO 2 – ESTRUTURA POPULACIONAL DA RAÇA TABAPUÃ UTILIZANDO ANÁLISE DE PEDIGREE

RESUMO – Durante o desenvolvimento da raça de bovinos de corte Tabapuã houve intensa utilização de apenas um reprodutor para a formação dos rebanhos. Assim, é preciso monitorar o grau de endogamia na população, cujas consequências são a perda em variabilidade genética e queda do desempenho zootécnico. Este trabalho teve como objetivo avaliar a estrutura populacional e a relação linear de classes de coeficiente de endogamia com as médias dos valores fenotípicos de peso ao desmame ajustado para 210 dias de idade (P210), idade ao primeiro parto (IPP), intervalo de partos (IP) e produtividade acumulada (PAC). Foram utilizados registros fenotípicos de 7.340 vacas da raça Tabapuã, pertencentes ao Programa de Melhoramento Genético da Raça Tabapuã (PMGRT) mantido pela Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP). O arquivo de pedigree continha 15.241 animais. A média de integridade de pedigree observada nas 6 últimas gerações foi igual a 47,99%. O número de gerações completa, máxima e equivalente foi igual a 5, 16 e 6,66, respectivamente. O número efetivo de fundadores foi igual a 124 e o número efetivo de ancestrais foi igual a 110, sendo a razão entre ambos igual a 1,13, o que indica ausência de efeito de gargalo genético para esta população. O coeficiente de endogamia médio foi de 0,0072 e observou-se aumento do coeficiente de endogamia médio, parentesco médio e porcentagem de animais endogâmicos ao longo das gerações. Entre os animais endogâmicos verificou-se redução do coeficiente de endogamia médio e observou-se pequeno tamanho efetivo da população para a última geração. A regressão sobre classes de coeficiente de endogamia foi não significativa ($p>0,05$) para P210, IPP, IP e PAC. O aumento do coeficiente de endogamia médio e o pequeno tamanho efetivo da população para a última geração indicou que deve-se evitar o acasalamento entre animais aparentados e o uso intensivo de poucos reprodutores. As análises de regressão linear entre média de valores fenotípicos e classes de coeficiente de endogamia indicaram que as características não sofreram depressão endogâmica.

Palavras-chave: bovinos de corte, endogamia, integridade de pedigree, número efetivo de fundadores, tamanho efetivo da população

1. INTRODUÇÃO

A raça de bovinos de corte Tabapuã possui a rusticidade dos zebuínos e é originariamente mocha, o que evita lesões entre os animais e pessoas em ambientes de manejo (SANTIAGO, 1985). No período entre 2003 e 2013, houve aumento de 81.238 registros definitivos de animais dessa raça (ABCZ, 2013). O Tabapuã foi oficializado como uma raça no país em 1981 e foi formada por meio do cruzamento entre fêmeas da raça Nelore com reprodutor mestiço de mocho nacional, Gir e Guzerá. Animais nascidos antes desta data eram considerados como novo tipo de gado indiano. Embora a raça tenha sido a primeira dos neozebuínos formada por planejamento zootécnico (ABCT, 2014), todo o rebanho atual descendeu de apenas um macho caracterizando a uniformidade observada nos rebanhos. Portanto, o fato de apenas um reprodutor ter sido a base da formação da raça pode resultar em diminuição da variabilidade genética da população.

Outro fator que pode diminuir a variabilidade genética e, conseqüentemente, aumentar o grau de endogamia da população é o uso de biotecnologias de reprodução, como inseminação artificial natural e em tempo fixo, transferência de embrião e fertilização *in vitro*, que são utilizadas no sistema de produção brasileiro. Algumas destas biotecnologias permitem o aumento no número de animais produzidos no rebanho, com isso possibilitam a redução no intervalo de gerações e o aumento da intensidade de seleção, ampliando assim o ganho genético do rebanho. No entanto, o aumento na intensidade de seleção restringe o número de animais a serem utilizados como reprodutores, fator que deve ser rigorosamente controlado devido ao possível aumento na endogamia e conseqüente redução na variabilidade genética (PEREIRA, 2012).

A elevada taxa de endogamia em uma população pode reduzir a viabilidade e fertilidade dos animais (HARTL; CLARK, 2007), além de reduzir a média de desempenho fenotípico de algumas características economicamente importantes, conhecida como depressão endogâmica. A depressão endogâmica (FALCONER; MACKAY, 1996) pode ser observada em características produtivas e reprodutivas. Schenkel; LaGioia e Riboldi (2002) relataram redução no ganho de peso médio diário em zebuínos no Brasil e Bjelland et al. (2013) descreveram aumento na

dificuldade de parto para vacas Holandesas, devido aos efeitos da endogamia. Assim, o aumento da endogamia e consequente efeito negativo em desempenhos fenotípicos devem ser acompanhados em programas de seleção.

O objetivo deste estudo foi avaliar a estrutura populacional de uma população de bovinos da raça Tabapuã, utilizando informações de pedigree a fim de verificar as consequências da utilização de poucos reprodutores ao longo das gerações na variabilidade genética da população, além da endogamia e seus efeitos no desempenho fenotípico dos animais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição do conjunto de dados

Neste estudo, foram utilizados os registros fenotípicos de 7.340 vacas, nascidas entre 1970 a 2011 e o pedigree de 15.241 animais da raça Tabapuã, nascidos entre 1958 a 2011, pertencentes a propriedades do estado de São Paulo, Bahia, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás, Tocantins e Paraná. O conjunto de dados foi obtidos junto ao Programa de Melhoramento Genético da Raça Tabapuã (PMGRT) mantido pela Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP). Do total de 15.241 registros, 3.996 dados não possuíram informação genealógica de pai e mãe, 611 animais não possuíram informação sobre o pai e 143 não possuíram informação sobre a mãe.

Os parâmetros populacionais estimados a partir da informação de pedigree foram integridade de pedigree, número de gerações, número efetivo de fundadores, número efetivo de ancestrais, coeficiente de endogamia, aumento de endogamia por geração, aumento do coeficiente de parentesco médio e tamanho efetivo da população. Os registros fenotípicos foram utilizados para obter a regressão linear da média do valor fenotípico em função de classes de coeficiente de endogamia para peso ao desmame ajustado para 210 dias de idade (P210), idade ao primeiro parto (IPP), intervalo de partos (IP) e produtividade acumulada (PAC). Os intervalos de gerações não foram obtidos, pois as informações disponíveis sobre as datas de nascimento dos animais não foram suficientes para calculá-los.

Os parâmetros populacionais foram estimados utilizando o programa ENDOG 4.8 (GUTIÉRREZ; GOYACHE, 2005). Este programa exige a numeração sequencial do pedigree, a qual foi realizada por meio do programa CFC (SARGOLZAEI; IWASAKI; COLLEAU, 2006).

2.2. Integridade de pedigree

A integridade de pedigree permite identificar o quanto do pedigree, em cada geração, está completo. O número de gerações foi calculado de três maneiras: 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 (MIGNEL; BOICHARD; VERRIER, 1996).

2.3. Número efetivo de fundadores

Reprodutores que possuem pai e mãe desconhecido são considerados fundadores. O número efetivo de fundadores (f_e) é determinado pelo número esperado de reprodutores com pai e mãe desconhecidos (fundadores) que contribuindo igualmente com material genético para formar a população, representam toda variabilidade genética da população estudada (LACY, 1989). Este parâmetro é calculado por: $f_e = 1 / \sum_{k=1}^f q_k^2$, em que q_k é a probabilidade de origem do gene do k ésimo ancestral.

2.4. Número efetivo de ancestrais

O número efetivo de ancestrais (f_a) é determinado pelo número mínimo de ancestrais, fundadores ou não, que explicam a diversidade genética da população estudada (BOICHARD; MIGNEL, VERRIER, 1997). Este parâmetro é calculado por: $f_a = 1 / \sum_{j=1}^a q_j^2$, em que q_j é a contribuição marginal do ancestral j ésimo sendo

a contribuição marginal a contribuição genética adicional feita por um ancestral que não foi explicada por outro ancestral escolhido para o cálculo anteriormente.

2.5. Razão entre o número efetivo de fundadores e o número efetivo de ancestrais

A razão entre o número efetivo de fundadores e o número efetivo de ancestrais $\left(f_e/f_a\right)$ permite identificar se a utilização de reprodutores promove possível efeito de gargalo genético. O valor igual ou próximo a 1, indica que o efeito de gargalo genético não caracteriza a população estudada, enquanto que valores muito baixos de número efetivo de ancestrais comparado ao número efetivo de fundadores, indica efeito de gargalo genético para a população.

2.6. Parâmetros populacionais relacionados com coeficiente de endogamia

2.6.1. Coeficiente de parentesco médio

O coeficiente de parentesco médio (WRIGHT, 1922) é definido como a probabilidade de que um alelo escolhido ao acaso entre toda a população seja de determinado animal. Numericamente, o parentesco médio corresponde a duas vezes a probabilidade de dois alelos aleatórios (um do animal e outro de toda população) serem idênticos por descendência, e pode ser interpretado como a representação de um dado animal em todo o pedigree independentemente do conhecimento de seu próprio pedigree (DUNNER et al., 1998). Este parâmetro é calculado como a média dos coeficientes da linha correspondente ao indivíduo no numerador da matriz de parentesco **A**, utilizando método modificado demonstrado por Gutiérrez; Cañon e Rico (1990). A matriz de parentesco deste estudo incluiu 15.241 animais, sendo 3.330 machos e 11.911 fêmeas.

2.6.2. Coeficiente de endogamia

O coeficiente de endogamia é a probabilidade de um indivíduo possuir dois alelos idênticos por descendência e foi calculado segundo Wright (1922) por meio do

algoritmo desenvolvido por Meuwissen e Luo (1992). O aumento de endogamia por geração foi calculado por: $\Delta F = \frac{(F_t - F_{t-1})}{(1 - F_{t-1})}$, em que F_t e F_{t-1} é a endogamia média na $t_{ésima}$ e $t_{ésima-1}$ geração (WRIGHT, 1931).

2.6.3. Tamanho efetivo da população

O tamanho efetivo da população, o qual representa o número de animais, que contribuindo igualmente para a próxima geração, promoveria o mesmo aumento de endogamia observado na população estudada (WRIGHT, 1931), foi calculado por:

$$N_e = 1/2\Delta F$$

2.6.4. Efeitos da endogamia no desempenho fenotípico

Para cada conjunto de dados das características de P210, IPP, PAC e IP foram observadas as médias e valores mínimos e máximos dos coeficientes de endogamia calculados. A relação linear de classes de coeficiente de endogamia com a média dos valores fenotípicos para as mesmas características foi verificada por meio da análise de regressão linear utilizando o programa SAS (SAS 9.1, SAS Institute, Cary, NC, USA) em que a variável independente foram as classes de coeficiente de endogamia e a variável dependente foi a média fenotípica para cada classe. A hipótese de que o coeficiente de regressão fosse igual a zero foi testada utilizando a estatística t.

O IP foi calculado como primeiro intervalo de partos (IP1), segundo intervalo de partos (IP2) e intervalo de partos médio (IPM) para cada vaca, em que a distribuição da frequência de vacas de acordo com o número de partos está descrita no Apêndice 1. A PAC é um índice que fornece o peso em quilogramas de bezerro desmamado por fêmea por ano, relacionado diretamente com a idade ao primeiro parto, intervalo de partos (SCHWENGBER; BEZERRA, LÔBO, 2001) e peso ao desmame. Seu cálculo é dado pela fórmula: $PAC = (P_d \times n_p \times C_{365}) / (IVP_n - C_{550})$ (LÔBO et al., 2000), em que P_d é peso médio dos bezerros ao desmame padronizado para 210 dias de idade; n_p é número total de bezerros produzidos; C_{365} é constante igual a 365 dias que permite expressar a fertilidade em base anual; IVP_n é idade da vaca ao último parto; C_{550} é constante igual a 550 dias considerando que

a meta do PMGRT para idade ao primeiro parto é de 30 meses. A análise descritiva para as características encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1. Número de animais (N), média de valores fenotípicos, desvio-padrão (DP) para características estudadas em bovinos da raça Tabapuã.

Característica	N	Média	DP
P210 (kg)	3192	178,99	27,09
IPP (meses)	5197	37,76	5,75
IPM (dias)	2582	505,35	96,29
IP1 (dias)	2582	524,64	120,38
IP2 (dias)	1715	483,44	113,79
PAC (kg de bezerro/vaca/ano)	1077	144,21	29,06

P210 = peso ao desmame ajustado para 210 dias de idade; IPP = idade ao primeiro parto; IPM = intervalo de partos médio; IP1 = primeiro intervalo de partos; IP2 = segundo intervalo de partos; PAC = produtividade acumulada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. *Integridade de pedigree*

A Figura 1 contém a quantidade de informação de pedigree, por geração, sendo a primeira geração representada pelos animais mais velhos e a última pelos animais mais jovens. Observou-se variação de $6 \times 10^{-7}\%$ a 84% de informação entre a primeira e última geração, e média de 47,99% de quantidade de informação para as seis últimas gerações, representadas por animais que nasceram entre 1971 a 2011. Gerações anteriores às seis últimas gerações apresentaram informação de pedigree inferior à média das seis últimas gerações, evidenciando a escassez de informação no pedigree dos animais mais antigos. Os registros genealógicos de animais como tipo Tabapuã iniciaram-se em 1971, possível motivo pela ausência de informações de animais nascidos anteriormente a esta data (SANTIAGO, 1985). Caires et al. (2012), estudaram animais da mesma raça e também encontraram número reduzido de registros de pedigree nas gerações mais antigas.

As gerações estudadas foram calculadas para cada indivíduo, e o indivíduo de maior geração completa encontra-se na quinta geração. A geração máxima teve animais presentes até a décima-sexta geração, e a geração equivalente apresentou animal com cálculo máximo de 6,66 gerações. A geração completa contabiliza apenas animais com pai e mãe conhecidos, e a geração máxima inclui todos os animais de que se tem alguma informação, assim a comparação entre estes

resultados permite identificar a integridade das informações no pedigree. Para a população estudada, observou-se grande diferença do maior número de gerações completas e máximas, assim observa-se ausência de informações ao longo das gerações, fato confirmado pelo baixo valor máximo de gerações equivalentes. Santana Jr et al. (2010) e Danchin-Burge et al. (2012) estudaram populações de bovinos da raça Nelore e bovinos de leite, respectivamente e sugeriram que a falta de informação no pedigree pode causar subestimação do coeficiente de endogamia calculado para os animais mais antigos, assim como a média do coeficiente de endogamia para toda população.

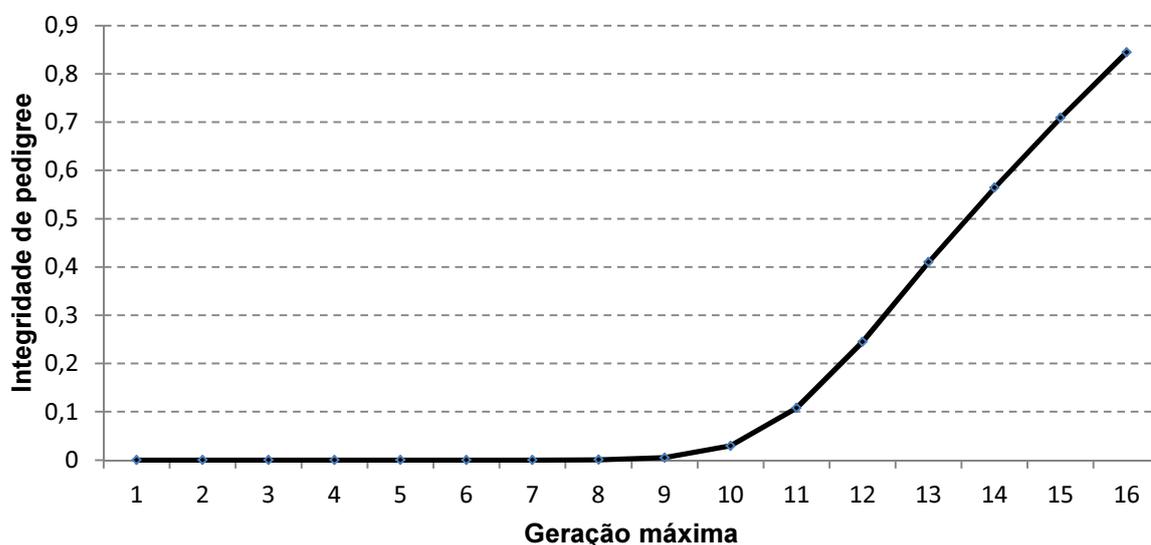


Figura 1. Integridade de pedigree ao longo de 16 gerações obtidas pelo cálculo de geração máxima para a população estudada de bovinos Tabapuã.

3.2. Número efetivo de fundadores

A população estudada apresentou no total 2.752 reprodutores com pai e mãe desconhecidos (fundadores), sendo 221 machos e 2.531 fêmeas. A contribuição dos fundadores para a variabilidade da população variou de 0,003% a 5,238%. Observou-se que a maior contribuição como fundador para a variabilidade da população foi de um macho. Dentre as fêmeas, 0,99% foi a maior contribuição observada. A diferença entre as contribuições pode ser devido a intensiva utilização de poucos machos para a reprodução e devido a amplitude observada na data de

nascimento dos fundadores, que variou de 1958 a 2010, uma vez que, os animais nascidos até 1981 contribuíram com 42,17%. Peixoto et al. (2010), identificaram que a maior contribuição para a variabilidade da população de bovinos da raça Guzerá também foi de um macho (4,15% de contribuição).

O número efetivo de fundadores foi igual a 124 e a endogamia esperada para a população considerando apenas a contribuição desbalanceada dos fundadores, sem a atuação de processos de seleção, foi igual a 0,29%. O número reduzido de fundadores machos quando comparado ao de fêmeas evidenciou intensa utilização de poucos reprodutores, fato confirmado ao observar que o número efetivo de fundadores (124) foi muito menor quando comparado com o número total de reprodutores com pai e mãe desconhecidos (fundadores) (2.752), sendo poucos animais responsáveis por toda a variabilidade da população.

O número efetivo de fundadores obtido no presente estudo está entre os valores observados por Vercesi Filho et al. (2002a) em estudo com animais da raça Tabapuã, em quatro diferentes períodos de duração de 4 anos cada (1979-1998), que variou de 112 a 218 fundadores efetivos. Caires et al. (2012) obtiveram valor de 164 fundadores efetivos para bovinos da mesma raça. Estes autores observaram endogamia esperada igual a 0,17% pela utilização desbalanceada de fundadores. Este valor foi inferior ao obtido no presente estudo (0,29%). Número efetivo de fundadores observados para as raças Indubrasil, Gir e Nelore foram superiores ao deste trabalho, variando de 479 a 607, de 260, e de 181 a 458 animais para as três raças, respectivamente (VERCESI FILHO et al., 2002b; MALHADO et al., 2010; BRITO et al., 2013). As diferenças entre estes valores encontrados na literatura e o do presente trabalho podem ser ocasionadas pela recente formação da raça Tabapuã.

3.3. Número efetivo de ancestrais e razão entre o número efetivo de fundadores e o número efetivo de ancestrais

Os 10, 20 e 55 ancestrais que mais contribuíram foram responsáveis por 21%, 31% e 50% de toda a variabilidade observada na população. O número efetivo de ancestrais foi igual a 110. A razão entre o número efetivo de fundadores e o de

ancestrais $\left(f_e / f_a \right)$, igual a 1,13, que indicou que a variabilidade desta população não foi influenciada pelo efeito de gargalo genético, o qual também não foi identificado por Vercesi Filho (2002a) para uma população de bovinos da mesma raça. Peixoto et al. (2010), relataram razão de 3,15 para uma população de bovinos da raça Guzerá que apresentou maior número de fundadores quando comparado ao presente estudo, podendo concluir possível presença de gargalo genético caracterizando esta população.

3.4. Parâmetros populacionais relacionados com coeficiente de endogamia

O coeficiente de endogamia médio para a população estudada foi de 0,0072 e sua variação de acordo com a data de nascimento dos animais está representada na Figura 2. O aumento da endogamia por geração completa foi de 0,37%, por geração máxima foi de 0,14% e por geração equivalente de 0,26%. O coeficiente de endogamia médio observado não é alto e foi inferior ao de populações das raças Nelore, Gir e Guzerá estudadas por Faria et al. (2009). A falta de informação no pedigree pode ter influenciado no valor obtido, como já observado por Boichard, Maignel e Verrier (1997), que afirmaram que mesmo com uma proporção muito pequena de pedigree desconhecido (10%), o coeficiente de endogamia pode ser subestimado. Além disso, alguns métodos de seleção que favorecem indivíduos aparentados para serem reprodutores da próxima geração e técnicas, como inseminação artificial, que podem favorecer intensiva utilização de poucos reprodutores são utilizadas a mais tempo para raças como Nelore, Gir e Guzerá comparada a raça Tabapuã, favorecendo o aumento do coeficiente de endogamia para estas raças de formação mais antiga.

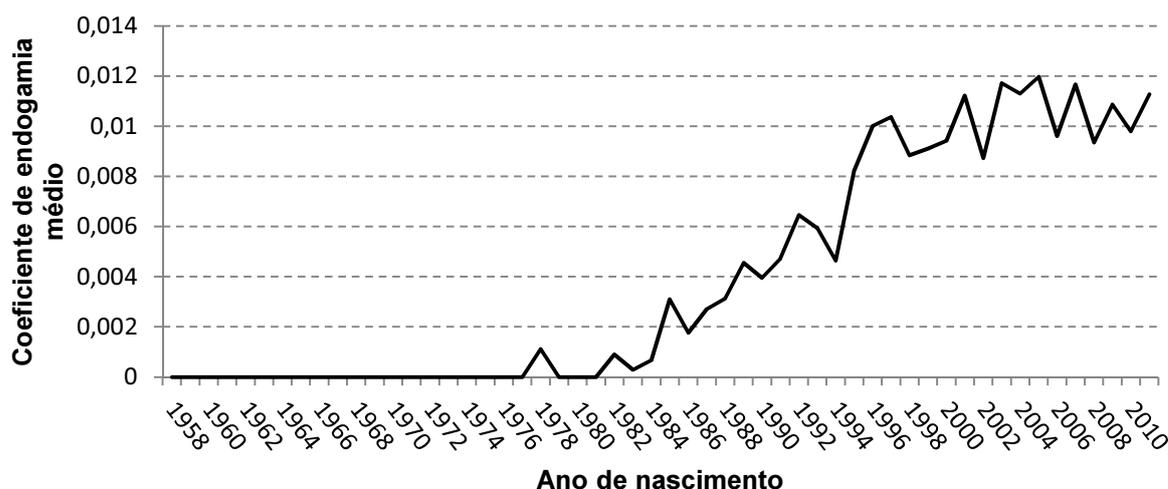


Figura 2. Média de coeficiente de endogamia por ano de nascimento de bovinos da raça Tabapuã.

Os animais com ano de nascimento mais antigo não possuíam informação de pedigree suficiente para calcular o coeficiente de endogamia, sendo que somente animais que nasceram a partir de 1971 possuíam alguma informação, observado na integridade de pedigree. O coeficiente de endogamia aumentou a partir de 1981, ano em que houve o reconhecimento oficial da raça Tabapuã, possivelmente promovendo maior disseminação da criação da raça pelos produtores que valorizavam reprodutores vencedores em exposições.

O coeficiente médio de endogamia, a porcentagem de animais endogâmicos, o coeficiente de endogamia para os animais endogâmicos, o tamanho efetivo da população e o parentesco médio por geração estão demonstrados na Tabela 2. Torna-se evidente o aumento do coeficiente de endogamia e parentesco médio ao longo das gerações, assim como o aumento de animais endogâmicos na população, que podem ser consequência da disseminação da raça entre os produtores, somada a inclusão, ao longo das gerações, de utilização de poucos reprodutores em centrais de inseminação artificial. O aumento da endogamia ao longo das gerações já foi relatado para diferentes raças (AL-ATYAT, 2009; FARIA et al. 2009; REIS FILHO et al., 2010; PEIXOTO et al., 2010) em outros estudos e para a raça Tabapuã (VERCESI FILHO et al., 2002^a; CAIRES et al. 2012) com valores semelhantes de coeficientes de endogamia aos obtidos no presente estudo.

Tabela 2. Número de animais por geração (N), coeficiente médio de endogamia (F), porcentagem de animais endogâmicos, coeficiente de endogamia médio nos animais endogâmicos e parentesco médio (AR) por geração completa, para a população de bovinos Tabapuã.

Geração completa	N	F	Animais endogâmicos (%)	F médio dos endogâmicos	AR
0	2752	0,0000	0,0000	0,0000	0,0010
1	3184	0,0012	0,0267	0,0456	0,0064
2	3694	0,0106	0,3563	0,0297	0,0107
3	3904	0,0121	0,6806	0,0177	0,0138
4	1638	0,0110	0,8431	0,0130	0,0149
5	69	0,0183	1,0000	0,0183	0,0157

Embora tenha aumentado a quantidade de animais endogâmicos, houve redução na endogamia destes animais ao longo das gerações, indicando controle dos produtores ao acasalar animais aparentados. O tamanho efetivo da população calculado para geração completa foi igual a 410,6 para a geração 1, oscilou ao longo das gerações e foi igual 79,3 para a geração 5. A FAO (1998) considera nível crítico para a população um tamanho efetivo da população inferior a 50 animais por geração. O valor observado para a última geração (5) foi superior a este valor crítico, no entanto, encontra-se próximo, e pode atingi-lo futuramente, uma vez que há oscilação deste parâmetro ao longo das gerações. O valor mínimo calculado encontra-se entre os obtidos por Vercesi Filho et al. (2002a) de 55 a 378 e o máximo está próximo ao máximo observado por Caires et al. (2012) de 483 animais para a mesma raça. Dessa maneira, os produtores e programas de melhoramento devem condenar a intensa utilização de poucos reprodutores e incentivar a introdução de reprodutores não muito utilizados na população para evitar a redução da variabilidade genética nos bovinos Tabapuã.

Os coeficientes de endogamia utilizados, o número de animais e a média de desempenho fenotípico para cada grau de endogamia para as características estão no Apêndice 2. A média do coeficiente de endogamia para P210 foi igual a $0,01 \pm 0,02$, com variação entre 0 e 0,26. A distribuição de classes de coeficientes de endogamia e valores fenotípicos para P210 em quilogramas está na Figura 3A. A análise da estatística t foi não significativa ($p=0,44$) para o coeficiente de regressão, e indicou ausência de influência do efeito de endogamia no desempenho de P210. A baixa estimativa média do coeficiente de endogamia, assim como a pequena

representação de animais altamente endogâmicos, podem ter ocasionado a ausência de influência da endogamia sobre P210.

Estudos com as raças Tabapuã (PENNA, 1990), Gir (QUEIROZ; ALBUQUERQUE; LANZONI, 2000), Alentejana (CAROLINO; GAMA, 2008), Marchigiana e Bonsmara (SANTANA JR et al., 2012) identificaram efeito de endogamia significativo linear ou quadrático para peso ao desmame ($p < 0,05$). No entanto, os autores obtiveram médias de coeficiente de endogamia superiores ao observado neste estudo. Santana Jr (2010), estudando a raça Nelore, também identificaram efeito da variação de endogamia sobre o peso ao desmame, e, embora o coeficiente de endogamia médio observado tenha sido próximo ao obtido no presente estudo, o máximo alcançado foi superior, contendo 61 animais com coeficiente de endogamia superior a 0,25.

A média do coeficiente de endogamia foi igual a $0,01 \pm 0,02$ com variação de 0 a 0,26 para IPP, e igual a $0,01 \pm 0,02$ com variação de 0 a 0,16 para IPM, IP1 e IP2. A análise da estatística t foi não significativa para o coeficiente de regressão para IPP ($p = 0,45$), IPM ($p = 0,90$), IP1 ($p = 0,58$) e IP2 ($p = 0,52$), e indicou ausência de influência do efeito de endogamia no desempenho fenotípico para estas características. A ausência desta influência pode ser justificada pelo fato da endogamia ainda não estar fortemente estabelecida dentre os animais da raça, verificado pelo baixo coeficiente de endogamia médio. As distribuições dos valores fenotípicos de IPP, IPM, IP1 e IP2 conforme classes de coeficientes de endogamia estão demonstradas na Figura 3B, Figura 3C, Figura 3D e Figura 3E, respectivamente.

Estudos realizados por Panetto et al. (2010) relataram influência do efeito de endogamia sobre IPP e IP para bovinos da raça Guzerá, assim como Rokouei et al. (2010) verificaram significância no efeito da endogamia sobre a IPP e IP na terceira parição em vacas da raça Holandesa. A seleção praticada na raça Holandesa ocorre há mais tempo quando comparada à raça Tabapuã e ao longo dos anos propiciou o aumento do coeficiente de endogamia, o que levou alterações no desempenho de algumas características. Mc Parland et al. (2007) identificaram efeito de endogamia sobre IPP e IP para a raça Holandesa, no entanto, a depressão endogâmica das demais características estudadas apresentou-se mais expressiva. Os autores

verificaram que mesmo sob altos índices de endogamia, as alterações no desempenho fenotípico podem ser pequenas.

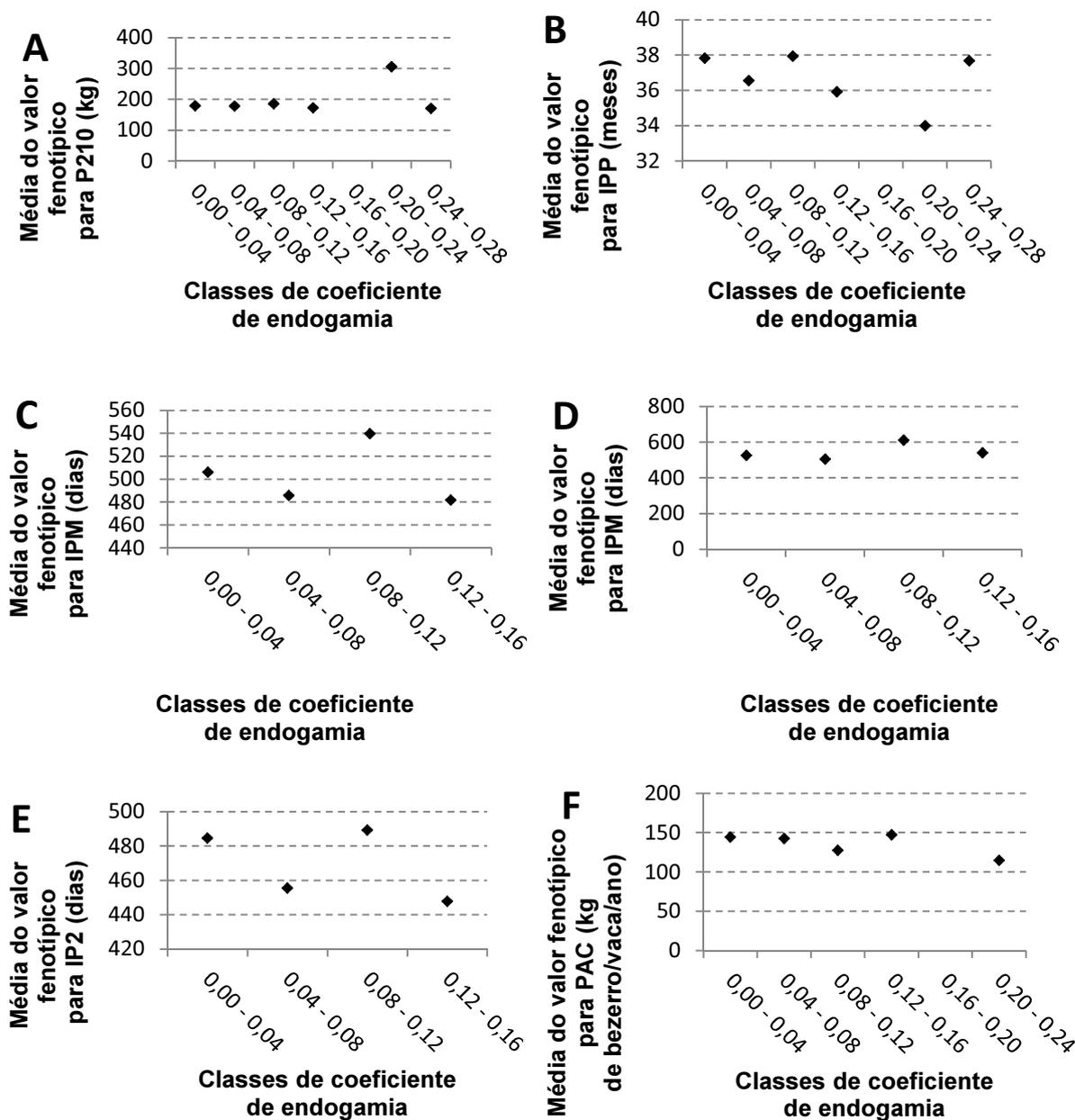


Figura 3. Variação das médias dos valores fenotípicos em função de classes de endogamia para 210 dias de idade (P210; A), para idade ao primeiro parto (IPP; B), para intervalo de partos médio (IPM; C), para primeiro intervalo de partos (IP1; D), para segundo intervalo de parto (IP2; E) e para produtividade acumulada (PAC; F) em vacas da raça Tabapuã.

A média do coeficiente de endogamia para PAC foi igual a $0,01 \pm 0,02$ com variação entre 0 e 0,23. A análise da estatística t foi não significativa ($p=0,18$) para o coeficiente de regressão e indicou ausência de influência da endogamia sobre o desempenho da PAC. A distribuição das médias fenotípicas sobre classes de coeficiente de endogamia está na Figura 3F.

O coeficiente de endogamia médio observado para PAC foi baixo e, embora não tenha sido testada a influência do coeficiente de endogamia da mãe sobre o P210 do animal, o efeito da endogamia sobre o número de bezerros produzidos ou idade da vaca ao último parto, que são características que compõe tal índice, a estatística t para o coeficiente de regressão sugere ausência de influência da endogamia para estas características quando combinadas para a formação da PAC. No entanto, análises para as características separadamente podem apresentar efeito da endogamia como relatado por Carolino e Gama (2008), que verificaram grande influência para total de bezerros produzidos ao longo da vida do animal, sendo a depressão endogâmica para esta característica mais expressiva do que para IPP.

O aumento do coeficiente de endogamia ao longo das gerações resultou do aumento no número de animais endogâmicos, e não pelo aumento na média de coeficiente de endogamia entre os animais endogâmicos (Tabela 2). Este fator colaborou para a ausência de depressão endogâmica para as características estudadas, uma vez que os índices médios de coeficiente de endogamia foram baixos, havendo muitos animais com pequeno coeficiente de endogamia e poucos animais com coeficiente mais elevado.

4. CONCLUSÃO

Recomenda-se aos produtores e programas de melhoramento da raça Tabapuã, continuar o controle do acasalamento entre animais aparentados, evitar o uso intensivo de poucos reprodutores e incentivar a introdução e avaliação de novos reprodutores, para aumentar a variabilidade genética na população e, conseqüentemente, o tamanho efetivo, e reduzir a endogamia e suas possíveis conseqüências para esta população.

5. REFERÊNCIAS

ABCZ: Associação Brasileira dos Criadores de Zebu – ABCZ Estatística total Brasil RGN + RGD - período 1939 a 2013. Disponível em: <<http://www.abcz.org.br/AreaTecnica/RegistroGenealogico/Estatisticas>>. Acesso em: 19 de abril de 2014.

ABCT: Associação Brasileira dos Criadores de Tabapuã – ABCT História da raça Tabapuã. Disponível em: <http://www.tabapua.org.br/index.php?pagina=nav/abct_historia>. Acesso em: 19 de abril de 2014.

AL-ATYAT, R. M. Extinction probabilities of Jordan indigenous cattle using population viability analysis. **Livestock Science**, Oxford, v. 123, p. 121 – 128, 2009.

BJELLAND, D. W.; WEIGEL, K. A.; VUKASINOVIC, N.; NKRUMAH, J. D. Evaluation of inbreeding depression in Holstein cattle using whole-genome SNP markers and alternative measures of genomic inbreeding. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 96, n. 7, p. 4697 – 4706, 2013.

BOICHARD; D.; Maignel, L.; VERRIER, É. The value of using probabilities of gene origin to measure genetic variability in a population. **Genetics Selection Evolution**, Londres, v. 29, nº 1, p. 5 – 23, 1997.

BRITO, F. V.; SARGOLZAEI, M.; BRACCINI NETO, J.; COBUCI, J. A.; PIMENTEL, C. M.; BARCELLOS, J.; SCHENKEL, F. S. In-depth pedigree analysis in a large Brazilian Nelore herd. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 12, n. 4, p. 5758 – 5765, 2013.

CAIRES, D. N.; MALHADO, C. H. M.; SOUZA, L. A.; TEIXEIRA NETO, M. R.; CARNEIRO, P. L. S.; MARTINS FILHO; R. Tabapuã breed in Northeastern Brazil: genetic progress and population structure. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v. 41, n. 8, p. 1858 – 1865, 2012.

CAROLINO, N.; GAMA, L. T. Inbreeding depression on beef cattle traits: Estimates, linearity of effects and heterogeneity among sire-families. **Genetics Selection Evolution**, Londres, v. 40, p. 511 – 527, 2008.

DANCHIN-BURGUE, C.; LEROY, G.; BROCHARD, M.; MOUREAUX, S.; VERRIER, E. Evolution of the genetic variability of eight French dairy cattle breeds assessed by pedigree analysis. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, Malden, v. 129, p. 206 – 217, 2012.

DUNNER, S.; CHECA, M. L.; GUTIÉRREZ, J. P.; MARTÍN, J. P.; CAÑÓN, J.; Genetic analysis and management in small populations: the Asturcon pony as an example. **Genetics Selection Evolution**, Londres, v. 30, p. 397–405, 1998.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4. ed. Harlow: Longman House, 1996. p. 245 – 253.

FAO: Food and Agriculture Organization - Secondary guidelines for development of national farm animal genetic resources management plans: management of small populations at risk. 1998. FAO. Rome, Italy, Disponível em: <http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/pt/lead/toolbox/Indust/sml-popn.pdf>. Acesso em: 24 de junho de 2014.

FARIA, F. J. C.; FILHO, A. E. V.; MADALENA, F. E.; JOSAHKIAN, L. A. Pedigree analysis in the Brazilian Zebu breeds. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, Malden, v.126, P. 148 – 153, 2009.

GUTIÉRREZ, J. P.; CAÑON, J.; RICO, M. Aplicacion de un metodo modificado de calculo del coeficiente de consanguinidad en una muestra del ganado vacuno Frison Español. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 39, p. 3 – 8, 1990.

GUTIÉRREZ, J. P.; GOYACHE, F. A note on ENDOG: a computer program for analysing pedigree information. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, Malden, v. 122, p. 172- 176, 2005.

HARTL, D. L.; CLARK, A. G. **Principles of population genetics**. 4. ed. Massachusetts: Sinauer Associates, 2007. p. 265 - 268.

LACY, R.C. Analysis of founder representation in pedigrees: founder equivalent and founder genome equivalents. **Zoo Biology**, Malden, v. 8, nº 2, p. 111-123, 1989.

LÔBO, R. B.; BEZERRA, L. A. F.; OLIVEIRA, H. N.; GARNERO, A. V.; SCHWENGBER, E. B.; MARCONDES, C. R. **Avaliação genética de animais jovens, touros e matrizes**. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo/GEMAC, 2000.

MAIGNEL, L.; BOICHARD, D.; VERRIER, E. Genetic variability of French dairy breeds estimated from pedigree information. **Interbull Bulletin**, Uppsala, nº 14, p. 49-54, 1996.

MALHADO, C. H. M.; CARNEIRO, P. L. S.; MALHADO, A. C. M.; MARTINS, J. A. M.; MARTINS FILHO, R.; BOZZIVM R. History of registered Gyr breed in Brazilian Northeast: population structure and genetic improvement of growth traits. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 6, p. 1385 – 1391, 2010.

MC PARLAND, S.; KEARNEY, J. F.; RATH, M.; BERRY, D. P. Inbreeding effects on milk production, calving performance, fertility, and conformation in Irish Holstein-Friesians. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 90, p. 4411 – 4419, 2007.

MEUWISSEN, T. I.; LUO, Z. Computing inbreeding coefficients in large populations. **Genetics Selection Evolution**, Londres, v. 24, p. 305 – 313, 1992.

PANETTO, J. C. C.; GUTIÉRREZ, J. P.; FERRAZ, J. B. S.; CUNHA, D. G.; GOLDEN, B. L. assessment of inbreeding depression in a Guzerat dairy herd: effects of individual increase in inbreeding coefficients on production and reproduction. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.93, p. 4902 – 4912, 2010.

PEIXOTO, M. G. C. D.; POGGIAN, C. F.; VERNEQUE, R. S.; EGITO, A. A.; CARVALHO, M. R. S.; PENNA, V. M.; BERGMANN, J. A. G.; VICCINI, L. F.; MACHADO, M. A. Genetic basis and inbreeding in the Brazilian Guzerat (*Bos indicus*) subpopulation selected for milk production. **Livestock Science**, Oxford, v. 131, p. 168 – 174, 2010.

PENNA, V.M. **Efeito da endogamia em características de peso e reprodução da raça Tabapuã**. 1990. 102f. Tese (Doutorado em Genética) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 1990.

PEREIRA, J. C. C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2012. p.140 - 157.

QUEIROZ, S. A.; ALBUQUERQUE, L. G.; LANZONI, N. A. Efeito da endogamia sobre características de crescimento de bovinos da raça Gir no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v. 29, n. 4, p. 1014 – 1019, 2000.

REIS FILHO, J. C.; LOPES, P. S.; TORRES, R. A.; TEODORO, R. L.; CARNEIRO, P. L. S. Population structure of Brazilian Gyr dairy cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v. 39, n. 12, p. 2640 – 2645, 2010.

ROKOU EI, M.; TORSHIZI, R. V.; SHAHRBABA K, M. M.; SARGOLZAEI, M.; SØRENSEN, A. C. Monitoring inbreeding trends and inbreeding depression for economically important traits of Holstein cattle in Iran. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 93, n. 7, p. 3294 – 3302, 2010.

SANTANA JR, M. L.; OLIVEIRA, P. S.; PEDROSA, V. B.; ELER, J. P.; GROENEVELD, E.; FERRAZ, J. B. S. Effect of inbreeding on growth and reproductive traits of Nelore cattle in Brazil. **Livestock Science**, Oxford, v. 131, p. 212 – 217, 2010.

SANTANA JR, M. L.; OLIVEIRA, P. S.; ELER, J. P.; GUTIÉRREZ, J. P.; FERRAZ, J. B. S. Pedigree analysis and inbreeding depression on growth traits in Brazilian Marchigiana and Bonsmara breeds. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 90, p. 99 – 108, 2012.

SANTIAGO, A. A. **O zebu na Índia, no Brasil e no mundo**. Campinas: Instituto campineiro de ensino agrícola, 1985. 744p.

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 do 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production**. Belo Horizonte, 2006. Disponível em: <<http://www.cabi.org/cabdirect/FullTextPDF/2006/20063170110.pdf>>. Acesso em: 19 abril de 2014.

SCHENKEL, F. S.; LAGIOIA, D. R.; RIBOLDI, J. Níveis de endogamia e depressão endogâmica no ganho de peso de raças zebuínas no Brasil. In: Anais do IV Simpósio Nacional de Melhoramento Animal. 4., 2002, Viçosa. **Anais eletrônicos do IV Simpósio Nacional de Melhoramento Animal**. Viçosa: UFV, 2002. Disponível em: <<http://sbmaonline.org.br/anais/iv/trabalhos/>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

SCHWENGBER, E. B.; BEZERRA, L. A. F.; LÔBO, R. B. Produtividade acumulada como critério de seleção em fêmeas da raça Nelore. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 3, p. 483-486, 2001.

VERCESI FILHO, A. E.; FARIA, F. J. C.; MADALENA, F. E.; JOSAHKIAN, L. A. Estrutura populacional do rebanho Tabapuã registrado no Brasil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 54, n. 6, p. 609 – 617, 2002a.

VERCESI FILHO, A. E.; FARIA, F. J. C.; MADALENA, F. E.; JOSAHKIAN, L. A. Estrutura populacional do rebanho Indubrasil registrado no Brasil. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, Maracaibo, v. 10, n. 2, p. 86 – 92, 2002b.

WRIGHT, S. Coefficients of inbreeding and relationship. **The American Naturalist**, Chicago, v. 56, n. 645, p. 330 – 338, 1922.

WRIGHT, S. Evolution in Mendelian populations. **Genetics**, Bethesda, v. 16, n. 2, p. 97–159, 1931.

CAPÍTULO 3 – ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS E TENDÊNCIAS GENÉTICAS PARA CARACTERÍSTICAS DE IMPORTÂNCIA ECONÔMICA EM BOVINOS TABAPUÃ

RESUMO – Os animais da raça Tabapuã possuem características desejáveis para condições tropicais como rusticidade e adaptabilidade. No entanto, é uma raça de formação recente e existem poucos estudos a respeito de parâmetros genéticos e tendências genéticas para características reprodutivas. O objetivo deste estudo foi estimar parâmetros genéticos, tendências genéticas e eficiência relativa de seleção para peso ao desmame ajustado para 210 dias de idade (P210), idade ao primeiro parto (IPP), intervalo de partos médio (IPM), primeiro intervalo de partos (IP1) e produtividade acumulada (PAC) em bovinos de corte da raça Tabapuã. Dados de pedigree de 15.241 animais da raça Tabapuã, nascidos entre 1958 a 2011, e registros fenotípicos de 7.340 vacas, nascidas entre 1970 a 2011, foram cedidos pela Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP). Análises pelo método dos quadrados mínimos auxiliaram na definição dos efeitos fixos que foram considerados nos modelos. As estimativas dos parâmetros genéticos foram obtidas pelo método de máxima verossimilhança restrita, utilizando modelo animal multicaracterística. Para P210, o teste de razão de verossimilhança foi utilizado para avaliar a inclusão de efeitos aleatórios no modelo e verificou-se que os efeitos aleatórios genético aditivo materno e de ambiente permanente foram significativos ($P < 0,05$), além do efeito genético aditivo direto, aleatório residual e efeitos fixos. Para IPP, IPM, IP1 e PAC consideraram-se apenas os efeitos fixos, efeito aleatório genético aditivo direto e residual. As tendências genéticas foram calculadas por regressão linear dos valores genéticos preditos dos animais em função do ano de nascimento. As estimativas de herdabilidade obtidas variaram de $0,04 \pm 0,03$ para IP1 a $0,25 \pm 0,05$ para P210. As correlações genéticas variaram de $0,004 \pm 0,19$ entre P210-IPP e $0,93 \pm 0,12$ entre IPM-IP1. A tendência genética foi significativa ($p < 0,05$) e favorável para o efeito genético materno de P210 e significativa ($p < 0,05$) e favorável para IP1, e foi significativa ($p < 0,05$) e desfavorável para IPP, IPM e PAC. As estimativas de herdabilidade e correlações genéticas demonstraram a importância na inclusão de P210, IPP e PAC na seleção em programas de melhoramento genético, sendo as duas últimas favoráveis ao desempenho de intervalo de partos. As tendências genéticas indicaram ganhos genéticos pequenos e desfavoráveis para IPP, IPM e PAC mediante à recente implementação do programa de melhoramento genético da raça.

Palavras-chave: Características reprodutivas, correlação genética, herdabilidade, produtividade acumulada, tendência genética

1. INTRODUÇÃO

A raça Tabapuã foi a terceira raça neozebuína formada no mundo, sendo constituída por raças como o gado mocho nacional, Gir, Guzerá e Nelore. Assim, esta raça apresenta rusticidade para as condições tropicais de produção (SANTIAGO, 1985), favorecendo para que o número de registros de animais no Brasil aumente com o passar dos anos (ABCZ, 2013). No entanto, sua formação é recente e poucos estudos sobre estimativas de parâmetros genéticos foram realizados, dos quais maior foco foi dado às características de peso corporal. Ainda há na literatura poucas informações sobre parâmetros genéticos de características reprodutivas nesta raça.

As características produtivas, como medidas de peso corporal são de interesse direto do produtor pois promovem elevado retorno econômico (KRUPA et al., 2005). Entretanto, as características reprodutivas, principalmente de fêmeas, também possuem importância econômica (ABY et al., 2012), uma vez que as fêmeas devem parir precocemente e manter a regularidade desta parição ao longo dos anos para obter maior número de bezerros em menor tempo possível, aumentando a taxa de reposição das fêmeas e a produtividade da propriedade.

Dentre as ferramentas para aumentar a eficiência de produção, o melhoramento genético é uma das mais utilizadas, e para a correta implantação e condução de um programa de seleção faz-se necessária a estimação de parâmetros como herdabilidades e correlações genéticas entre as características. Os efeitos de um programa de seleção em uma população também devem ser monitorados (MALHADO et al., 2010) com o estudo das tendências genéticas ao longo dos anos para as características de importância econômica.

O peso ao desmame é uma característica que é frequentemente utilizada como critério em diversos programas de seleção, pois possui correlação genética alta e positiva com pesos a idades futuras (FERRAZ FILHO et al., 2002), sendo determinante para a escolha da permanência do animal no rebanho. Em trabalhos realizados com zebuínos foram estimadas herdabilidades variando de 0,02 a 0,68 para peso ao desmame (CYRILLO et al., 2004; SOUZA et al., 2004; FRIDRICH et al., 2005; LIRA; ROSA; GARNERO, 2008; BOLIGON; BALDI; ALBUQUERQUE,

2012; SANT'ANNA et al., 2012), o que indica que esta característica pode responder positivamente ao processo de seleção.

A idade ao primeiro parto também é adotada como critério de seleção para programas de melhoramento genético. Trabalhos com bovinos da raça Nelore apresentaram estimativas de herdabilidade de pequena magnitude para esta característica, assim obtém-se menor resposta à seleção direta quando comparada a características com herdabilidade de maior magnitude (DIAS; ELFARO; ALBUQUERQUE, 2004; GROSSI et al., 2009). Da mesma forma, estudos realizados com intervalo de partos também obtiveram estimativas de herdabilidade de pequena magnitude para bovinos de corte (GUTIÉRREZ et al., 2007; BERRY;EVANS, 2014).

A produtividade acumulada é um índice que une desempenhos produtivos e reprodutivos, uma vez que considera precocidade sexual da vaca, sua fertilidade, longevidade e habilidade materna em desmamar bezerros mais pesados. As estimativas de herdabilidade deste índice demonstram que a característica pode responder à seleção, como estimativa de 0,19, obtida por Rosa et al. (1999) em bovinos da raça Nelore.

Embora as estimativas de herdabilidade de características reprodutivas sejam de pequena magnitude e apresentem melhoria lenta, porém constante (SEGURA-CORREA et al., 2012), estas devem ser levadas em consideração em processos de seleção, uma vez que a precocidade na idade à maturidade das fêmeas, somada ao rápido retorno ao ciclo estral, aumenta o número de bezerros produzidos, com consequente aumento do retorno econômico para produtor. Além disso, melhorias nas características reprodutivas auxiliam na redução de intervalo de gerações e assim colaboram para o aumento no ganho genético anual das demais características.

Os objetivos deste estudo foram estimar parâmetros genéticos e tendências genéticas para peso ao desmame ajustado para 210 dias de idade, idade ao primeiro parto, intervalo de partos e produtividade acumulada e avaliar a eficiência de seleção indireta em bovinos de corte da raça Tabapuã a fim de estudar a evolução destas características ao longo dos anos e indicar quais características seriam mais adequadas para serem incluídas como critério de seleção.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição dos dados

Dados de pedigree de 15.241 animais da raça Tabapuã, nascidos entre 1958 a 2011, e registros fenotípicos de 7.340 vacas, nascidas entre 1970 a 2011, foram obtidos junto ao Programa de Melhoramento Genético da Raça Tabapuã (PMGRT) mantido pela Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP). Os animais são pertencentes a três propriedades do estado de São Paulo, duas da Bahia, duas de Minas Gerais, duas do Mato Grosso do Sul, uma do Mato Grosso, uma de Goiás, uma de Tocantins e uma do Paraná. As características utilizadas neste estudo foram o peso ao desmame ajustado para 210 dias de idade (P210), idade ao primeiro parto (IPP), intervalo de partos (IP) e produtividade acumulada (PAC).

Os animais foram criados em regime de pastagem, desmamados entre 6 e 8 meses de idade. O manejo reprodutivo consistia no uso de estação de monta de 60 a 120 dias utilizando inseminação artificial ou monta natural controlada.

O cálculo do intervalo de partos (IP) foi realizado de duas maneiras, sendo obtido o primeiro intervalo de partos (IP1) e o intervalo de partos médio (IPM) para cada animal, em que a frequência de animais por número de partos está descrita no Apêndice 1 e a média de progênes por animal é igual a 3,61. A produtividade acumulada (PAC) é capaz de fornecer o peso em quilogramas de bezerro desmamado por fêmea, sendo relacionado diretamente com a idade ao primeiro parto, intervalo de partos (SCHWENGBER; BEZERRA, LÔBO, 2001) e peso ao desmame. Esta foi calculada pela fórmula:

$$PAC = \frac{P_d n_p C_{365}}{IVP_n - C_{550}}$$

em que P_d é peso médio dos bezerros ao desmame padronizado para 210 dias de idade, n_p é número total de bezerros produzidos, C_{365} é constante igual a 365 dias que permite expressar a fertilidade em base anual, IVP_n é idade da vaca ao último parto, C_{550} é constante igual a 550 dias considerando que a meta do PMGRT para idade ao primeiro parto é de 30 meses (LÔBO et al., 2000).

2.2. Organização e controle de qualidade dos registros fenotípicos

Análises preliminares foram conduzidas para eliminar dados inconsistentes do arquivo. Para a característica IPP foi considerado como limite máximo o adotado pelo PMGRT, sendo igual a 48 meses. O limite mínimo adotado para IPM e IP1 foi de 348 dias. Este valor foi calculado pela soma do período mínimo de retorno ao cio de 60 dias pós-parto (RUAS et al., 2000) com a média do período de gestação para bovino Tabapuã de 288 dias (ANCP, 2014). O limite máximo considerado para IPM e IP1 foi de 793 dias, pois logo após o parto o animal que normalmente teria os próximos cinco meses para retornar à condição de gestante (dois meses de puerpério mais três meses de estação de monta), passa a ter mais oportunidade de manutenção no rebanho, por permanecer os próximos 14 meses após o parto, esperando a próxima estação de monta.

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 dos efeitos fixos que foram considerados nos modelos para análise genética. A influência dos fatores ambientais sobre os parâmetros genéticos foi minimizada pela formação de grupos de contemporâneos (GC). Foram testados os efeitos de fazenda, ano e estação (trimestre) de nascimento para a formação dos GC em todas as características. Todos os efeitos foram significativos ($p < 0,05$) sobre P210. Para IPP, IPM, IP1 e PAC, somente os efeitos de fazenda e ano de nascimento foram significativos ($p < 0,05$). Os GC com menos do que 3 animais não foram considerados. Então, verificou-se o grau de conexão entre os GC pelo programa AMC (ROSO; SCHENKEL, 2006) e considerou-se apenas grupos relacionados nas análises. Para P210, foram encontrados 15 grupos sem conectividade e para as demais características todos os grupos tiveram conectividade.

Além do efeito fixo de GC, o modelo incluiu covariáveis para algumas características. A covariável idade da vaca ao parto apresentou efeito linear e quadrático ($p < 0,05$) para P210 e, embora a covariável P210 tenha apresentado efeito linear e quadrático ($p < 0,05$) para IPP, esta não foi considerada no modelo por reduzir muito o número de registros da característica no arquivo de dados. Para IP1, a covariável IPP apresentou efeito linear e quadrático ($p < 0,05$), no entanto, não

afetou significativamente a característica IPM. As observações cujo resíduo padronizado apresentou-se acima de 3,5 e abaixo de -3,5 foram excluídas do conjunto de dados.

2.3. Estimativas de parâmetros genéticos

Os componentes de variância e covariância, bem como as estimativas de herdabilidade, correlação genética e valor genético predito foram obtidos usando o método de máxima verossimilhança restrita, utilizando o modelo animal unicaracterística e bicaracterística para análises preliminares que forneceram suporte às análises em modelo animal multicaracterística realizadas pelo programa computacional WOMBAT, desenvolvido por MEYER (2007). Duas análises multicaracterísticas foram realizadas, sendo a primeira a análise conjunta de P210, IPP, IPM e IP1, e a segunda a análise conjunta de IPP, PAC, IPM e IP1. Essa organização foi determinada pela dificuldade nas análises em convergir utilizando as características P210 e PAC simultaneamente. Essa dificuldade pode ter sido encontrada por haver um número muito reduzido de animais que possuíam valores fenotípicos para as duas características, além de P210 ser um componente do cálculo da PAC, o que pode ter dificultado a separação dos componentes de variância destas características.

Os valores iniciais requisitados pelo programa WOMBAT foram provenientes das análises de variância, da revisão de literatura e das análises unicaracterística e bicaracterística. O critério de convergência estipulado para as análises foi de 10^{-9} .

O modelo estatístico geral proposto para as análises multicaracterísticas foi:

$$y = Xb + Za + e$$

em que y é o vetor da variável dependente, X é a matriz de incidência dos efeitos fixos, associando elementos de b e y , b é o vetor de efeitos fixos, Z é a matriz de incidência dos efeitos aleatórios genéticos diretos, associando os elementos de a e y , a é o vetor de efeitos aleatórios para o efeito genético aditivo direto e e é o vetor de efeitos residuais.

A estrutura geral de variância e covariância dos efeitos aleatórios nos modelos foi:

$$\begin{bmatrix} a \\ e \end{bmatrix} \sim N(0, V); V = \begin{bmatrix} G \otimes A & 0 \\ 0 & R \otimes I \end{bmatrix}$$

em que G é a matriz das (co)variâncias dos efeitos genéticos aditivos diretos, A a matriz de parentesco, R matriz de (co)variâncias residuais, I é a matriz identidade e \otimes produto direto das matrizes.

2.4. Teste de razão de verossimilhança

Para a característica de P210, as análises unicaracterísticas foram executadas empregando-se quatro diferentes modelos, sendo:

$$\text{Modelo 1 : } y = Xb + Z_1a + e$$

$$\text{Modelo 2 : } y = Xb + Z_1a + Z_2m + e$$

$$\text{Modelo 3 : } y = Xb + Z_1a + Wc + e$$

$$\text{Modelo 4 : } y = Xb + Z_1a + Z_2m + Wc + e$$

em que y é o vetor de observações, b é o vetor de efeitos fixos, a e m são vetores de efeitos aleatórios genético aditivo direto e materno, c é o vetor de efeito aleatório de ambiente permanente materno, e é o vetor de efeitos residuais, e X , Z_1 , Z_2 e W são matrizes de incidência para b , a , m e c , respectivamente.

Após as análises, empregou-se o teste de razão de verossimilhança para verificar a significância da inclusão dos efeitos aleatórios e identificar o modelo que melhor se ajustou aos dados. O teste compara os valores obtidos das análises de duas vezes o logaritmo da verossimilhança à distribuição de qui-quadrado (X^2) com g graus de liberdade e probabilidade de erro de 0,05, sendo g a diferença em número de parâmetros estimados nos modelos comparados (DOBSON, 1990). No trabalho, foram comparados os modelos 2 com 1 e 3 com 1 e os modelos 4 com 2 e 4 com 3, utilizando $g = 1$ e nível de significância de 5%.

Para os modelos que consideravam efeito genético aditivo direto e materno (2 e 4), foram feitas análises estimando a covariância entre estes fatores e análises considerando-a nula. Após as análises, decidiu-se manter a covariância entre efeito genético aditivo direto e materno como nula devido à estrutura de pedigree e quantidade de dados fenotípicos. Observou-se significância para todos os modelos comparados, concluindo-se que o modelo mais adequado a ser aplicado para P210 foi o modelo 4 e assim, o modelo mais completo foi aplicado para esta característica.

Para IPP, não se considerou o efeito aleatório genético materno e de ambiente permanente, assim como em outros estudos (BOLIGON et al., 2010;

BUZANSKAS et al., 2010; LAUREANO et al., 2011; BOLIGON; BALDI; ALBUQUERQUE, 2012), dado que estes componentes têm maior importância na estimativa de parâmetros genéticos para características medidas até um ano de idade (RIBEIRO et al., 2001). Para as demais características, também não foi avaliada a inclusão do efeito aleatório genético materno e de ambiente permanente no modelo porque não havia adequada estrutura de dados e de pedigree para estimação destes componentes.

2.5. Eficiência relativa de seleção

Após as análises multicaracterística verificou-se a eficiência relativa da seleção para as características de interesse econômico que tenham apresentado baixa magnitude de herdabilidade e alta correlação genética com outra característica de maior magnitude de herdabilidade.

A fórmula utilizada para o cálculo foi:

$$\frac{RC_x}{R_x} = \frac{r_a h_y i_y}{h_x i_x}$$

em que RC_x é a resposta correlacionada da característica principal (x) quando a seleção foi aplicada à característica secundária (y), R_x é a resposta à seleção direta para a característica principal (x), r_a é a correlação genética entre as características (x e y), h_y é a raiz quadrada da herdabilidade da característica secundária (y), h_x é a raiz quadrada da herdabilidade da característica principal (x), i_y é a intensidade de seleção aplicada a característica secundária (y) e i_x é a intensidade de seleção aplicada a característica principal (x).

Considerando que a intensidade de seleção aplicada para as duas características é a mesma, dado que as características são medidas apenas em fêmeas, $i_y = i_x = i$, então:

$$\frac{RC_x}{R_x} = \frac{r_a h_y}{h_x}$$

A expressão permite observar que a seleção indireta será melhor que a direta se o numerador ($r_a h_y$) for maior que o denominador (h_x), obtendo assim um valor maior do que 1 e será equivalente se o valor for igual a 1. O valor de $r_a h_y$ é definido como acurácia da seleção indireta e é a correlação entre os valores genéticos

preditos da característica principal (x) e os valores fenotípicos da característica secundária selecionada (y), enquanto que o valor de h_x é a acurácia da seleção direta (FALCONER; MACKAY, 1996).

2.6. Tendências genéticas

As tendências genéticas foram calculadas por regressão linear dos valores genéticos preditos dos animais em função do ano de nascimento, para o período de 1981 a 2009. Os valores genéticos preditos considerados foram os que tinham acurácia superior a 0,4 por manter número suficiente de registros fenotípicos para realização das análises. Para testar a hipótese de que o coeficiente de regressão de cada equação fosse igual a zero, foi utilizada a estatística t. As análises de regressão foram conduzidas utilizando o programa computacional SAS (SAS 9.1, SAS Institute, Cary, NC, USA).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Descrição dos dados

O número de animais, pais, mães, GC, e o número de fazendas, anos e estações de nascimentos utilizados para a formação dos GC, para cada característica, estão descritos na Tabela 1. Ao analisar os GC, verificou-se que 80% dos animais estão em grupos com tamanho maior ou igual a 14 animais para P210, maior ou igual a 20 animais para IPP e maior ou igual a 11 animais para IPM, IP1 e PAC. O tamanho do GC torna-se importante para a acurácia das estimativas, sendo essencial que os GC tenham pelo menos registros de 2 indivíduos para evitar acurácias nulas (TOSH; WILTON, 1994). A análise de variância para os modelos utilizados estão nos Apêndices 3 a 7.

Tabela 1. Número de animais, pais, mães, grupo de contemporâneos (GC) e o número de fazendas (NF), anos e estações (EST) de nascimentos utilizados para a formação dos grupos de contemporâneos, para características estudadas em bovinos da raça Tabapuã.

Característica	Animal	Pai	Mãe	GC	GC		
					NF	Ano	EST
P210	2943	299	2170	141	9	22	4
IPP	5019	530	3445	201	13	36	-
IPM	2536	402	1949	156	13	35	-
IP1	2540	403	1951	157	13	35	-
PAC	1030	235	893	65	7	15	-

P210 = peso ao desmame ajustado para 210 dias de idade; IPP = idade ao primeiro parto; IPM = intervalo de partos médio; IP1 = primeiro intervalo de partos; PAC = produtividade acumulada

A análise descritiva contendo o número de animais, média dos valores fenotípicos, desvios-padrão, valores fenotípicos mínimos e máximos e coeficientes de variação para as características estudadas estão descritos na Tabela 2. A média observada para P210 foi superior às obtidas por outros autores para a mesma raça, variando de 167,71 kg a 175,91 kg (GUIMARÃES et al., 2003; SAKAGUTI et al., 2003; RIBEIRO et al., 2007; CAIRES et al., 2012; VENTURA et al., 2012; CAMPOS, 2013). No entanto, os trabalhos citados foram realizados com peso aos 205 dias de idade e em áreas específicas do Brasil, concentrando a origem dos dados em regiões menores quando comparadas ao presente trabalho. A diferença observada demonstra a diversidade fenotípica refletida pela soma da diversidade genética aos efeitos ambientais nas diferentes regiões do país.

Tabela 2. Número de animais (N), média de valores fenotípicos, desvios-padrão, valores mínimos (Mín), valores máximos (Máx) e coeficiente de variação em porcentagem (CV) para características estudadas em bovinos da raça Tabapuã.

Característica	Média	DP	Mín	Máx	CV (%)
P210 (kg)	178,82	25,98	86	272	14,53
IPP (meses)	37,44	5,51	21	48	14,71
IPM (dias)	505,24	96,26	348	789	19,05
IP1 (dias)	524,46	120,41	348	792	22,96
PAC (kg de bezerro/vaca/ano)	144,67	28,23	48	219	19,52

P210 = peso ao desmame ajustado para 210 dias de idade; IPP = idade ao primeiro parto; IPM = intervalo de partos médio; IP1 = primeiro intervalo de partos; PAC = produtividade acumulada

A média para IPP obtida foi semelhante à encontrada por Pereira et al. (2005), que observaram média igual a 37,50 meses para vacas da raça Tabapuã.

Grossi et al. (2009), Boligon; Albuquerque (2011) e Barrozo et al. (2011), encontraram médias de IPP inferiores para a raça Nelore, enquanto que estudos em bovinos da raça Gir e Guzerá, apresentaram IPP superior à obtida neste trabalho (BALIEIRO et al., 2003; PANETTO et al., 2010; SANTANA JÚNIOR et al., 2010). A raça Tabapuã é formada pelas três raças citadas, adquirindo do Gir e Guzerá a característica de maior produção de leite quando comparada ao Nelore. Para a formação da raça, a possível escolha na população de mães que desmamavam bezerros mais pesados sem determinado controle de processo de seleção pelos produtores, pode ter interferido no desempenho reprodutivo dos animais, uma vez que, segundo Balieiro et al. (2003), a seleção para maior produção de leite pode interferir negativamente no IPP e IP.

A diferença nas médias de IPM e IP1 pode ser esperada, pois animais que pariram pela primeira vez possuem dificuldade no retorno ao cio, uma vez que estes animais precisam de energia para a lactação, crescimento e persistência do ciclo estral (CUNNINGHAM, 2008). Após a estabilização do crescimento, a energia volta-se somente para os processos fisiológicos da reprodução. A média de IP1 foi semelhante à obtida por Pereira et al. (2005) para bovinos da raça Tabapuã e inferior quando comparada às médias obtidas em raças Nelore e Guzerá (PANETO et al., 2008; PANETTO et al., 2010; YOKOO et al., 2012).

A média da PAC foi semelhante à obtida por Rosa et al. (1999), inferior à observada por Grossi et al. (2008), que variou de 146 ± 26 a 149 ± 26 kg de bezerros/vaca/ano e superior ao obtido por Schwengber, Bezerra e Lôbo (2001) e por Azevêdo et al. (2005) de 130 ± 35 e $96,74 \pm 46,7$ kg de bezerros/vaca/ano, respectivamente, sendo estas médias observadas em bovinos da raça Nelore. A PAC é determinada por um conjunto de características, portanto depende do melhor desempenho de todas para expressar seu máximo valor, assim há grande variabilidade quando diferentes populações são comparadas.

3.2. Estimativas de parâmetros genéticos

As estimativas de herdabilidade direta e materna, proporção da variância fenotípica atribuída ao efeito de ambiente permanente e respectivos erros-padrão e componentes de variância genética aditiva direta, materna, ambiental e de ambiente

permanente obtidas pela análise multicausal envolvendo P210, IPP, IPM, IP1 e pela análise multicausal envolvendo IPP, PAC, IPM e IP1 estão descritas na Tabela 3.

Tabela 3. Estimativas de herdabilidade direta (h_a^2), materna (h_m^2), proporção de variância fenotípica atribuída ao ambiente permanente (c^2) e respectivos erros-padrão (entre parênteses) e componentes de variância para características estudadas em bovinos da raça Tabapuã.

Multicausal 1							
Característica	h_a^2	h_m^2	c^2	σ_a^2	σ_e^2	σ_m^2	σ_{pe}^2
P210	0,25 (0,05)	0,10 (0,04)	0,10 (0,04)	114,17 (24,98)	250,31 (20,24)	43,27 (16,27)	45,33 (18,24)
IPP	0,09 (0,02)	-	-	1,88 (0,51)	18,92 (0,58)	-	-
IPM	0,06 (0,04)	-	-	416,76 (282,89)	7200,62 (334,02)	-	-
IP1	0,04 (0,03)	-	-	502,96 (389,99)	12093,40 (501,11)	-	-
Multicausal 2							
	h_a^2	h_m^2	c^2	σ_a^2	σ_e^2	σ_m^2	σ_{pe}^2
IPP	0,09 (0,02)	-	-	1,82 (0,51)	18,94 (0,58)	-	-
PAC	0,18 (0,06)	-	-	102,15 (36,62)	472,05 (37,62)	-	-
IPM	0,08 (0,04)	-	-	582,47 (287,80)	7108,83 (330,47)	-	-
IP1	0,05 (0,03)	-	-	632,53 (393,23)	12053,10 (498,25)	-	-

σ_a^2 - variância genética aditiva; σ_e^2 - variância ambiental; σ_m^2 - variância genética materna; σ_{pe}^2 - variância de ambiente permanente; P210 = peso ao desmame ajustado para 210 dias de idade em kg; IPP = idade ao primeiro parto em meses; IPM = intervalo de partos médio em dias; IP1 = primeiro intervalo de partos em dias; PAC = produtividade acumulada em kg de bezerro/vaca/ano.

As estimativas de herdabilidade obtidas para P210 são intermediárias às estimativas encontradas na literatura para P210 de bovinos Tabapuã, que variaram de $0,14 \pm 0,05$ a $0,41 \pm 0,04$ para herdabilidade direta e de $0,06 \pm 0,08$ a $0,17$ para herdabilidade materna (FERRAZ FILHO et al., 2002; GUIMARÃES et al., 2003; RIBEIRO et al., 2007; CAIRES et al., 2012; CAMPOS et al., 2013). Estas estimativas sugerem que esta característica possui proporção de variação fenotípica

que é atribuída aos efeitos aditivos dos genes que permite resposta ao processo de seleção. A importância do efeito genético materno e de ambiente permanente na estimação dos parâmetros genéticos para P210 fica evidente ao observar que a soma da variância de ambas resulta em um valor próximo ao da variância genética aditiva.

As estimativas de herdabilidade para as características reprodutivas (IPP, IPM e IP1) foram de baixa magnitude. No entanto, menores estimativas foram relatadas por Pereira et al. (2005), sendo de 0,03 para IPP e 0,01 para IP1 em bovinos da raça Tabapuã. Estas menores estimativas podem ter sido observadas porque os dados eram oriundos de apenas uma propriedade, na qual as novilhas eram acasaladas ou inseminadas quando atingissem 310 kg de peso, o que dificulta a identificação de fêmeas mais precoces. O mesmo verifica-se para IP1, em que a estação de monta adotada na propriedade era de 165 dias, o qual por ser um período longo, promove maior possibilidade para a concepção de vacas menos férteis e dificulta a identificação de animais mais férteis.

Embora as estimativas de herdabilidade das características reprodutivas tenham sido de baixa magnitude, estudos conduzidos por Aby et al. (2012) apontaram que estas características são economicamente importantes em certos sistemas de produção e indicaram que alterações pequenas, porém constantes, podem promover ganhos econômicos ao produtor. Ademais, a seleção para características reprodutivas favorecem a redução do intervalo de gerações e podem aumentar o ganho genético anual de características selecionadas. Maiores estimativas de herdabilidade para IPP são encontradas quando novilhas são expostas precocemente a touros. Boligon, Baldi e Albuquerque (2012) registraram estimativa de herdabilidade igual a 0,21 para IPP em dados que incluíam novilhas da raça Nelore que foram expostas a touros aos 15-16 meses de idade. Da mesma forma, Pereira, Eler e Ferraz (2002) verificaram estimativa de herdabilidade de 0,19 e 0,02 para IPP em novilhas que foram expostas a touro aos 14 e 26 meses de idade, respectivamente. Estes resultados indicam que a exposição precoce de novilhas a touros permite obter maior proporção da variância fenotípica de IPP que possa ser atribuída a variância genética aditiva, e assim identificar as fêmeas geneticamente mais precoces.

A estimativa de herdabilidade calculada para PAC neste trabalho foi semelhante à obtida por Grossi et al. (2008) em bovinos da raça Nelore e inferior a observada por Faria et al. (2007) de 0,25. Estimativas inferiores para esta característica foram encontradas em bovinos da raça Nelore por Schwengber, Bezerra, Lôbo (2001) e Azevêdo et al. (2005) de 0,15 e 0,11, respectivamente. Silveira et al. (2004), estudando fertilidade real, que é um índice que expressa quilogramas de bezerros desmamados por ano efetivo, observaram em bovinos Nelore estimativa de herdabilidade igual a 0,06, sendo muito inferior ao obtido para PAC no presente estudo. Embora os diferentes estudos tenham mostrado resultados variados devido a PAC incluir mais de uma característica, no presente trabalho, a herdabilidade para PAC mostrou-se de moderada magnitude e esta poderia responder favoravelmente ao processo de seleção.

As estimativas de correlações genéticas e ambientais obtidas pela análise multicaracterística para P210, IPP, IPM e IP1 (multicaracterística 1) e para IPP, PAC, IPM e IP1 (multicaracterística 2) estão descritas na Tabela 4.

Tabela 4. Estimativas de correlações genéticas (acima da diagonal) e correlações ambientais (abaixo da diagonal) e respectivos erros-padrão para características estudadas em bovinos da raça Tabapuã.

Multicaracterística 1				
Característica	P210	IPP	IPM	IP1
P210	-	0,004±0,19	0,45±0,33	0,08±0,35
IPP	-0,37±0,05	-	0,70±0,34	0,90±0,39
IPM	-0,08±0,07	-0,09±0,03	-	0,90±0,16
IP1	-0,13±0,07	-0,15±0,03	0,75±0,01	-
Multicaracterística 2				
	IPP	PAC	IPM	IP1
IPP	-	-0,60±0,18	0,74±0,28	0,92±0,33
PAC	-0,34±0,04	-	-0,83±0,20	-0,84±0,28
IPM	-0,11±0,03	-0,57±0,04	-	0,93±0,12
IP1	-0,16±0,03	-0,44±0,04	0,75±0,01	-

P210 = peso ao desmame ajustado para 210 dias de idade em kg; IPP = idade ao primeiro parto em meses; IPM = intervalo de partos médio em dias; IP1 = primeiro intervalo de partos em dias; PAC = produtividade acumulada em kg de bezerro/vaca/ano.

A correlação genética nula entre P210 e IPP, pode indicar que a aplicação de seleção para P210 não promove modificações no desempenho de IPP. O elevado erro-padrão dificulta a correta interpretação de tal estimativa. Segura-Correa et al. (2012) verificaram baixa correlação genética entre as mesmas características, porém

estimativas iguais a -0,20 e -0,16, relatadas por Boligon et al. (2010) e Laureano et al. (2011), respectivamente, para bovinos da raça Nelore, sugerem que poucos genes influenciam simultaneamente ambas as características. Estudos realizados por Caetano et al. (2013) revelaram correlação genética de $-0,34 \pm 0,07$ entre IPP e ganho de peso dos 210 aos 365 dias de idade, o que indica associação genética linear inversamente proporcional entre IPP e características de desempenho ponderal.

O elevado erro-padrão da estimativa da correlação genética entre P210 e IPM e P210 e IP1 dificulta a correta avaliação da associação genética para estas estimativas. A correlação genética entre P210 e IPM obtida foi diferente da relatada em estudos realizados por Gutiérrez et al. (2007), que observaram correlação genética de -0,07 para as mesmas características em bovinos da raça Asturiana de los Valles. Tal diferença pode ter ocorrido devido as diferenças populacionais para estas diferentes raças. A estimativa positiva e de moderada magnitude observada para o presente estudo pode ser ocasionada pela seleção de animais com maior desempenho para P210. Esta seleção promove pesos elevados aos animais após atingirem idade adulta, uma vez que as correlações genéticas entre peso ao desmame e demais pesos são altas e positivas (FERRAZ-FILHO et al., 2002), ocorrendo assim consequente dificuldade de retorno ao cio pelos animais que possuem peso muito elevado. Animais com peso corporal elevado tendem a possuir elevado escore corporal e a influência deste na estação de monta sobre o IP foi verificada por Renquist et al. (2006), que relataram efeito quadrático entre o escore corporal à estação de monta e IP.

A estimativa de correlação genética entre P210 e IP1 mostrou-se nula e com elevado erro-padrão, assim não se pode inferir conclusões precisas. Mercadante; Lôbo e Oliveira (2000) relataram correlação genética entre P240 e IP1 igual a 0,04 em bovinos da raça Nelore.

As correlações genéticas observadas entre IPP e IPM, IPP e IP1 e IPM e IP1 obtidas pela análise conjunta de P210, IPP, IPM e IP1 foram inferiores às obtidas pela análise conjunta de IPP, PAC, IPM e IP1. A pequena diferença observada pode ser ocasionada pela estruturação dos dados na segunda análise, a qual apresenta maior quantidade de registros para cada animal.

As correlações genéticas observadas entre IPP e IPM e entre IPP e IP1 foram positivas e altas, o que indica a existência de genes que influenciam ambas as características. Assim, programas de seleção aplicados para a redução da IPP, promoverão a redução do IPM e IP1 e irão melhorar a produtividade da vaca no rebanho com conseqüentemente benefício do produtor. Da mesma forma, a correlação genética observada entre IPM e IP1 demonstra que a melhoria na redução do IP1 irá promover redução no IPM. Correlações genéticas positivas entre estas características também foram observados por Vergara, Elzo e Cerón-Muñoz (2009) para uma população multirracial de bovinos e por Gutiérrez et al. (2002), para uma população de bovinos de corte.

A correlação genética alta e negativa observada entre IPP e PAC demonstra que animais com baixa IPP tendem a produzir maior quilogramas de bezerros/vaca/ano. Embora a IPP não faça parte diretamente da fórmula para o cálculo da PAC, quando a vaca inicia sua vida reprodutiva precocemente, auxilia na redução da idade da vaca ao último parto, que é componente do denominador da fórmula e, reduzindo o denominador, aumenta-se o valor representado pela PAC. Estudos realizados por Grossi et al. (2008) que correlacionaram as duas características obtiveram estimativa de correlação genética igual a -0,71 em bovinos da raça Nelore.

A correlação genética de outros índices de produtividade com IPP apresentaram estimativas semelhantes. Silveira et al. (2004) relataram correlação genética de fertilidade real (FR) e IPP de -0,89 e Mercadante, Lôbo e Oliveira (2000) observaram entre eficiência reprodutiva (ER) e IPP correlação genética igual a -0,44. A ER é calculada considerando as características de IP, IPP e número de partos. Embora a correlação entre IPP e FR tenha sido mais alta, a PAC apresenta vantagem tanto sobre a FR quanto sobre ER, pois apresenta herdabilidade mais elevada e não utiliza IP em seu cálculo, podendo ser calculada para vacas que não apresentaram segundo parto ainda.

As estimativas obtidas das correlações genéticas entre PAC e IPM e entre PAC e IP1 foram elevadas e negativas, o que indica que a seleção para aumentar a PAC favorece o desempenho do IP. Verifica-se que animais que apresentam menor IP produzem maior número de bezerros em menor tempo, o que reflete em maior

valor calculado para PAC. Não foram encontrados trabalhos que associassem as duas características estudadas, no entanto, associações genéticas de FR e IP foram estudadas por McManus et al. (2002) e Silveira et al. (2004) que observaram correlação genética entre estas características de -0,82 e -0,90, respectivamente. Estimativa menor de correlação genética foi obtida por Mercadante, Lôbo e Oliveira (2000) entre ER e IP de -0,56.

3.3. Eficiência relativa de seleção

A eficiência relativa de seleção deve ser calculada para características de interesse econômico que tenham herdabilidade de baixa magnitude ou de difícil medição e que apresentem alta correlação genética com outra característica de interesse econômico, a fim de aumentar a resposta à seleção. A análise multicaracterística para IPP, PAC, IPM e IP, resultou em estimativas maiores e de maneira geral apresentou erros-padrão menores, assim optou-se em utilizá-la para estudar a eficiência de seleção.

As correlações genéticas de interesse apresentadas nas análises foram entre as características IPP e IP1, PAC e IPM, e PAC e IP1. A eficiência relativa de seleção para IP1, quando selecionada IPP, foi de 1,23, o que indica que sob mesma intensidade de seleção, a seleção para IPP é 23% mais eficiente para melhorar IP1 do que a seleção direta para IP1. A vantagem da seleção para IPP é que esta pode ser medida mais cedo na vida do animal quando comparada ao IP1.

O valor obtido para eficiência relativa de seleção para IPM, quando selecionada a PAC, foi igual a 1,25, o que indica que a seleção para PAC é 25% mais eficiente para melhorar IPM do que a seleção direta para IPM. Valor superior foi obtido quando analisada a eficiência relativa de seleção para IP1, quando selecionada a PAC, sendo igual a 1,59, este demonstra que a seleção para PAC é 59% mais eficiente para melhorar IP1 do que a seleção direta para IP1. Assim verifica-se que a seleção para características como IPP e PAC é importante não só para melhoria destas, como para a melhoria de demais características de importância econômica.

3.4. Tendências genéticas

A tendência genética observada para o valor genético predito direto de P210 (Figura 1A) não foi significativa ($b=-0,011$; $p=0,451$) para o período estudado. A tendência genética para o valor genético predito materno (Figura 1B) mostrou-se com um coeficiente de regressão pequeno e favorável, porém significativo ($b=0,031$; $p=0,039$), o que indica que houve mudança na média dos valores genéticos preditos maternos com o decorrer do período.

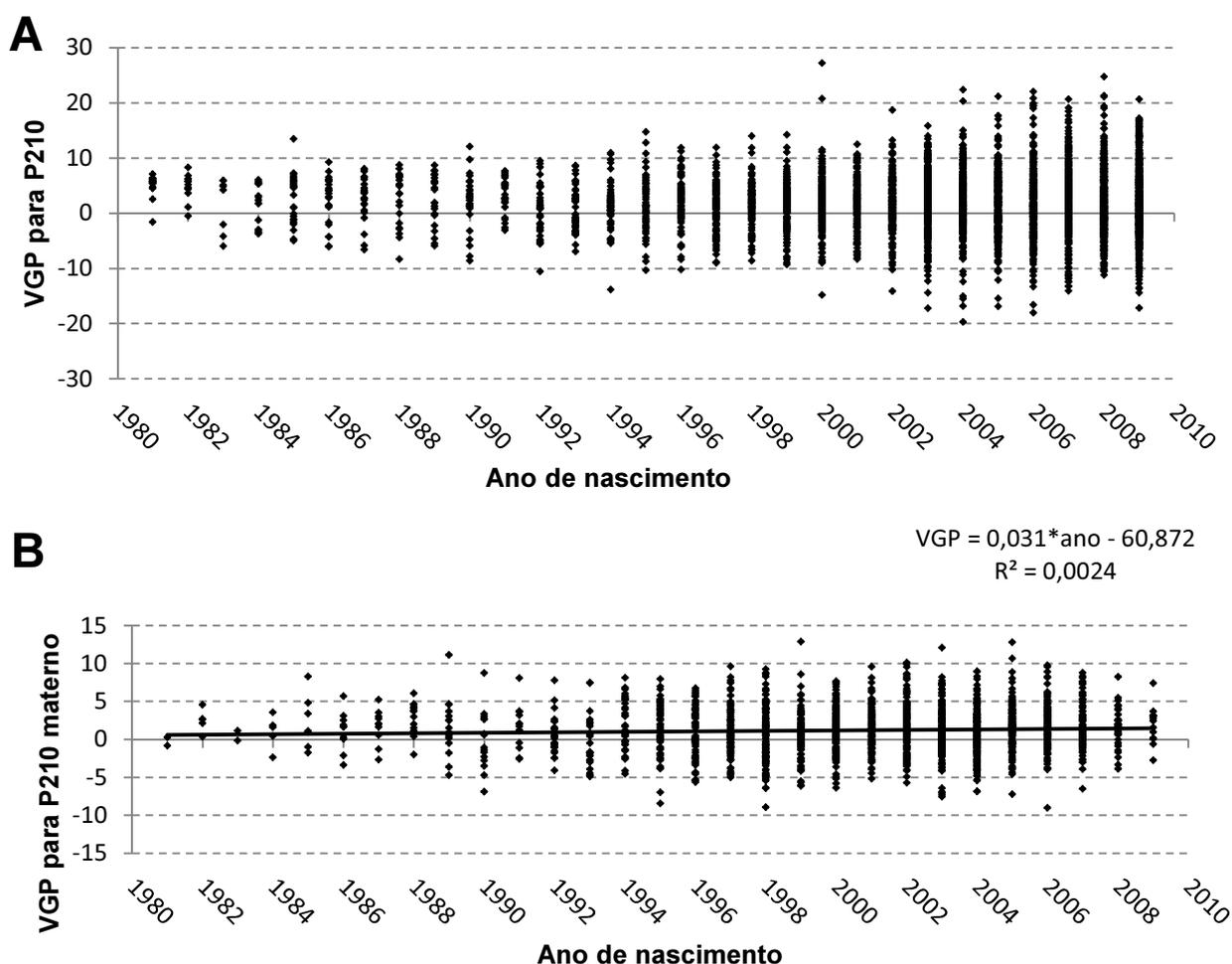


Figura 1. Variação dos valores genéticos preditos diretos (VGP) de acordo com o ano de nascimento (ano), período de 1981 a 2009, para peso ao desmame ajustado para 210 dias de idade (P210; A). Regressão linear dos valores genéticos preditos maternos (VGP) em função do ano de nascimento (ano), período de 1981 a 2009, para peso ao desmame ajustado para 210 dias de idade (P210; B).

Ferraz-Filho et al. (2002) observaram alteração favorável na tendência genética direta e materna para peso ao desmame ajustado para 205 dias de idade em bovinos da raça Tabapuã. No entanto, o período estudado foi entre 1968 a 1994, enquanto que no presente estudo considerou-se o período em que a raça Tabapuã foi oficializada, em 1981, até a maior data com registros suficientes (2009). Outro fator a ser considerado é que o referido trabalho utilizou médias de valores genéticos preditos, diferente do presente estudo em que todos os valores preditos foram considerados na análise de regressão.

A tendência genética observada para IPP (Figura 2) foi significativa ($b=0,005$; $p<0,0001$) e não favorável. Porém, as alterações que ocorrem em IPP com o passar dos anos são muito baixas, sendo de 0,005 meses/ano. Laureano et al. (2011) verificaram estabilidade na tendência genética para IPP entre os anos de 1985 a 1995, e decréscimo de -3,024 dias/ano, no período de 1996 a 2006, para bovinos da raça Nelore. Os autores apontaram a prática de exposição de fêmeas jovens aos touros, como razão para a melhoria de IPP no segundo período estudado, comprovando que a adoção de tal manejo pode melhorar o desempenho para IPP.

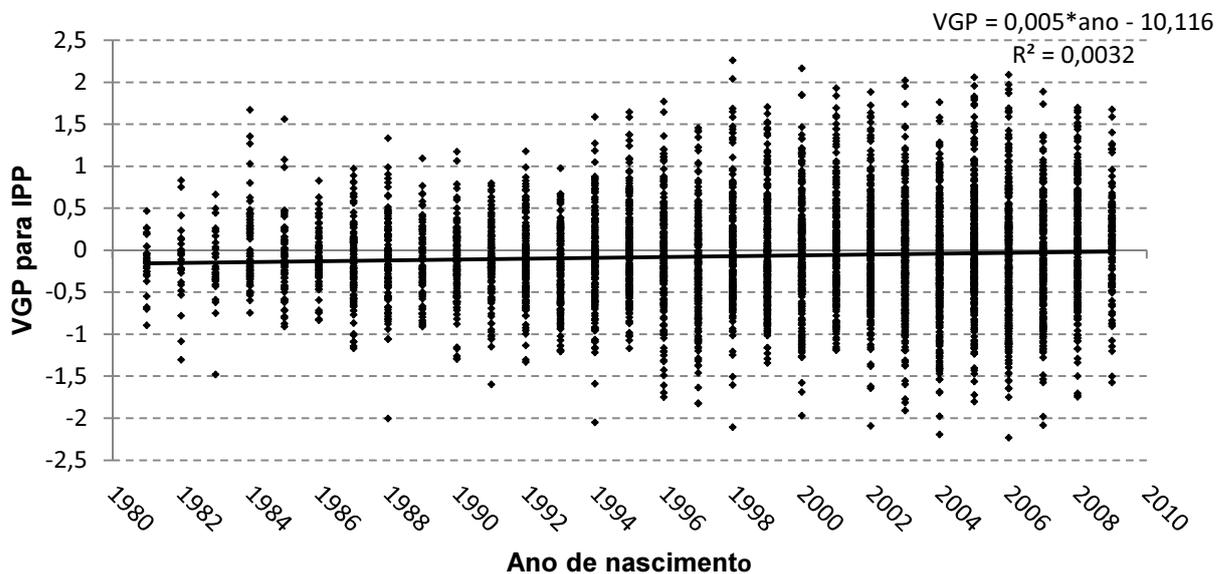


Figura 2. Regressão linear dos valores genéticos preditos (VGP) em função do ano de nascimento (ano), período de 1981 a 2009, para idade ao primeiro parto (IPP).

Para os valores genéticos preditos das características IPM e IP1, as tendências genéticas (Figura 3A e Figura 3B) foram significativas, sendo a mudança

desfavorável para a primeira ($b=0,127$; $p<0,0001$) e favorável para a segunda ($b=-0,152$; $p=0,002$). Podem-se observar pequenas modificações ao longo dos anos em ambas as características. Vergara, Elzo e Cerón-Muñoz (2009) verificaram significância nas tendências genéticas para IP1 e segundo IP para uma população multirracial de bovinos de corte. Porém, estes autores obtiveram coeficiente de regressão próximo a zero e, assim como o presente estudo, observaram pequena redução dos valores genéticos preditos para estas características ao longo dos anos estudados, o que demonstra ainda a importância da influência que o ambiente promove sobre estas características.

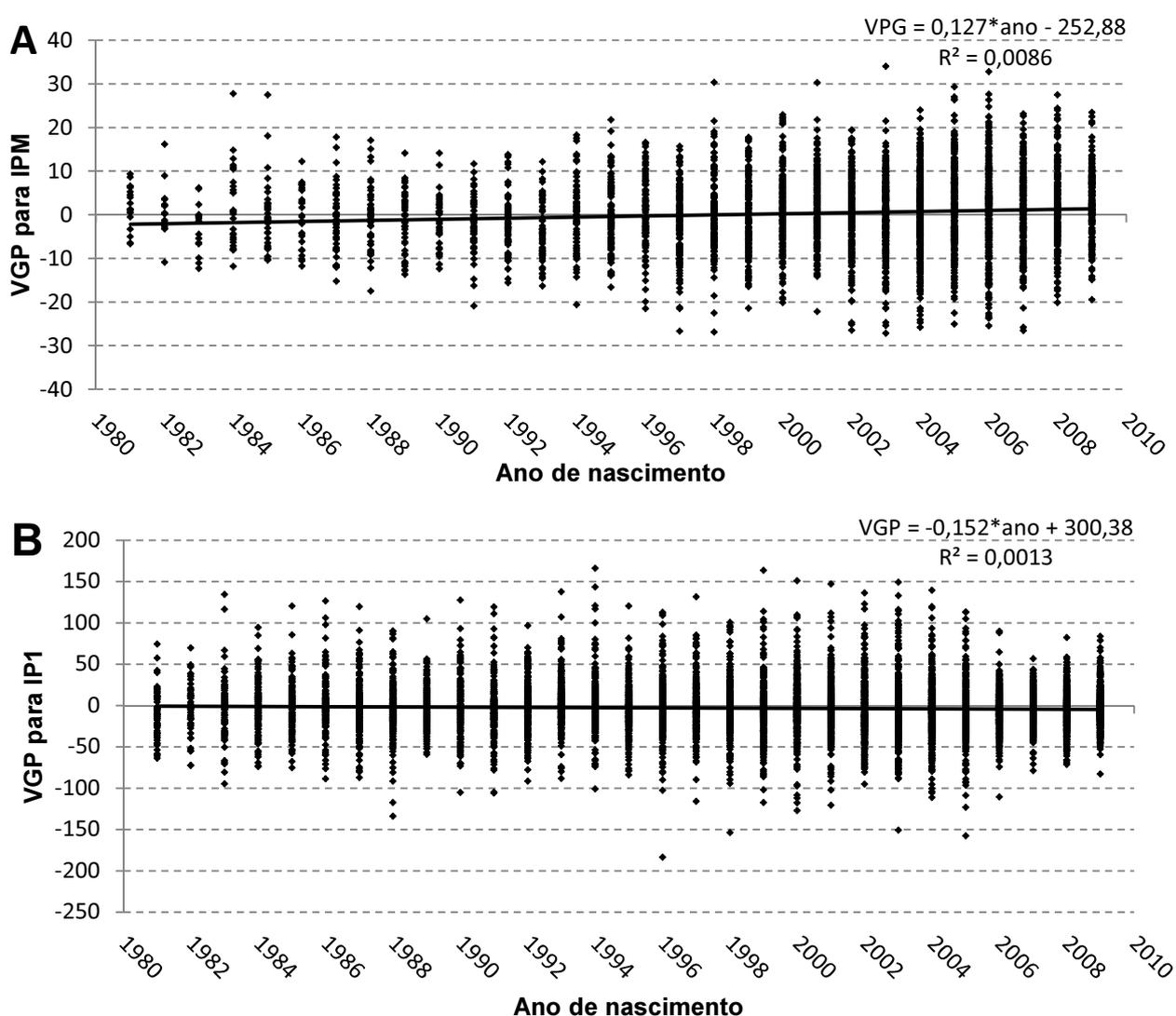


Figura 3. Regressão linear dos valores genéticos preditos (VGP) em função do ano de nascimento (ano), período de 1981 a 2009, para intervalo de partos médio (IPM; A) e para primeiro intervalo de partos (IP1; B).

A tendência genética para PAC (Figura 4) foi significativa ($b=-0,041$; $p=0,0007$) e desfavorável com o passar dos anos. Assim como as demais características estudadas, a alteração desta característica ao longo dos anos foi muito pequena. Grossi et al. (2008) observaram tendência genética favorável para PAC em uma população de bovinos Nelore. Logo após a criação do índice, incentivou-se a utilização deste para esta raça, e este resultado demonstra que a seleção para PAC promove resposta favorável.

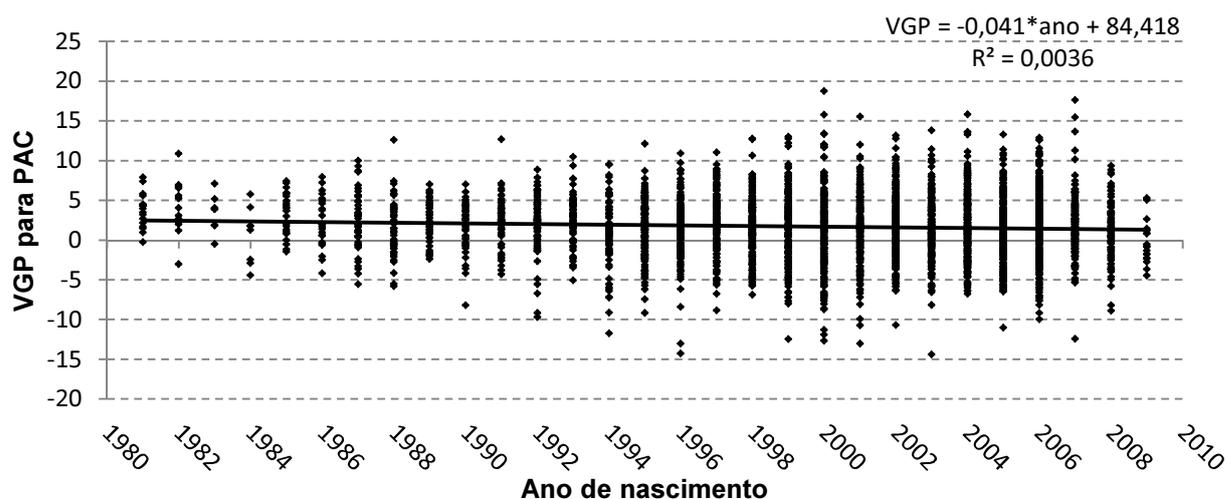


Figura 4. Regressão linear dos valores genéticos preditos (VGP) em função do ano de nascimento (ano), período de 1981 a 2009, para produtividade acumulada (PAC).

As tendências genéticas observadas para as características estudadas apresentaram respostas pequenas. Estas podem ser ocasionadas pela ausência de um programa de melhoramento genético com processo de seleção atuante nos animais durante o período avaliado, uma vez que a ANCP implantou o Programa de Melhoramento Genético da Raça Tabapuã em 2008. Esta associação recomenda a utilização de um índice de seleção chamado Mérito Genético Total (MGT), que inclui IPP com ponderação de 20%. Após a verificação das tendências genéticas e da importância das características de IPP e PAC para a resposta de demais características, torna-se evidente a importância da implantação e aplicação das recomendações do programa de melhoramento genético para a raça para que haja progresso genético.

4. CONCLUSÕES

A característica de P210 deve ser utilizada em programas de melhoramento genético como critério de seleção, uma vez que esta promove ganhos para IP1, e assim aumentam a produtividade no rebanho. A PAC também demonstrou que pode responder favoravelmente em programas de seleção, e promove alterações favoráveis para IPM e IP1.

Os programas de melhoramento genético para a raça Tabapuã são recentes e no período estudado não houve atuação de programas de melhoramento nas propriedades, assim recomenda-se a aplicação das recomendações dos programas de seleção para que seja possível progresso genético.

5. REFERÊNCIAS

ABCZ: Associação Brasileira dos Criadores de Zebu – ABCZ Estatística total Brasil RGN + RGD - período 1939 a 2013. Disponível em: <<http://www.abcz.org.br/AreaTecnica/RegistroGenealogico/Estatisticas>>. Acesso em: 19 de abril de 2014.

ABY, B. A.; AASS, L.; SEHESTEDB, E.; VANGEN, O. Effects of changes in external production conditions on economic values of traits in Continental and British beef cattle breeds. **Livestock Science**, Oxford, v. 150, p. 80-93, 2012.

ANCP: Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores – Programa de Melhoramento Genético da Raça Tabapuã. Disponível em: http://www.ancp.org.br/pagina/31/tabapua#.U1unA_IdWak. Acesso em: 21 de abril de 2014.

AZEVÊDO, D. M. M. R.; MARTINS FILHO, R.; LÔBO, R. N. B.; LÔBO, R. B.; MOURA, A. A. A. N.; PIMENTA FILHO, E. C.; MALHADO, C. H. M. Produtividade Acumulada (PAC) das Matrizes em Rebanhos Nelore do Norte e Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v. 34, n. 1, p. 54-59, 2005.

BALIEIRO, E. S.; PEREIRA, J. C. C.; VERNEQUE, R. S.; BALIEIRO, J. C. C.; VALENTE, J. Estimativas de herdabilidade e correlações fenotípicas, genéticas e de ambiente entre algumas características reprodutivas e produção de leite na raça Gir. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 55, n. 1, p. 85 – 91, 2003.

BARROZO, D.; BUZANSKAS, M. E.; OLIVEIRA, J. A.; MUNARI, D. P.; NEVES, H. H. R.; QUEIROZ, S. A. Genetic parameters and environmental effects on temperament score and reproductive traits of Nelore cattle. **Animal**, Cambridge, p. 1-5, 2011. Disponível em: < http://journals.cambridge.org/abstract_S1751731111001169>.

BERRY, D.P.; EVANS, R. D. Genetics of reproductive performance in seasonal calving beef cows and its association with performance traits. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 92, n. 4, p. 1412 – 1422, 2014.

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**, Piracicaba, v. 39, n. 4, 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**, Oxford, v. 141, p. 12 – 16, 2011.

BOLIGON, A. A.; BALDI, F.; ALBUQUERQUE, L. G. Genetic correlations between heifer subsequent rebreeding and age at first calving and growth traits in Nelore cattle by Bayesian inference. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 11, n. 4, p. 4516 – 4524, 2012.

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**, Oxford, v. 132, p. 107 – 112, 2010.

CAETANO, S. L.; SAVEGNAGO, R. P.; BOLIGON, A. A.; RAMOS, S. B.; CHUD, T. C. S.; LÔBO, R. B.; MUNARI, D. P. Estimate of genetic parameters for carcass, growth and reproductive traits in Nelore cattle. **Livestock Science**, Oxford, v. 155, n. 1, p. 1 – 7, 2013.

CAIRES, D. N.; MALHADO, C. H. M.; SOUZA, L. A.; TEIXEIRA NETO, M. R.; CARNEIRO, P. L. S.; MARTINS FILHO, R. Tabapuã breed in northeastern Brazil: genetic progress and population structure. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v. 41, n. 8, p. 1858 – 1865, 2012.

CAMPOS, B. M. **Análise genética e comparação de modelos por inferência bayesiana e frequentista em características de crescimento de bovinos da raça Tabapuã do estado da Bahia**. 2013. 68 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2013.

CUNNINGHAM, J. G. **Tratado de fisiologia veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. p. 402 – 407.

CYRILLO, J. N. S. G.; RAZOOK, A. G.; FIGUEIREDO, L. A.; BONILHA NETO, L. M.; MERCADANTE, M. E. Z.; TONHATI, H. Estimativas de tendências e parâmetros genéticos do peso padronizado aos 378 dias de idade, medidas corporais e perímetro escrotal de machos Nelore de Sertãozinho, SP. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v. 30, n. 1, p. 56-65, 2001.

DIAS, L. T.; ELFARO, L.; ALBUQUERQUE, L. G. Estimativas de Herdabilidade para Idade ao Primeiro Parto de Novilhas da Raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v. 33, n. 1, p. 97-102, 2004.

DOBSON, A. J. Na introduction to generalized linear models. Melbourne: Chapman and Hall, 1990. 174 p.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4. ed. Harlow: Longman House, 1996. p. 318 – 321.

FARIA, C. U.; MAGNABOSCO, C. U.; REYES, A.; LÔBO, R. B.; BEZERRA, L. A. F.; SAINZ, R. D. Bayesian inference on field data for genetic parameters for some reproductive and related traits of Nelore cattle (*Bos indicus*). **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 30, n. 2, 2007.

FERRAZ FILHO, P. B.; RAMOS, A. A.; SILVA, L. O. C.; SOUZA, J. C.; ALENCAR, M. M. Herdabilidade e correlações genéticas, fenotípicas e ambientais para pesos em diferentes idades de bovinos da raça Tabapuã. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 65-69, 2002.

FRIDRICH, A. B.; SILVA, M. A.; FRIDRICH, D.; CORRÊA, G. S. S.; SILVA, L. O. C.; SAKAGUTI, E. S.; FERREIRA, I. C.; VALENTE, B. D. Interação genótipo x ambiente e estimativas de parâmetros genéticos de características ponderais de bovinos Tabapuã. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 57, n. 5, p. 663-672, 2005.

GROSSI, D. A.; FRIZZAS, 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**, Oxford, v. 117, p. 139-146, 2008.

GROSSI, D. A.; VENTURINI, G. C.; PAZ, C. C. P.; BEZERRA, L. A. F.; LOBO, 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 of Animal Breeding and Genetics**, Malden, v. 126, p. 387-393, 2009.

GUIMARÃES, L. B.; FERRAZ FILHO, P. B.; SOUZA, J. C.; SILVA, L. O. C. Aspectos genéticos e de ambiente sobre pesos pré e pós desmama em bovinos da raça Tabapuã na região pecuária Oeste São Paulo – Paraná. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 109-119, 2003.

GUTIÉRREZ, J. P.; ALVAREZ, I.; FERNÁNDEZ, I.; ROYO, L. J.; DÍEZ, J.; GOYACHE, F. Genetic relationships between calving date, calving interval, age at first calving and type traits in beef cattle. **Livestock Production Science**, Oxford, n. 78, p. 215 – 222, 2002.

GUTIÉRREZ, J. P.; GOYACHE, F.; FERNÁNDEZ, I.; ALVAREZ, I.; ROYO, L. J. Genetic relationships among calving ease, calving interval, birth weight, and weaning weight in the Asturiana de los Valles beef cattle breed. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, p. 69 – 75, 2007.

KRUPA, E.; WOLFOVÁ, M. ; PEŠKOVIČOVÁ, D. ; HUBA, J. ; KRUPOVÁ, Z. Economic values of traits for Slovakian Pied cattle under different marketing strategies. **Czech Journal of Animal Science**, Praga, v. 10, p. 483 – 492, 2005.

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, n. 1, p. 143 – 152, 2011.

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

LÔBO, R. B.; BEZERRA, L. A. F.; OLIVEIRA, H. N.; GARNERO, A. V.; SCHWENGBER, E. B.; MARCONDES, C. R. **Avaliação genética de animais jovens, touros e matrizes**. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo/GEMAC, 2000.

MALHADO, C. H. M.; CARNEIRO, P. L. S.; MALHADO, A. C. M; MARTINS FILHO, R.; BOZZI, R.; LADLE R. J. Genetic improvement and population structure of the Nelore breed in Northern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n. 10, p. 1109-1116, 2010.

MCMANUS, C. SAUERESSIG, M. G.; FALCÃO, R. A.; SERRANO, G. MARCELINO, K. R. A.; PALUDO, G. R. Componentes Reprodutivos e Produtivos no Rebanho de Corte da Embrapa Cerrados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v. 32, n. 2, p. 648 – 657, 2002.

MERCADANTE, M. E. Z.; LÔBO, R. B.; OLIVEIRA, H. N. Estimativas de (Co)Variâncias entre Características de Reprodução e de Crescimento em Fêmeas de um Rebanho Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v. 29, n. 4, p. 997 -1004, 2000.

MEYER, K. WOMBAT—A tool for mixed model analyses in quantitative genetics by restricted maximum likelihood (REML). **Journal of Zhejiang University Science B**, Hangzhou, v. 8, n. 11, p. 815-821, 2007.

PANETO, J. C. C.; FERRAZ, J. B. S.; BALIEIRO, J. C. C.; BITTAR, J. F. F.; FERREIRA, M. B. D.; LEITE, M. B.; MERIGHE, G. K. F.; MEIRELLES, F. V. Bos indicus or Bos taurus mitochondrial DNA - comparison of productive and reproductive breeding values in a Guzerat dairy herd. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 7, n. 3, p. 592 – 602, 2008.

PANETTO, J. C. C.; GUTIÉRREZ, J. P.; FERRAZ, J. B. S.; CUNHA, D. G.; GOLDEN, B. L. Assessment of inbreeding depression in a Guzerat dairy herd: effects of individual increase in inbreeding coefficients on production and reproduction. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.93, p. 4902 – 4912, 2010.

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

PEREIRA, J.C.C.; RIBEIRO, S.H.A.; SILVA, M.A.; BERGMANN, J.A.G.; COSTA, M.D. Análise genética de características ponderais e reprodutivas de fêmeas bovinas Tabapuã. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.57, supl.2, p.231-236, 2005.

RENQUIST, B. J.; OLTJEN, J. W.; SAINZ, R. D.; CALVERT, C. C. Relationship between body condition score and production of multiparous beef cows. **Livestock Science**, Oxford, v. 104, p. 147 – 155, 2006.

RIBEIRO, M.N.; PIMENTA FILHO, E.C.; MARTINS, G.A.; SARMENTO, J.L.R.; MARTINS FILHO, R. Herdabilidade pra efeitos direto e materno de características de crescimento de bovinos Nelore no estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v.4, n.30, p. 1224-1227, 2001.

RIBEIRO, S. H. A.; PEREIRA, J. C. C.; VERNEQUE, R. S.; SILVA, M. A.; BERGMANN, J. A. G.; MARQUES, F. S. Estudo genético-quantitativo de características de crescimento na raça Tabapuã. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 2, p. 473 – 480, 2007.

ROSA, A. N. **Variabilidade fenotípica e genética do peso adulto e da produtividade acumulada de matrizes em rebanhos de seleção da raça Nelore no Brasil**. 1999. 143 f. Dissertação (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 1999.

ROSO, V. M.; SCHENKEL, F. S. Amc – a computer program to assess the degree of Connectedness among contemporary groups. In: World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 8., 2006, Belo Horizonte. **Anais eletrônicos do 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production**, Belo Horizonte, 2006. Disponível em: <<http://www.cabi.org/cabdirect/FullTextPDF/2006/20063170108.pdf>>. Acesso em: 15 de abril de 2014.

RUAS, J. R. M.; TORRES, C. A. A.; BORGES, L. E.; MARCATTI NETO, A.; MACHADO G. V.; BORGES, A. M. Efeito da suplementação protéica a pasto sobre eficiência reprodutiva e concentrações sanguíneas de colesterol, glicose e uréia, em vacas Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v. 29, n. 6, p. 2043-2050, 2000.

SAKAGUTI, E. S.; SILVA, M. A.; QUAAS, R. L.; MARTINS, E. N.; LOPES, P. S.; SILVA, L. O. C. Avaliação do Crescimento de Bovinos Jovens da Raça Tabapuã, por Meio de Análises de Funções de Covariâncias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v. 32, n. 4, p. 864 – 874, 2003.

SANTANA JÚNIOR, M. L.; LOPES, P. S.; VERNEQUE, R. S.; PEREIRA, R. J.; LAGROTTA, M. R.; PEIXOTO, M. G. C. D. Parâmetros genéticos de características reprodutivas de touros e vacas Gir leiteiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v. 39, n. 8, p. 1717 – 1722, 2010.

SANT'ANNA, A. C.; PARANHOS DA COSTA, M. J.; BALDI, F.; RUEDA, P. M.; ALBUQUERQUE, L. G. Genetic associations between flight speed and growth traits in Nellore cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 90, n. 10, p. 3427 – 3432, 2012.

SANTIAGO, A. A. **O zebu na Índia, no Brasil e no mundo**. Campinas: Instituto campineiro de ensino agrícola, 1985. 744p.

SCHWENGBER, E. B.; BEZERRA, L. A. F.; LÔBO, R. B. Produtividade acumulada como critério de seleção em fêmeas da raça Nelore. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 3, p. 483-486, 2001.

SEGURA-CORREA, J. C.; CHIN-COLLI, R. C.; MAGAÑA-MONFORTE, J. G.; NÚÑEZ- DOMÍNGUEZ, R. Genetic parameters for birth weight, weaning weight and age at first calving in Brown Swiss cattle in Mexico. **Tropical Animal Health and Production**, Edinburgh, v. 44, p. 337-341, 2012.

SILVEIRA, J. C.; MCMANUS, C.; MASCIOLI, A. S.; SILVA, L. O. C.; SILVEIRA, A. C.; GARCIA, J. A. S.; LOUVANDINI, H. Fatores Ambientais e Parâmetros Genéticos para Características Produtivas e Reprodutivas em um Rebanho Nelore no Estado do Mato Grosso do Sul. **Revista brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v. 33, n. 6, p. 1431 – 1444, 2004.

SOUZA, M. C. A.; FERRAZ FILHO, P. B.; SILVA, L. O. C.; SOUZA, J. C.; MALHADO, C. H. M. Efeitos genéticos e ambientais sobre pesos à desmama de bovinos da raça Nelore Mocha, na região pecuária Oeste São Paulo – Paraná. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 9, n. 2, 2004.

TOSH, J. J.; WILTON, J. W. Effects of data structure on variance of prediction error and accuracy of genetic evaluation. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, p. 2568 – 2577, 1994.

VENTURA, R.V.; SILVA, M.A.; MEDEIROS, T.H.; DIONELLO, N.L.; MADALENA, F.E.; FRIDRICH, A.B.; VALENTE, B.D.; SANTOS, G.G.; FREITAS, L.S.; WENCESLAU, R.R.; FELIPE, V.P.S.; CORRÊA, G.S.S. Uso de redes neurais artificiais na predição de valores genéticos para peso aos 205 dias em bovinos da raça Tabapuã. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.64, n.2, p.411-418, 2012.

VERGARA, O. D.; ELZO, M. A.; CERÓN-MUÑOZ, M. F. Genetic parameters and genetic trends for age at first calving and calving interval in an Angus-Blanco Orejinegro-Zebu multibreed cattle population in Colombia. **Livestock Science**, Oxford, v. 126, p. 318 – 322, 2009.

YOKOO, M. J.; MAGNABOSCO, C. U.; ROSA, G. J. M.; LÔBO, R. B.; ALBUQUERQUE, L. G. Características reprodutivas e suas associações com outras características de importância econômica na raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 64, n. 1, p. 91 – 100, 2012.

CAPÍTULO 4 - IMPLICAÇÕES GERAIS

A participação dos produtores de bovinos Tabapuã em programas de melhoramento genético da raça é importante para melhorar o desempenho das características estudadas. No entanto, os produtores devem evitar o uso intensivo de poucos reprodutores, devido ao pequeno tamanho efetivo observado para a última geração e devem introduzir novos reprodutores em seus rebanhos, para que seja possível aumentar a variabilidade genética na população. Também deve-se evitar acasalamento entre animais aparentados a fim de impedir o possível efeito da endogamia sobre as características.

As características de P210, IPP e PAC podem responder favoravelmente ao processo de seleção, dessa maneira, recomenda-se a inclusão destas como critério de seleção para a população estudada. A ausência de evolução nas tendências genéticas para as características estudadas podem ser em parte devido ao aumento do coeficiente de endogamia médio da população ao longo dos anos, causando perda de variabilidade genética e consequente depressão endogâmica.

A continuidade dos estudos de estimação de parâmetros populacionais e genéticos e tendências genéticas com maior número de dados e de gerações posteriores deve ser estimulada, a fim de fornecer suporte ao programa de melhoramento da raça Tabapuã e monitorar o impacto que sua implantação pode exercer no desempenho produtivo e reprodutivo destes animais.

APÊNDICES

Apêndice 1. Distribuição da frequência e porcentagem de vacas de acordo com o número de partos utilizado para a realização do cálculo de intervalo de partos médio (IPM) para a raça Tabapuã

Número de partos	Frequência	Porcentagem
2	867	33,58
3	631	24,44
4	420	16,27
5	295	11,43
6	162	6,27
7	102	3,95
8	62	2,40
9	24	0,93
10	13	0,50
11	6	0,23

Apêndice 3. Resumo da análise de variância para peso ao desmame ajustado para 210 dias de idade (P210) em bovinos da raça Tabapuã.

Fonte de Variação	GL	QM	F	R ²	CV (%)
IVP-linear	1	42447,43	96,80**	0,22	12,88
IVP-quadrático	1	44440,55	101,35**		
GC	140	5068,09	11,56**		

IVP – idade da vaca ao parto; GC – grupo de contemporâneos; GL – graus de liberdade; QM – quadrado médio; F – F calculado; R² – coeficiente de determinação; CV – Coeficiente de variação; **($p < 0,0001$)

Apêndice 4. Resumo da análise de variância para idade ao primeiro parto (IPP) em bovinos da raça Tabapuã.

Fonte de Variação	GL	QM	F	R ²	CV (%)
GC	200	262,68	12,71**	0,35	12,14

GC – grupo de contemporâneos; GL – graus de liberdade; QM – quadrado médio; F – F calculado; R² – coeficiente de determinação; CV – Coeficiente de variação; **($p < 0,0001$); *($p < 0,05$)

Apêndice 5. Resumo da análise de variância para intervalo de partos médio (IPM) em bovinos da raça Tabapuã.

Fonte de Variação	GL	QM	F	R ²	CV (%)
GC	155	35247,66	4,65**	0,23	17,23

GC – grupo de contemporâneos; GL – graus de liberdade; QM – quadrado médio; F – F calculado; R² – coeficiente de determinação; CV – Coeficiente de variação; **($p < 0,0001$)

Apêndice 6. Resumo da análise de variância para primeiro intervalo de partos (IP1) em bovinos da raça Tabapuã.

Fonte de Variação	GL	QM	F	R ²	CV (%)
IPP-linear	1	90849,80	7,32*	0,20	21,25
IPP-quadrático	1	128281,65	10,33*		
GC	156	45860,21	3,69**		

IPP – idade ao primeiro parto; GC – grupo de contemporâneos; GL – graus de liberdade; QM – quadrado médio; F – F calculado; R² – coeficiente de determinação; CV – Coeficiente de variação; **($P < 0,0001$); *($P < 0,01$)

Apêndice 7. Resumo da análise de variância para produtividade acumulada (PAC) em bovinos da raça Tabapuã.

Fonte de Variação	GL	QM	F	R ²	CV (%)
GC	64	4765,10	8,92	0,37**	15,97

GC – grupo de contemporâneos; GL – graus de liberdade; QM – quadrado médio; F – F calculado; R² – coeficiente de determinação; CV – Coeficiente de variação; **($P < 0,0001$)