

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
Colegiado dos Cursos de Pós-Graduação**

**FATORES AMBIENTES E GENÉTICOS DO PERÍMETRO
ESCROTAL E DA IDADE AO PRIMEIRO PARTO EM
NOVILHAS NELORE DESAFIADAS TRADICIONAL OU
PRECOCEMENTE**

SELMOS LUIZ GRESSLER

**Belo Horizonte
UFMG - Escola de Veterinária
2004**

SELMOS LUIZ GRESSLER

**FATORES AMBIENTES E GENÉTICOS DO PERÍMETRO
ESCROTAL E DA IDADE AO PRIMEIRO PARTO EM
NOVILHAS NELORE DESAFIADAS TRADICIONAL OU
PRECOCEMENTE**

Tese apresentada à Escola de Veterinária da Universidade
Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para
obtenção de grau de Doutor em Ciência Animal

Área de concentração: Genética e Melhoramento Animal
Orientador: Prof. Jose Aurélio Garcia Bergmann

**BELO HORIZONTE
ESCOLA DE VETERINÁRIA - UFMG
2004**

G832f Gressler, Selmos Luiz, 1967-

Fatores ambientais e genéticos do perímetro escrotal e da idade ao primeiro parto em novilhas Nelore desafiadas tradicional ou precocemente / Selmos Luiz Gressler. - 2004. 139 p. : il.

Orientador: José Aurélio Garcia Bergmann

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária

Inclui bibliografia

1. Nelore (Zebu) – Reprodução – Aspectos genéticos – Teses. 2. Nelore (Zebu) – Reprodução – Fatores ambientais – Teses. 3. Testículos – Medição – Teses. I. Bergmann, José Aurélio Garcia, 1954- II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título.

CDD – 636.291 082

Tese de Doutorado do Médico Veterinário Selmos Luiz Gressler defendida e aprovada em 18 de outubro de 2004, pela Comissão Examinadora constituída por:

Prof. José Aurélio Garcia Bergmann
Orientador

Prof. Jonas Carlos Campos Pereira

Prof. Martinho de Almeida e Silva

Prof. Robledo de Almeida Torres

Prof. Raysildo Barbosa Lôbo

DEDICATÓRIA

À minha querida esposa, Gisa, aos meus filhos, Stefani Cristina, Matheus Henrique e Rodrigo Augusto, que, com paciência e amor, souberam suportar momentos difíceis, estando sempre a meu lado, tornaram a vida possível e cheia de alegrias.

Aos meus pais, Orlando e Lori, e minha irmã, Sandra Christina, pela vida maravilhosa, e pelo eterno apoio, sem o qual as dificuldades seriam intransponíveis.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. José Aurélio Garcia Bergmann, pela confiança, ensinamentos, amizade e compreensão. “Um muito obrigado é pouco para expressar minha gratidão”. Nem mesmo milhões de agradecimentos seriam suficientes.

Ao professor e amigo Jonas Carlos Campos Pereira pelos conhecimentos e sua grande amabilidade. Serei sempre grato.

Aos Professores Robledo de A. Torres, Martinho de A. e Silva e Fernando E. Madalena pelas sugestões e muitos ensinamentos.

Ao professor Raysildo Barbosa Lôbo pelos conhecimentos transmitidos, colaboração e cessão dos dados, sem os quais não seria possível este trabalho.

A professora Vania Maldini Penna pelas palavras de incentivo que estimularam a realização deste trabalho.

Agradecimento muito especial a Mestre em zootecnia Maria Gizelma M. Gressler pelas sugestões, colaboração e apoio em todas as horas do dia.

Sou eternamente grato a Lori Alice e Orlando Gressler pela força, incentivo e apoio financeiro.

Agradecimento especial aos professores Luiz Antônio F. Bezerra, Roberta L. P. Gestal de Siqueira por suas informações valiosas.

A Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP) e, aos empresários rurais cujo trabalho gerou os dados e informações imprescindíveis para esta tese.

Aos demais professores e funcionários da UFMG, pelos ensinamentos dispensados no decorrer do curso.

Ao Dr. Luiz Alberto Fries pela presteza em fornecer e ceder o uso do algoritmo MILC.FOR, bem como sua ajuda quando necessário.

Ao Governo e à sociedade do Brasil que apoiaram financeiramente este trabalho.

Ao amigo virtual que certamente tornou-se real Jaime Araujo Cobuci. Talvez um dia poderemos nos conhecer pessoalmente.

Aos colegas e amigos de pós-graduação, principalmente ao Octávio, Ângela, Ronaldo, Isabel, Fabio e Dulcinéia pela amizade.

A professora Luiza M. Vasconcelos nosso sincero agradecimento pela ajuda prestada na revisão lingüística.

O dia a dia ficou mais fácil, obrigado Maria Eleonora M. N. Silva.

Devo muito a um grande número de pessoas e minha gratidão é imensa, por ter recebido não apenas conhecimentos, mas igualmente estímulo e amizade.

Se Deus existir, dentro de cada um de nós, gostaria de agradecê-lo por zelar e cuidar das minhas famílias, aquela distante e aquela que esteve sempre perto. Sou grato por termos vivido cada ano, mês, dia, hora, minuto, segundo... com muita saúde e paz.

“A coisa mais difícil de compreender é por que conseguimos compreender alguma coisa.”

Albert Einstein

“Se pudesse viver novamente a minha vida, na próxima cometeria mais erros.

Não tentaria ser tão perfeito, relaxaria mais.

Seria mais tolo do que tenho sido, na verdade bem poucas coisas levaria a sério.

Seria menos higiénico.

Correria mais riscos, viajaria mais, contemplaria mais entardeceres, subiria mais montanhas, nadaria em mais rios.

Iria a mais lugares aonde nunca fui, (...), teria mais problemas reais e menos problemas imaginários.

Eu fui dessas pessoas que viveram sensata e produtivamente cada minuto da sua vida; claro que tive momentos de alegria.

Mas se pudesse voltar a viver, procuraria ter somente bons momentos

Porque, se não sabem, disso é feita a vida, só de momentos; não percam o agora.(...)”

J. L. Borges

“Não quero viver para sempre por intermédio de minhas obras. Quero viver para sempre não morrendo.”

Woody Allen

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	13
LISTA DE FIGURAS	15
LISTA DE APÊNDICES	16
PRÓLOGO	21
CAPÍTULO I – REVISÃO DE ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA O PERÍMETRO ESCROTAL E A IDADE AO PRIMEIRO PARTO DE ANIMAIS NELORE.....	27
RESUMO	28
ABSTRACT	29
1.4. INTRODUÇÃO	30
1.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	30
1.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
1.3.1. Perímetro escrotal.....	31
1.3.2. Idade ao primeiro parto	38
1.4. CONCLUSÕES.....	43
CAPÍTULO II – AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DOS FATORES DE AMBIENTE E ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA A IDADE AO PRIMEIRO PARTO DE NOVILHAS NELORE DESAFIADAS PRECOCE OU TRADICIONALMENTE.....	47
RESUMO	48
ABSTRACT	49
2.1. INTRODUÇÃO.....	50
2.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	50
2.2.1. Material	50
2.2.2. Métodos.....	53
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
2.4. CONCLUSÕES.....	63

CAPÍTULO III – AVALIAÇÃO DOS FATORES DE AMBIENTE E ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA O PERÍMETRO ESCROTAL DE MACHOS DA RAÇA NELORE MEDIDOS EM TRÊS DIFERENTES IDADES, SOB DIVERSOS MODELOS	67
RESUMO	68
ABSTRACT	69
3.1. INTRODUÇÃO.....	70
3.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	70
3.2.1. Material	70
3.2.2. Métodos.....	72
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	75
3.4. CONCLUSÕES.....	86
CAPÍTULO IV - AVALIAÇÃO DAS ASSOCIAÇÕES GENÉTICAS ENTRE O PERÍMETRO ESCROTAL E A IDADE AO PRIMEIRO PARTO DE NOVILHAS DA RAÇA NELORE DESAFIADAS TRADICIONAL OU PRECOCAMENTE, SOB DIVERSOS MODELOS	89
RESUMO	90
ABSTRACT	91
4.1. INTRODUÇÃO.....	92
4.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	92
4.2.1. Material	92
4.2.2. Métodos.....	94
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	96
4.4. CONCLUSÕES.....	113
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115
APENDICES.....	127
APENDICE A - Análises das variâncias da idade ao primeiro parto	127
APENDICE B - Análises das variâncias do perimetro escrotal	130
APENDICE C - Parâmetros genéticos das características estudadas	133

LISTA DE TABELAS

Tabela – 1.1. Número de observações (N) e perímetro escrotal (PE) medido próximo aos 365 dias de idade, em animais Nelore, segundo vários autores.....	32
Tabela – 1.2. Número de observações (N) e perímetro escrotal (PE) medido, aproximadamente, aos 450 dias de idade em animais Nelore, segundo vários autores.....	32
Tabela – 1.3. Número de observações (N) e perímetro escrotal (PE) medido próximo aos 550 dias de idade em animais da raça Nelore, segundo vários autores	33
Tabela – 1.4. Número de observações (N), estimativas de herdabilidade (h^2) e de erros padrão (EP) do perímetro escrotal ¹ , sob diferentes modelos, e idade média para animais Nelore, segundo vários autores	35
Tabela – 1.5. Estimativas dos coeficientes de correlação genética aditiva (r_A) entre o perímetro escrotal (PE) e a idade ao primeiro parto (IPP) de animais Nelore	36
Tabela – 1.6. Estimativas do coeficiente de correlação genética aditiva (r_A) entre o perímetro escrotal (PE) e características de crescimento	37
Tabela – 1.7. Número de observações (N) e idade média ao primeiro parto (IPP) de animais Nelore, segundo vários autores	39
Tabela – 1.7. Número de observações (N) e idade média ao primeiro parto (IPP) de animais Nelore, segundo vários autores (continuação)	40
Tabela – 1.8. Estimativas de herdabilidade e erro-padrão ($h^2 \pm E.P$) para idade ao primeiro parto de animais Nelore, segundo diversos autores.....	41
Tabela – 1.9. Estimativas dos coeficientes de correlação genética aditiva (r_A) entre a idade ao primeiro parto e características de crescimento	42
Tabela – 2.1. Estrutura dos arquivos finais utilizados nas análises	52
Tabela – 2.2. Descrição dos modelos para análise da idade ao primeiro parto, segundo diversos arquivos	56
Tabela – 2.3. Médias, desvios padrão, coeficientes de variação (CV) e amplitudes da idade ao primeiro parto nos diversos arquivos analisados, após as consistências e análises de conexidade	56
Tabela – 2.4. Médias ajustadas pelo método dos quadrados mínimos, erros padrão (EP) e número de observações para a idade ao primeiro parto em animais da raça Nelore, de acordo com o manejo reprodutivo em arquivos e modelos diferentes	60
Tabela – 2.5. Médias ajustadas pelo método dos quadrados mínimos, erros padrão (EP) e número de observações para o peso ajustado aos 365 dias de idade em animais da raça Nelore, de acordo com o manejo reprodutivo em arquivos diferentes.....	60
Tabela – 2.6. Estimativas de herdabilidade (h^2) $\pm$ erros padrão (EP), e componentes de variância para a idade ao primeiro parto, usando diversos modelos.....	62

Tabela – 3.1. Estrutura dos arquivos, finais utilizados nas análises	72
Tabela – 3.2. Sumário dos modelos, efeitos fixos e (co) variáveis para as características analisadas em cada um dos 9 arquivos finais	76
Tabela – 3.3. Médias, desvios padrão, coeficientes de variação (CV) e amplitudes da idade ao primeiro parto nos diversos arquivos analisados após as consistências e análises de conexidade	79
Tabela – 3.4. Estimativas de herdabilidade (h^2) $\pm$ erros padrão (EP), e componentes de variância para o perímetro escrotal (PE) ajustado aos 365, 455 e 550 dias de idade através de diversos modelos	85
Tabela – 4.1. Estrutura dos arquivos utilizados nas análises para características reprodutivas de machos e fêmeas Nelore.....	93
Tabela – 4.2. Sumário dos modelos utilizados	97
Tabela – 4.3. Estimativas de herdabilidade, correlações genéticas e componentes de (co)variância, provenientes das análises conjuntas entre o peso padronizado aos 365 dias de idade (PF, variável 1) e a idade ao primeiro parto (IPP, IPPT e IPPP, variável 2), por meio de diversos modelos (entre parênteses).....	98
Tabela – 4.4. Estimativas de herdabilidade, correlações genéticas e componentes de (co)variância, provenientes das análises conjuntas entre o peso padronizado aos 365 dias de idade (PM, variável 1) e o perímetro escrotal ajustado para 365, 455 e 550 dias de idade (PE365, PE455 e PE550, variável 2), por meio de diversos modelos (entre parênteses).....	99
Tabela – 4.5. Estimativas de herdabilidade, correlações genéticas e componentes de (co)variância, provenientes das análises conjuntas entre o ganho de peso entre as idades padrão (GM, variável 1) e o perímetro escrotal ajustado para 365, 455 e 550 dias de idade (PE365, PE455 e PE550, variável 2) por meio de diversos modelos (entre parênteses).....	101
Tabela – 4.6. Estimativas de correlação genética entre o perímetro escrotal e a idade ao primeiro parto obtidas por meio de diversos modelos (entre parênteses)	103
Tabela – 4.7. Médias das estimativas de correlação genética entre o perímetro escrotal e a idade ao primeiro parto mediante diversos modelos (entre parênteses).....	106
Tabela – 4.8. Médias das estimativas de correlação genética entre o perímetro escrotal e a idade ao primeiro parto por meio de diversos modelos (entre parênteses)	107
Tabela – 4.9. Estimativas de herdabilidade, correlações genéticas e componentes de (co)variância, provenientes da análise conjunta da idade ao primeiro parto incluída nos arquivos IPPT (variável 1) e IPPP (variável 2), por meio de diversos modelos ¹ (entre parênteses)	109
Tabela – 4.10. Estimativa da eficiência relativa da resposta indireta decorrente da seleção para perímetro escrotal ¹ versus resposta direta decorrente da seleção ² para características reprodutivas observadas em fêmeas bovinas da raça Nelore e médias aritméticas (modelos entre parênteses).....	111
Tabela – 4.11. Estimativa da resposta indireta ¹ e direta decorrente de uma geração de seleção de animais da raça Nelore (modelos entre parênteses).....	112

LISTA DE FIGURAS

Figura – 2.1. Regressão das médias da idade ao primeiro parto (arquivo IPPT, modelo 5) ajustadas pelo método dos quadrados mínimos sobre o peso padronizado aos 365 dias de idade de fêmeas Nelore.....	57
Figura – 2.2. Regressão das médias da idade ao primeiro parto (arquivo IPPP, modelo 7) ajustadas pelo método dos quadrados mínimos sobre o peso padronizado aos 365 dias de idade de animais da raça Nelore	58
Figura – 3.1. Regressão ¹ das médias do perímetro escrotal, ajustadas pelo método dos quadrados mínimos, (arquivos PE365, PE455 e PE550, modelos 1, 4 e 7, respectivamente) em relação a idade da vaca de animais da raça Nelore.....	80
Figura – 3.2. Regressão ¹ das médias do perímetro escrotal ajustadas pelo método dos quadrados mínimos (arquivos PE365, PE455 e PE550, modelos 2, 5 e 8 respectivamente) em relação ao peso ajustado à idade padrão correspondente de animais da raça Nelore.....	81
Figura – 3.3. Regressão ¹ das médias do perímetro escrotal ajustadas pelo método dos quadrados mínimos (arquivos PE365, PE455 e PE550, modelos 3, 6 e 9 respectivamente) em relação ao ganho de peso entre as idades de 210 e 365, 365 e 455, 455 e 550 dias de animais da raça Nelore	82

LISTA DE APÊNDICES

Tabela – A.1. Análise da variância correspondente a 4983 observações para idade ao primeiro parto, modelo 1, em animais da raça Nelore do arquivo IPP.....	127
Tabela – A.2. Análise da variância correspondente a 4983 observações para idade ao primeiro parto, modelo 2, em animais da raça Nelore do arquivo IPP.....	127
Tabela – A.3. Análise da variância correspondente a 4983 observações para idade ao primeiro parto, modelo 3, em animais da raça Nelore do arquivo IPP.....	127
Tabela – A.4. Análise da variância correspondente a 4983 observações para idade ao primeiro parto, modelo 4, em animais da raça Nelore do arquivo IPP.....	128
Tabela – A.5. Análise da variância correspondente a 3373 observações para idade ao primeiro parto, modelo 5, em animais da raça Nelore do arquivo IPPT	128
Tabela – A.6. Análise da variância correspondente a 3373 observações para idade ao primeiro parto, modelo 6, em animais da raça Nelore do arquivo IPPT	128
Tabela – A.7. Análise da variância correspondente a 1533 observações para idade ao primeiro parto, modelo 7, em animais da raça Nelore do arquivo IPPP	129
Tabela – A.8. Análise da variância correspondente a 1533 observações para idade ao primeiro parto, modelo 8, em animais da raça Nelore do arquivo IPPP	129
Tabela – A.9. Análise da variância correspondente a 1533 observações para idade ao primeiro parto, modelo 9, em animais da raça Nelore do arquivo IPPP	129
Tabela – B.1. Análise da variância correspondente a 8564 observações para perímetro escrotal, modelo 1, em animais da raça Nelore do arquivo PE365.....	130
Tabela – B.2. Análise da variância correspondente a 8564 observações para perímetro escrotal, modelo 2, em animais da raça Nelore do arquivo PE365.....	130
Tabela – B.3. Análise da variância correspondente a 8564 observações para perímetro escrotal, modelo 3, em animais da raça Nelore do arquivo PE365.....	130
Tabela – B.4. Análise da variância correspondente a 7563 observações para perímetro escrotal, modelo 4, em animais da raça Nelore do arquivo PE455.....	131
Tabela – B.5. Análise da variância correspondente a 7563 observações para perímetro escrotal, modelo 5, em animais da raça Nelore do arquivo PE455.....	131
Tabela – B.6. Análise da variância correspondente a 7563 observações para perímetro escrotal, modelo 6, em animais da raça Nelore do arquivo PE455.....	131
Tabela – B.7. Análise da variância correspondente a 4447 observações para perímetro escrotal, modelo 7, em animais da raça Nelore do arquivo PE550.....	132

Tabela – B.8. Análise da variância correspondente a 4447 observações para perímetro escrotal, modelo 8, em animais da raça Nelore do arquivo PE550.....	132
Tabela – B.9. Análise da variância correspondente a 4447 observações para perímetro escrotal, modelo 9, em animais da raça Nelore do arquivo PE550.....	132
Tabela – C.1. Estimativas de herdabilidades, correlações genéticas e componentes de (co)variância, provenientes da análise conjunta, entre o perímetro escrotal ajustado aos 365 dias de idade (PE365, variável 1) e a idade ao primeiro parto (IPP, IPPT e IPPP, variável 2) por meio de diversos modelos (entre parênteses)	133
Tabela – C.2. Estimativas de herdabilidades, correlações genéticas e componentes de (co)variância, proveniente da análise conjunta, entre o perímetro escrotal ajustado aos 365 dias de idade (PE365, variável 1) e a idade ao primeiro parto (IPP, IPPT e IPPP, variável 2) por meio de diversos modelos (entre parênteses)	133
Tabela – C.3. Estimativas de herdabilidades, correlações genéticas e componentes de (co)variância, provenientes das análises conjuntas, entre o perímetro escrotal ajustado aos 365 dias de idade (PE365, variável 1) e a idade ao primeiro parto (IPP, IPPT e IPPP, variável 2) por meio de diversos modelos (entre parênteses)	134
Tabela – C.4. Estimativas de herdabilidades, correlações genéticas e componentes de (co)variância, provenientes das análises conjuntas, entre o perímetro escrotal ajustado aos 455 dias de idade (PE455, variável 1) e a idade ao primeiro parto (IPP, IPPT e IPPP, variável 2) por meio de diversos modelos (entre parênteses).	134
Tabela – C.5. Estimativas de herdabilidades, correlações genéticas e componentes de (co)variância, provenientes das análises conjuntas, entre o perímetro escrotal ajustado aos 455 dias de idade (PE455, variável 1) e a idade ao primeiro parto (IPP, IPPT e IPPP, variável 2) por meio de diversos modelos (entre parênteses)	135
Tabela – C.6. Estimativas de herdabilidades, correlações genéticas e componentes de (co)variância, provenientes das análises conjuntas, entre o perímetro escrotal ajustado aos 550 dias de idade (PE455, variável 1) e a idade ao primeiro parto (IPP, IPPT e IPPP, variável 2) por meio de diversos modelos (entre parênteses)	135
Tabela – C.7. Estimativas de herdabilidades, correlações genéticas e componentes de (co)variância, provenientes das análises conjuntas, entre o perímetro escrotal ajustado aos 550 dias de idade (PE550, variável 1) e a idade ao primeiro parto (IPP, IPPT e IPPP, variável 2) por meio de diversos modelos (entre parênteses)	136
Tabela – C.8. Estimativas de herdabilidade, correlações genéticas e componentes de (co)variância, provenientes das análises conjuntas, entre o perímetro escrotal ajustado aos 550 dias de idade (PE550, variável 1) e a idade ao primeiro parto (IPP, IPPT e IPPP, variável 2) por meio de diversos modelos (entre parênteses)	136
Tabela – C.9. Estimativas de herdabilidades, correlações genéticas e componentes de (co)variância, provenientes das análises conjuntas, entre o perímetro escrotal ajustado aos 550 dias de idade (PE550, variável 1) e a idade ao primeiro parto (IPP, IPPT e IPPP, variável 2) por meio de diversos modelos (entre parênteses)	137
Tabela – C.10. Estimativas de herdabilidades, correlações genéticas e componentes de (co)variância, provenientes das análises conjuntas, entre o perímetro escrotal ajustado aos 365 dias de	

idade (PE365, variável 1) e o perímetro escrotal ajustado para 455 e 550 dias (PE455 e PE550, variável 2) por meio de diversos modelos (entre parênteses)	137
Tabela – C.11. Estimativas de herdabilidades, correlações genéticas e componentes de (co)variância, provenientes das análises conjuntas, entre o perímetro escrotal ajustado aos 365 dias de idade (PE365, variável 1) e o perímetro escrotal ajustado para 455 e 550 dias (PE455 e PE550, variável 2) por meio de diversos modelos (entre parênteses)	138
Tabela – C.12. Estimativas de herdabilidades, correlações genéticas e componentes de (co)variância, provenientes das análises conjuntas, entre o perímetro escrotal ajustado aos 365 dias de idade (PE365, variável 1) e o perímetro escrotal ajustado para 455 e 550 dias (PE455 e PE550 variável 2) por meio de diversos modelos (entre parênteses)	138
Tabela – C.13. Estimativas de herdabilidades, correlações genéticas e componentes de (co)variância, provenientes das análises conjuntas, entre o perímetro escrotal ajustado aos 455 dias de idade (PE455, variável 1) e o perímetro escrotal ajustado para 550 dias (PE550, variável 2) por meio de diversos modelos (entre parênteses).....	139



Joseph Wright; Experiência com uma bomba de ar 1768

Esse quadro de Wright é uma síntese dos interesses do século XVIII. A pintura retrata a reunião de amigos para observar uma experiência científica que demonstra o poder do homem sobre a vida e morte. A obra fornece material para nossa reflexão, como o pensador retratado à direita da pintura. O conhecimento científico e o uso das novas tecnologias, como os avanços da genética, podem ser utilizados ou não para benefício da humanidade e isso depende do senso crítico de quem utiliza essa tecnologia. Contudo, restringir o desenvolvimento científico seria limitar o futuro.

“Antigamente pensávamos que nosso futuro estava nos astros. Agora sabemos que ele está nos genes.”

James Watson

PRÓLOGO

Os índices de produtividade de rebanhos no Brasil são comumente comparados aos dos países desenvolvidos e chega-se a conclusões acerca do grande abismo que os separa, denunciando-se a utilização deficiente de tecnologia, recursos naturais e o baixo valor genético dos rebanhos nacionais. Contudo, seriam as comparações factíveis quando são adotados, conceitualmente, diferentes sistemas de produção? Nesse aspecto, possivelmente, seria, no mínimo, equivocado supor que sistemas diferentes pudessem ser comparados.

Todavia, essas comparações são importantes e ilustram diferenças profundas na utilização de tecnologia e dos recursos disponíveis. Os sistemas de produção adotados nos países desenvolvidos são baseados em amplas necessidades de recursos financeiros e tecnologias onerosas. No Brasil, o sistema de produção baseia-se na utilização de poucos recursos e tecnologia de baixo custo. Os subsídios agrícolas ilustram bem as diferenças de recursos econômicos existentes e adotados entre os países desenvolvidos e o Brasil. Enquanto, no Brasil, esses recursos são parcimoniosos, nos EUA e na União Européia são gastos, anualmente, 356 bilhões de dólares em subsídios agrícolas (Lacki, 2000). Além disso, barreiras comerciais, protecionismo, baixos juros de mercado, políticas agrícolas consistentes, ausência de conflitos fundiários, mercado consumidor com amplo poder aquisitivo, cadeia produtiva extremamente organizada, entre outros, beneficiam a adoção de sistema altamente produtivo alicerçado em sistema de produção que utiliza pacotes tecnológicos mais dispendiosos.

Contudo, seria extremamente simplista a visão baseada, apenas, na disponibilidade e uso desses escassos recursos como os responsáveis pela não adoção de tecnologias “avançadas” no Brasil. Possivelmente, uma conjunção complexa de fatores contribui, igualmente, para a adoção desses sistemas de baixo custo e disparidades nos indicadores de produtividade quando se compara o setor pecuário brasileiro com outros mais desenvolvidos. Entretanto, sua discussão

não é o propósito do presente trabalho. Cabe, entretanto, citar alguns aspectos da atividade agropecuária no Brasil: 1) baixo retorno e altos riscos; 2) baixo nível sócio-cultural dos proprietários e funcionários e seus paradigmas; 3) empresas agrícolas familiares de baixo nível profissional; 4) condições inadequadas de infraestrutura; 5) dificuldade de acesso à tecnologia e extensão rural deficiente; 6) inconstância dos planos econômicos; 7) inexistência de políticas agrícolas e graves problemas fundiários; 8) crescentes exigências ambientais e sócio-culturais; 9) mercado consumidor de baixo poder aquisitivo e cadeia produtiva da carne desorganizada.

Não obstante as dificuldades e sistemas de produção alicerçados em tecnologias simples e de baixo custo, possivelmente o Brasil encontrou sistemas de produção com vantagens competitivas. Os indicadores da atividade pecuária são impressionantes, levando-se em consideração a pequena utilização de recursos financeiros e tecnológicos, e os baixos índices de produtividade média. Nesse contexto, pode-se citar as projeções para 2003 do PIB (Produto Interno Bruto) da pecuária de R\$ 55,47 bilhões, considerando o acumulado do ano até setembro (CNA 2003); as exportações de aproximadamente 1,1 milhões de toneladas em equivalente carcaça que renderam US\$ 1,5 bilhões (ABIEC, 2003), e a liderança mundial no comércio internacional de carne em 2003 (Toledo, 2003). Além disso, segundo Pineda (2000), são mais de 200 milhões de hectares de pastagens, distribuídas em quase 1,8 milhões de propriedades, que empregam cerca de sete milhões de trabalhadores rurais, abatendo mais de 30 milhões de cabeças, em mais de 700 indústrias de carne e derivados, 100 indústrias de armazenagem, 55 mil estabelecimentos varejistas, 560 curtumes e 4.150 indústrias de calçados. Além do mais, os sistemas de produção nacional apresentam vantagens competitivas de preço, capazes de obter um novilho gordo ao redor de US\$ 300, frente a um mercado internacional que remunera acima de US\$ 1.000.

Contudo, os aspectos negativos ainda persistem, agravados por rápidas transformações socioeconômicas advindas da globalização. Segundo previsões, as mudanças que ocorrerão

nos próximos cinco anos serão maiores do que as dos últimos trinta. Novas exigências ambientais, sociais e sanitárias por parte do mercado consumidor tendem a modificar a atividade produtiva. Além disso, as recentes transformações na economia mundial mostram a fragilidade dos países emergentes frente à globalização (Lacki, 2000).

Euclides Filho (2000a) comenta que alguns fatores como a globalização da economia, o envelhecimento da população, as mudanças nos hábitos alimentares, a maior consciência do consumidor, as mudanças na composição da força de trabalho, a concentração da população em áreas urbanas e a exigência ambiental vêm estabelecer novos patamares para a pecuária brasileira. Desse modo, a atividade vem se transformando e se alicerçando, cada vez mais, na tecnologia. Pineda (2000) alerta que os pecuaristas devem absorver rapidamente as mudanças provocadas pela globalização, se quiserem sobreviver em sua atividade econômica.

Nesse contexto, é que, segundo Euclides Filho (1996), a pecuária se afasta, inexoravelmente, daquele empreendimento extrativista e aproxima-se, em maior ou menor grau, da tecnificação total. Nessas condições, ainda segundo este autor, aumenta-se o risco e diminui-se a margem de lucro. Assim sendo, qualquer tomada de decisão tem de ser criteriosamente avaliada.

Portanto, apesar das conquistas recentes e dos números impressionantes do setor pecuário brasileiro, persistem baixos índices zootécnicos médios, entre outros entraves à manutenção sustentada dessa importante atividade. Cabe, ao meio científico, propor soluções para essas demandas. Dentre as tecnologias de baixo custo que poderiam promover melhorias dos índices zootécnicos, destaca-se o melhoramento genético, por meio da seleção.

De acordo com Pereira (2001), são notórios os exemplos alcançados na produção animal em outros países, advindos, principalmente, da seleção e do melhoramento genético. A simples utilização de touros geneticamente superiores poderia promover resultados econômicos importantes.

Além disso, existe grande potencial genético para o melhoramento, visto que o rebanho nacional é composto de 80% de animais zebuínos que, praticamente, não sofreram grande pressão de seleção. Segundo Pereira (2001), isso implica dizer que o Zebu ainda é um autêntico manancial para seleção genética e é a base de um rebanho composto em mais de 160 milhões de cabeças.

De acordo com Bezerra (2003), o ganho econômico advindo da progênie de touros geneticamente superiores para o peso aos 450 dias de idade em relação aos outros touros, de valor genético médio, do programa de melhoramento genético da raça Nelore (PMGRN) seria de, aproximadamente, US\$ 5,00, considerando-se apenas o ano de 2003. Ou seja, se, durante o ano de 2003, apenas os touros geneticamente superiores tivessem sido utilizados nos rebanhos integrantes do PMGRN, haveria ganho equivalente ao aumento de 26% no valor da arroba para a progênie quando do seu abate. Levando-se em conta que são abatidas, atualmente, no Brasil, em torno de 35 milhões de cabeças por ano, haveria aumento do PIB pecuário de, aproximadamente, meio bilhão de reais, ou seja, 10%, em apenas uma geração. Além disso, o impacto presumível na pecuária nacional seria ainda maior, considerando que, atualmente, a utilização de touros com avaliação genética é baixa e, menor ainda, a utilização de touros geneticamente superiores. De acordo com Pereira (2001), seriam necessários 200 a 250 mil reprodutores anualmente para reposição nos rebanhos brasileiros de corte, e apenas 5% dessa demanda (12.674) possuiriam alguma avaliação genética. É preciso enfatizar que nem todos os animais registrados ou avaliados geneticamente são de mérito genético superior. Portanto, a avaliação genética, a seleção dos animais superiores e sua maior difusão trariam impacto permanente na pecuária nacional, a custos relativamente baixos e, mais importante, através da preservação do sistema de produção menos oneroso.

Segundo Euclides Filho (1999), atualmente, as avaliações genéticas têm tido demanda crescentes. Esta tem sido suprida por diversos programas que buscam, em última análise, a melhoria da produtividade. Neste sentido, trazem benefícios para a atividade pecuária. Entretanto, é necessário determinar os critérios

e os objetivos da seleção adequados às necessidades do setor pecuário. Assim, torna-se indispensável o uso, como critério de seleção, de características que apresentem variabilidade genética, que possam ser medidas de forma fácil e econômica e que tenham correlação genética favorável com outras características importantes. Nesse sentido, destacam-se os componentes da eficiência reprodutiva, como os relacionados com a fertilidade e a precocidade sexual. Do ponto de vista econômico, a eficiência reprodutiva é uma importante característica do sistema de produção. Do ponto de vista genético, é o aspecto mais restritivo para a adoção de programas de melhoramento, porque impõe limites às intensidades de seleção e, em consequência, reduz os ganhos genéticos. Assim, algumas características têm sido utilizadas com objetivo de aumentar a precocidade sexual e a fertilidade, como a idade ao primeiro parto nas fêmeas e o perímetro escrotal nos machos.

Recentemente, no Brasil, houve polêmica a respeito da seleção pelo perímetro escrotal como critério de seleção, particularmente em idade jovem (Unanian et al., 2000 e Unanian e Martinez, 2000). Entretanto, esses questionamentos referem-se mais aos aspectos clínicos da reprodução do que a aspectos zootécnicos e de melhoramento da precocidade de ambos os sexos.

Além disso, dentre os novos paradigmas da seleção para a eficiência reprodutiva, um dos mais polêmicos e controversos, no Brasil, é a seleção para a precocidade sexual e a cobertura de fêmeas zebuínas em torno de 14 meses de idade. Apesar de haver consenso da necessidade de se reduzir a idade ao primeiro parto e de melhorar a fertilidade dos rebanhos, não existe consenso quanto à viabilidade e aplicabilidade, no rebanho nacional, de programa que vise o entoure de fêmeas zebuínas nesta idade. Dentre os motivos para esse questionamento, estão questões complexas como política agrária, infraestrutura rural, mudanças macroeconômicas, mão-de-obra, condições socioeconômicas do pecuarista, deficiências nutricionais e sanitárias dos rebanhos e peculiaridades de manejo e sistemas de produção, assim como a grande diversidade edáfica e climática desse país continental. Apesar disso, provavelmente, um dos principais

motivos seja a puberdade tardia e a baixa fertilidade dos animais zebuínos criados em condições médias pouco favoráveis.

Embora existam dificuldades conhecidas, a perspectiva para a pecuária brasileira é promissora, mas a aplicabilidade dos novos paradigmas de melhoramento da eficiência reprodutiva vai depender, especificamente, de alguns fatores, como parâmetros genéticos favoráveis e estrutura adequada para o estabelecimento de programa de melhoramento (coleta de dados, pessoal treinado, metodologia apropriada, valores econômicos corretamente calculados e recursos computacionais). Além disso, é importante atingir maior número de propriedades rurais. Igualmente importante são ações que resultem em políticas socioeconômicas favoráveis e prioritariamente comprometidas com o setor agropecuário.

Nesse aspecto, a pesquisa deve gerar conhecimento, o grande responsável pelo progresso tecnológico. De acordo com Hawking (2001), o número de artigos científicos publicados anualmente, no mundo, passou de nove mil, em 1900, para novecentos mil, no ano 2000, e o mais surpreendente é o forte crescimento exponencial dos artigos publicados. O número de publicações científicas praticamente dobrou nos últimos dez anos. Esse quadro não é diferente no Brasil. Em termos de pesquisa agropecuária, o país tem grande destaque.

De acordo com Euclides Filho (1999), indiscutivelmente, o volume de conhecimento e tecnologias disponíveis hoje, no Brasil, são suficientes para promover impactos substanciais na produção e na competitividade da cadeia produtiva. Entretanto, apesar desse importante estoque de informações, há necessidade de esforço integrado entre a indústria e os órgãos de extensão e pesquisa para que esses conhecimentos sejam incorporados ao dia-a-dia do produtor. De fato, um grande entrave na utilização de qualquer tecnologia é a adequada extensão rural. Deve-se disponibilizar, para o produtor, acesso ao conhecimento gerado pela pesquisa.

Dessa forma, pode-se inferir que já existem informações suficientes descritas na literatura para melhoria dos indicadores zootécnicos.

Contudo, algumas questões ainda devem ser solucionadas. Estudos que abordem as associações genéticas entre as características envolvidas no complexo precocidade sexual-fertilidade são recomendados.

Assim, o presente trabalho objetivou revisar e discutir os principais resultados citados na literatura na raça Nelore para características de reprodução e a associação entre elas; estimar parâmetros genéticos para a idade ao primeiro parto e o perímetro escrotal, utilizando-se de estruturas de dados e modelos diferentes; identificar a melhor idade para a seleção para perímetro escrotal, considerando diferentes modelos; quantificar os efeitos do manejo reprodutivo sobre a idade ao primeiro parto, na perspectiva de avaliar prováveis alternativas que possam possibilitar novas estimativas dos parâmetros genéticos dessa característica; quantificar os efeitos do desenvolvimento ponderal e verificar a adequacidade de sua inclusão nos modelos de ajuste do perímetro escrotal; quantificar a associação e o efeito do ajuste para o peso corporal sobre a modelagem do perímetro escrotal e da idade ao primeiro parto; estimar correlações genéticas entre características reprodutivas e de desenvolvimento ponderal, considerando diferentes modelos.



Hans Holbein o moço, Os embaixadores 1533

O quadro acima se refere a uma era conturbada por dificuldades políticas, descobertas científicas, e choques culturais com a colonização da América. Na Inglaterra a autoridade da Igreja Católica estava sendo contestada pelos protestantes, e velhas certezas intelectuais iam sendo solapadas por novas descobertas científicas. Holbein refere-se a ambas, e coloca os embaixadores como intelectuais. A semana da Páscoa de 1533 culminou com a separação da Igreja Católica e o estabelecimento da Igreja Anglicana. Esses fatos resultariam em uma Europa fragmentada e em anos de conflitos, cujas conseqüências alteraram a história. A história parece se repetir constantemente.

“Destino não é uma questão de sorte é uma questão de escolha. Não é algo a ser esperado é algo a ser conquistado.”

William Jennings Bryan

**CAPÍTULO I – REVISÃO DE ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS
GENÉTICOS PARA O PERÍMETRO ESCROTAL E A IDADE AO PRIMEIRO
PARTO DE ANIMAIS NELORE**

REVISÃO DE ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA O PERÍMETRO ESCROTAL E A IDADE AO PRIMEIRO PARTO DE ANIMAIS NELORE

RESUMO

O trabalho revisa e discute os principais resultados de características reprodutivas da raça Nelore. Na literatura, foram encontrados 69 trabalhos, no período de 1946 a 2003, que reportaram 72 estimativas de herdabilidade, 59 estimativas de correlações genéticas, 36 médias de perímetro escrotal e 46 médias de idade ao primeiro parto, em um universo de 777.678 animais considerados para uma ou mais características. Modelos e amostras diferentes causaram disparidades nas estimativas dos parâmetros genéticos para as características reprodutivas. Os resultados deste estudo sugerem ser mais adequado que programas de melhoramento da raça Nelore estimem seus próprios parâmetros genéticos. Contudo, os parâmetros genéticos estimados para perímetro escrotal e idade ao primeiro parto possibilitam resposta à seleção pela inclusão de ambas as características em programa de melhoramento. Além disso, o perímetro escrotal estaria associado geneticamente e de modo favorável à precocidade sexual e fertilidade, na raça Nelore, para ambos os sexos. Apesar de haver ainda questionamentos relacionados às associações genéticas entre as características reprodutivas, a idade para a seleção pelo perímetro escrotal e os ajustamentos mais adequados, o conhecimento acumulado das características reprodutivas na raça Nelore é suficiente para prever resposta à seleção e melhoria dos indicadores zootécnicos.

Palavras-chave:

Fertilidade, Nelore, parâmetro genético, precocidade, revisão de literatura.

REVIEW ON GENETIC PARAMETER ESTIMATES FOR SCROTAL CIRCUMFERENCE AND AGE AT FIRST CALVING OF NELLORE CATTLE

ABSTRACT

The study reviewed and discussed scientific papers on reproductive traits in Nellore cattle. A total of 69 articles from 1946 to 2003 reported 72 heritability estimates, 59 genetic correlation estimates, 36 means for scrotal circumference and 46 means for age at first calving from 777,678 animals. Different models and data resulted in different genetic estimates for the traits. Results suggested that genetic parameters estimates are more appropriate than the published ones to improve reproductive traits. However, the published genetic parameters suggest that selection for scrotal circumference and age at first calving could improve reproduction. Scrotal circumference was associated to fertility and precocity in Nellore cattle. Besides some unanswered question about genetic association between traits of male and female, the best age for scrotal circumference selection and appropriate adjustments of these reproductive traits, in Nellore, there is information available to provide improvement in cattle farms if they are used adequately.

Keywords:

Fertility, genetic parameter, literature review, Nellore, precocity, zebu cattle.

1.4. INTRODUÇÃO

Estimativas de parâmetros genéticos são necessárias para a avaliação genética dos animais e o desenvolvimento de programas de melhoramento. Nos países tropicais, as estimativas, só recentemente, têm sido baseadas em grandes bancos de dados, mas de forma limitada, especialmente para correlações genéticas, e as médias das estimativas podem ser preferidas. Por outro lado, médias podem não ser indicadas para algumas populações, em razão das particularidades genéticas e ambientais. Davis (1993), Koots et al. (1994ab), Mercadante (1995) e Lôbo et al. (2000) revisaram, respectivamente, parâmetros genéticos para gado de corte na Austrália, para gado de corte em regiões temperadas, para peso corporal em gado zebu, e parâmetros genéticos para gado de leite e de corte em países tropicais.

Desde a revisão mais recente realizada no Brasil (Lôbo et al., 2000), cujo levantamento compreendeu trabalhos de 1970 até 1997, já decorreram, aproximadamente, seis anos. Nesse período, intensificou-se, no Brasil, a discussão e a obtenção de novos resultados, especialmente para características reprodutivas. Portanto, são necessários trabalhos que revisem os parâmetros genéticos atuais, para o perímetro escrotal e a idade ao primeiro parto. Assim, o presente trabalho objetivou discutir os principais resultados envolvendo características reprodutivas da raça Nelore, publicados até Dezembro de 2003.

1.2. MATERIAL E MÉTODOS

Para esse trabalho, foi adotado o critério de buscar, na literatura pertinente, resultados científicos relevantes para o melhoramento genético aplicado à produção da raça Nelore, especificamente para o perímetro escrotal e a idade ao primeiro parto e suas correlações, ou, ainda, trabalhos historicamente importantes.

A escolha dessas características deveu-se à importância e relevância atribuída pela literatura a ambas, para o melhoramento das expressões reprodutivas de machos e fêmeas.

Foram incluídos, nesse estudo, trabalhos que continham informações completas quanto ao

material e método, com exceção dos trabalhos históricos. Além disso, foram excluídos artigos com resultados idênticos, a partir da mesma amostra de dados, apresentados em publicações ou anos distintos.

Nessa busca, foram encontrados 69 trabalhos, no período de 1946 a 2003 que reportaram 72 estimativas de herdabilidade, 59 estimativas de correlações genéticas, 36 médias de perímetro escrotal e 46 médias de idade ao primeiro parto, de 777.678 animais considerados para uma ou mais características.

No sentido de catalogar os diferentes trabalhos buscou-se, na medida do possível, relacionar características idênticas sob diferentes modelos adotando a seguinte nomenclatura:

PE	Perímetro escrotal observado;
Pei	perímetro escrotal ajustado para idade;
Pep	perímetro escrotal ajustado para peso corporal;
Peip	perímetro escrotal ajustado para idade e peso corporal;

Para facilitar a composição das informações em algumas tabelas, foram incluídos números que identificam a idade aproximada da medição ou ajustes para o perímetro escrotal, assim definidos:

Pei270	perímetro escrotal ajustado para 270 dias de idade;
Peip270	perímetro escrotal ajustado para 270 dias de idade e peso corporal;
Pei365	perímetro escrotal ajustado para 365 dias de idade;
Peip365	perímetro escrotal ajustado para 365 dias de idade e peso corporal;
Pei450	perímetro escrotal ajustado para 450 dias de idade;
PE550	perímetro escrotal observado próximo aos 550 dias de idade sem ajustes;
Pei550	perímetro escrotal ajustado para 550 dias de idade;

Peip550	perímetro escrotal ajustado para 550 dias de idade e peso corporal;
Pei600	perímetro escrotal ajustado para 600 dias de idade;
Pei730	perímetro escrotal ajustado para 730 dias de idade;
Peip730	perímetro escrotal ajustado para 730 dias de idade e peso corporal;
IPP	idade ao primeiro parto;
IPP (número)	idade ao primeiro parto, seguida de alguma numeração identificadora do modelo, formado de grupos contemporâneos diferentes em um mesmo trabalho;
IPPT	idade ao primeiro parto quando as fêmeas são desafiadas em idade tradicional;
IPPP	idade ao primeiro parto quando as fêmeas são desafiadas precocemente;
PA	peso adulto entre 4 e 12 anos de idade;
PN	peso ao nascimento;
PD	peso ajustado para a desmama (8 meses de idade);
GMD	ganho de peso diário pré-desmama (de 0 a 205 dias de idade);
GMP	ganho de peso diário pós-desmama (de 205 a 570 dias de idade);
P210	peso ajustado para 210 dias de idade;
P240	peso ajustado para 240 dias de idade;
P270	peso ajustado para 270 dias de idade;
P365	peso ajustado para 365 dias de idade;
P450	peso ajustado para 450 dias de idade;
P550	peso ajustado para 550 dias de idade;

P730 peso ajustado para 730 dias de idade.

As médias ponderadas foram calculadas considerando-se o número de observações dos respectivos estudos.

1.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.3.1. Perímetro escrotal

A importância dos testículos como órgão responsável pela função reprodutiva dos machos manifesta-se na produção de hormônios (testosterona) e gametas (espermatozoides). O crescimento testicular reflete-se, diretamente, nas medidas do perímetro escrotal e depende de fatores genéticos e ambientes, como raça, idade, manejo e alimentação, estação do ano, ano e peso corporal (Bourdon e Brinks, 1986; Pinto, 1987; Pinto et. Al., 1989 e Pinto, 1994; Gressler, 1998, entre outros).

Trabalhos pioneiros sobre o desenvolvimento testicular de bovinos foram realizados ainda na década de 30, por Michatsch (1933), Lagerlof (1934), Schwarze (1939) e Metsdorf (1940), de acordo com Cardoso (1977) e Pinto (1987). Contudo, a partir da década de 60, diversos estudos têm abordado a utilização do perímetro escrotal em programas de melhoramento. No Brasil, os primeiros estudos relacionando herdabilidades da característica foram publicados em 1989 por Pereira et. Al. E os primeiros trabalhos a associar o perímetro e idade ao primeiro parto foram realizados, no Brasil, por Martins filho et al. Em 1990; posteriormente, seguiram-se outros (tabelas 1.4 a 1.6).

Todavia, a pesquisa e a ciência são dinâmicas, surgem sempre novos paradigmas e a aceitação da realidade em uma época pode vir a ser questionada em outra. Recentemente, no Brasil, houve polêmica a respeito da seleção pelo perímetro escrotal como critério de seleção, particularmente em idade jovem (Unanian et al., 2000 e Unanian e Martinez, 2000). Entretanto, esses questionamentos referem-se mais aos aspectos clínicos da reprodução do que a aspectos zootécnicos e de melhoramento da precocidade de ambos os sexos.

Tabela – 1.1. Número de observações (N) e perímetro escrotal (PE) medido próximo aos 365 dias de idade, em animais Nelore, segundo vários autores

Autor (es) e ano de publicação	N	PE (cm)
Rocha et al. (1982)	110	24,40
Vilares e Josahkian (1988)	87	21,10
Pinto et al. (1991)	360	18,90
Bergmann et al. (1996)	871	22,00
Lôbo (1996)	3.772	19,62
Gressler (1998)	652	20,80
Quirino e Bergmann (1998)	875	20,70
Garnero et al. (1999)	7.875	19,70
Dias (2001)	8.407	19,37
Unanian et al. (2000)	420	18,49
Teixeira et al. (2002)	1.067	22,70
Borjas et al. (2003)	10.004	19,30
Total de animais, média ponderada pelo número de observações e amplitude.	34.500	19,69 (18,49 a 24,40)

Tabela – 1.2. Número de observações (N) e perímetro escrotal (PE) medido, aproximadamente, aos 450 dias de idade em animais Nelore, segundo vários autores

Autor (es) e ano de publicação	N	Idade (dias)	PE (cm)
Valvasori et al. (1985)	61	480	24,30
Dias (2001)	9.456	455	22,53
Teixeira et al. (2002)	1.306	480	26,44
Borjas et al. (2003)	10.502	450	22,40
Total de animais, média ponderada pelo número de observações e amplitude.	21.325	466 (450 a 480)	22,71 (22,40 a 26,44)

Neste sentido, existe concordância na literatura de que o perímetro escrotal cumpre as exigências necessárias para ser utilizado como critério de seleção em programas de melhoramento genético (Bourdon e Brinks, 1986; Notter, 1988; Bergmann, 1993; Notter, 1995; Martins Filho, 1991; Bergmann et al., 1996; Gressler et al., 1998; Quirino, 1999; Dias, 2000; Pereira et al, 2000; Dias, 2001; Pereira, 2001). Medidas do perímetro escrotal apresentam-se como critério simples, de fácil mensuração, baixo custo e, portanto, acessível ao produtor. Além disso, a característica possui parâmetros genéticos favoráveis para ser utilizada em programas de melhoramento da raça Nelore. Atualmente, os principais programas de melhoramento genético da raça,

no Brasil, predizem diferenças esperadas na progênie (DEP) para a característica.

O perímetro escrotal está favorável e geneticamente associado à precocidade sexual (Martins Filho, 1991; Gressler, 2000; Dias, 2000; Pereira et al, 2000; Dias, 2001), libido (Quirino, 1999; Sarreiro, 2001), qualidade espermática (Bergmann et al., 1999; Quirino, 1999; Sarreiro, 2001) e desenvolvimento ponderal (Ortiz-Peña et al., 1998; Bergmann et al., 1996; Everling et al., 2001; Karsberg et al., 2002). Além disso, apresenta variabilidade, genética e estimativas de herdabilidade médias e altas.

Medidas de perímetro escrotal são realizadas transversalmente na região de maior diâmetro do escroto com a utilização de fita métrica metálica (Lôbo, 1996). Nas tabelas 1.1 a 1.3 estão descritas as médias do perímetro escrotal,

citadas na literatura, respectivamente para as idades de 365, 450 e 550 dias, aproximadamente, segundo vários autores.

Tabela – 1.3. Número de observações (N) e perímetro escrotal (PE) medido próximo aos 550 dias de idade em animais da raça Nelore, segundo vários autores

Autor (es) e ano de publicação	N	PE (cm)
Valvasori et al. (1985)	61	26,20
Vilares e Josahkian (1988)	87	27,80
Pinto et al. (1989)	1.927	28,50
Pinto et al. (1991)	1.055	24,10
Martins Filho et al. (1994)	1.741	27,45
Pinto (1994)	1.220	23,46
Bergmann et al. (1996)	871	27,00
Lôbo (1996)	3.603	25,92
Dal –Farra et al. (1998)	8.934	28,44
Gressler (1998)	607	27,70
Pereira et al. (1998)	16.999	28,30
Quirino e Bergmann (1998)	875	26,40
Garnero et al. (1999)	7.588	26,10
Dias et al. (1999)	7.804	26,40
Pereira et al. (2000)	16.999	28,30
Dias (2000)	9.355	26,33
Unanian et al. (2000)	402	23,68
Pereira et al. (2002)	25.358	27,75
Forni e Albuquerque (2003)	12.926	26,00
Borjas et al. (2003)	9.273	25,40
Total de animais, média ponderada pelo número de observações e amplitude.	127.685	27,17 (23,46 a 28,50)

Na raça Nelore, o perímetro escrotal possui média de 19,69cm aos 365 dias de idade e amplitudes entre 18,49 a 24,40cm, em 12 citações (tabela 1.1). Durante os anos de 1982 a 2003, foram avaliados 34.500 animais, em trabalhos relacionados às medidas aos 365 dias de idade.

Medidas de perímetro escrotal próximas aos 450 dias de idade totalizaram 21.325 animais, estudados em quatro trabalhos, realizados entre 1985 a 2003 (tabela 1.2). Para essas citações, média de 22,71cm e amplitude de 22,40 a

26,44cm foram relatadas, aproximadamente aos 450 dias de idade.

Contudo, maior número de trabalhos avaliou o desenvolvimento testicular, expresso pelo perímetro testicular medido aos 550 dias de idade (tabela 1.3). Foram, ao todo, 20 citações e 127.685 animais avaliados naquela idade, em trabalhos publicados de 1985 a 2003.

Aparentemente, as pesquisas têm enfatizado o perímetro escrotal em idades mais avançadas, mesmo havendo indícios de que medidas tomadas próximo aos 365 dias seriam o critério

mais adequado para melhorias da precocidade sexual na raça Nelore. Medidas tomadas aos 550 dias, referenciadas na tabela 1.3, sugerem média para o perímetro escrotal de 27,17cm e amplitude de 23,46 a 28,50cm. Tomando-se como base esses resultados, observa-se que, aproximadamente, 72% do crescimento testicular, expresso pelo perímetro escrotal aos 550 dias, ocorreu até os 365 dias de idade. Resultados de Bergmann et. Al. (1998) e Gressler (1998) sugerem que o perímetro escrotal, de fato, apresenta taxas maiores de crescimento do parênquima testicular ocorrendo próximo aos 365 dias de idade, com tendência à curvilinearidade após esta idade e redução do crescimento próxima aos 550 dias de idade, evidenciando o início do período pós-pubere.

Existe consenso de que, na fase pré-púbere, ocorre grande diferenciação do parênquima testicular, que coincide com rápido crescimento do testículo (Foote, 1969; Cardoso, 1977; Castro et al., 1989; Fonseca, 1989; Bergmann et al., 1998; Gressler, 2000), e os resultados sugerem que o aparecimento da puberdade em machos zebus varia entre 10 e 12 meses de idade (Cardoso, 1977; Castro et al., 1989; Fonseca, 1989; Bergmann et al., 1998; Gressler, 1998; Silva et al., 1999; Unanian e Martinez, 2000).

Portanto, se o objetivo for avaliar o desenvolvimento testicular de animais Nelore próximos da puberdade, seria adequado supor ser a idade de 365 dias a mais adequada, apesar de os trabalhos citados na literatura enfatizarem a idade aos 550 dias.

Na tabela 1.4, estão descritas estimativas de herdabilidade do perímetro escrotal, sob diferentes modelos e em diferentes idades, publicados entre 1989 e 2003, segundo diversos autores.

Pode-se observar, na tabela 1.4, que foram relatadas apenas três estimativas de herdabilidade, publicadas em dois estudos, do perímetro escrotal medido antes dos 365 dias, totalizando 992 animais. Dez estimativas de herdabilidade foram relatadas para o perímetro escrotal medido aos 365 dias, em nove trabalhos, estimados a partir de 42.906 animais. Estudos relataram três estimativas de herdabilidade em 25.988 animais para medidas

de perímetro escrotal tomadas aos 450 dias de idade. Contudo, maior número de estimativas de herdabilidade (16) foi relatado com base em número expressivo de animais (112.670) para o perímetro escrotal medido na idade de 550 dias. Houve, ainda, seis publicações que relataram 12 estimativas de herdabilidade para o perímetro escrotal após os 550 dias, em 16.679 animais. Também, para as estimativas de parâmetros genéticos, fica evidente o maior interesse em estudos do perímetro escrotal em animais com 550 ou mais dias de idade.

As estimativas de herdabilidade do perímetro escrotal antes dos 365 dias de idade foram de baixa magnitude e variaram de 0,11 a 0,18. Contudo, as estimativas foram obtidas a partir de número reduzido de animais. As estimativas de herdabilidade do perímetro escrotal aos 365 e 450 dias foram de moderada a alta magnitude e variaram, respectivamente, de 0,23 a 0,65 e de 0,53 a 0,55. As estimativas de herdabilidade do perímetro escrotal aos 550 dias variaram de 0,28 a 0,77. Para estimativas de herdabilidade em idades superiores a 550 dias, a amplitude foi de 0,36 a 0,60. Portanto, o perímetro escrotal apresenta estimativas de herdabilidade de moderada a alta magnitude em praticamente todas as idades, o que indicaria a possibilidade de ganho genético a partir da seleção para a característica. Tomando-se em consideração essas amplitudes, não houve diferenças importantes nas estimativas entre as idades, com exceção do perímetro escrotal antes dos 365 dias de idade.

Com relação às estimativas de herdabilidade do perímetro escrotal sob diferentes ajustes, os resultados são contraditórios. Enquanto Quirino e Bergmann (1997) e Ortiz-Penã et al. (1998) encontraram estimativas maiores para o perímetro escrotal não ajustado para peso corporal, Dias (2000), Ortiz-Penã et al. (2001) e Karsburg (2002) reportaram estimativas mais elevadas para o perímetro escrotal ajustado para peso corporal. Esses trabalhos concordam, entretanto, que a seleção do perímetro escrotal visa, indiretamente, melhorar o desempenho reprodutivo das fêmeas; contudo, eles limitaram-se às associações entre o perímetro escrotal e o peso corporal, sem avaliarem as implicações desses ajustes nas associações genéticas com as características reprodutivas das fêmeas.

Tabela – 1.4. Número de observações (N), estimativas de herdabilidade (h^2) e de erros padrão (EP) do perímetro escrotal¹, sob diferentes modelos, e idade média para animais Nelore, segundo vários autores

Autor (es) e ano de publicação	N.	Idade (dias)	$h^2 \pm EP$ PE	$h^2 \pm EP$ Pei	$h^2 \pm EP$ Pep	$h^2 \pm EP$ Peip
Pereira et al. (1989)	117	255	0,11			
Martins Filho et al. (1990)	2.483	600		$0,47 \pm 0,08$		
Martins Filho (1991)	3.393	600		$0,36 \pm 0,07$		
Pinto (1994)	1.220	550		$0,28 \pm 0,08$		
Pinto (1994)	1.220	720		$0,38 \pm 0,09$		
Martins filho et al. (1994)	1.741	550		$0,41 \pm 0,10$		
Lôbo et al. (1995)	2017	365		0,23		
Lôbo et al. (1995)	1977	550		0,43		
Bergmann et al. (1996)	871	365		$0,47 \pm 0,07$		
Bergmann et al. (1996)	871	550		$0,74 \pm 0,06$		
Eler et al. (1996)	31.114	550		0,52		
Quirino e Bergmann (1997)	875	270		0,18		0,15
Quirino e Bergmann (1997)	875	365		0,65		0,60
Quirino e Bergmann (1997)	875	550		0,77		0,71
Quirino e Bergmann (1997)	875	720		0,60		0,50
Gressler (1998)	652	365		$0,24 \pm 0,10$		
Gressler (1998)	607	550		$0,31 \pm 0,10$		
Ortiz-Penã et al. (1998)	1.250	570	0,55	0,57	0,53	0,53
Garnero et al. (1999)	7.855	365		0,32		
Garnero et al. (1999)	7.588	550		0,29		
Pereira et al. (2000)	16.999	550		0,51		
Dias (2000)	9.355	550		$0,35 \pm 0,03$	$0,41 \pm 0,04$	$0,42 \pm 0,04$
Dias (2001)	6.911	365		0,52		
Dias (2001)	8.266	450		0,54		
Ortiz Penã et al. (2001)	7.458	570	0,41	0,40		0,47
Pereira et al. (2002)	25.358	550		0,47		
Karsburg (2002)	2.608	550		0,34		0,36
Forni e Albuquerque (2003)	12.964	550				0,42
Magnabosco et al. (2003)	8.407	365		0,50		
Magnabosco et al. (2003)	9.456	450		0,55		
Brito et al. (2003)	8.407	365		0,52		
Dias et al. (2003)	6.911	365		0,51		
Dias et al. (2003)	8.266	450		0,53		

¹/ Descrição das características em material e métodos.

A associação genética entre o perímetro escrotal e as características reprodutivas das fêmeas é explicada por mecanismos fisiológicos. Os mesmos hormônios gonadotrópicos, FSH (hormônio folículo estimulante) e LH

(hormônio luteinizante) são intermediários no controle fisiológico da atividade reprodutiva dos dois sexos (Land, 1973) e exercem as mesmas ações, tanto nas gônadas masculinas como nas femininas (Pereira 2001). Além disso, os genes

autossômicos que controlam as características reprodutivas são comuns para ambos os sexos (Land, 1973).

Na tabela 1.5, estão descritas correlações genéticas entre o perímetro escrotal e a idade ao primeiro parto, segundo vários autores. Pode-se observar que a maioria dos artigos citados na literatura estimou correlações genéticas entre o perímetro escrotal medido aos 550 dias e a

idade ao primeiro parto, embora essas estimativas tenham sido descritas em apenas quatro trabalhos. Foram encontradas, ainda, duas citações de correlações genéticas entre a idade ao primeiro parto e o perímetro escrotal aos 365 dias, uma para o perímetro escrotal aos 450 dias, e outras duas para perímetros escrotais após os 550 dias de idade.

Tabela – 1.5. Estimativas dos coeficientes de correlação genética aditiva (r_A) entre o perímetro escrotal (PE) e a idade ao primeiro parto (IPP) de animais Nelore

Autor(es) e ano de publicação	Perímetro escrotal ¹	Idade ao primeiro parto ²	r_A
Martins Filho (1991)	Pei600	IPP	-0,77
Martins Filho e Lôbo (1991)	Pei600	IPP	-0,44
Gressler (1998)	Pei365	IPP	-1,00
Gressler (1998)	Pei550	IPP	-1,00
Pereira et al. (2000)	Pei550	IPP	-0,22
Dias (2000)	Pei550	IPP1	-0,17
Dias (2000)	Pei550	IPP2	0,04
Dias (2000)	Pei550	IPP3	0,03
Dias (2000)	Peip550	IPP1	-0,19
Dias (2000)	Peip550	IPP2	0,07
Dias (2000)	Peip550	IPP3	0,05
Dias (2001)	Pei365	IPP	-0,29
Dias (2001)	Pei450	IPP	-0,28
Pereira et al. (2002)	Pei550	IPPP	-0,39
Pereira et al. (2002)	Pei550	IPPT	-0,19

^{1,2}/ Descrição das características em material e métodos.

As estimativas apresentadas na tabela 1.5 indicaram que o perímetro escrotal está favorável e geneticamente associado à idade ao primeiro parto que, supõe-se, expressa a fertilidade e a precocidade sexual nas fêmeas. Houve, contudo, algumas estimativas desfavoráveis (positivas), mas praticamente nulas, entre ambas as características. Entretanto, essas correlações estão descritas apenas para o perímetro escrotal medido aos 550 dias de idade e em somente um artigo. Esses resultados, aparentemente surpreendentes, envolvendo o perímetro escrotal, não são inovadores. Morris e Cullen (1994) e Gressler (1998) também encontraram correlações genéticas positivas e desfavoráveis entre o perímetro escrotal

medido, respectivamente, próximo ao ano, em taurinos, e aos 550 dias, na raça Nelore, e outras características reprodutivas indicadoras da precocidade sexual das fêmeas.

De modo geral, as estimativas das correlações genéticas entre as características tiveram amplitudes que variaram excessivamente (-1,00 a 0,07), com tendência a serem ambas genética e favoravelmente associadas entre si.

Além disso, Dias (2000) comparou as correlações genéticas, incluindo ou não ajustes para o perímetro escrotal e os resultados foram muito semelhantes, porém evidenciando menores correlações genéticas quando o

perímetro escrotal foi ajustado para peso corporal.

Tabela – 1.6. Estimativas do coeficiente de correlação genética aditiva (r_A) entre o perímetro escrotal (PE) e características de crescimento

Autore(s) e ano de publicação	Perímetro escrotal¹	Características de crescimento	r_A
Martins Filho et al. (1994)	Pei550	PN	0,04
Martins Filho et al. (1994)	Pei550	P210	0,18
Martins Filho et al. (1994)	Pei550	P550	0,27
Pinto (1994)	Pei550	P550	0,79
Pinto (1994)	Pei730	P730	0,78
Lôbo et al. (1995)	Pei365	P240	0,57
Lôbo et al. (1995)	Pei550	P240	0,42
Bergmann et al. (1996)	Pei365	P365	0,46
Bergmann et al. (1996)	Pei365	P550	0,45
Bergmann et al. (1996)	Pei550	P550	0,52
Bergmann et al. (1996)	Pei550	P365	0,46
Eler et al. (1996)	Pei550	PD	0,18
Eler et al. (1996)	Pei550	P550	0,30
Quirino e Bergmann (1997)	Pei270	P270	0,68
Quirino e Bergmann (1997)	Peip270	P270	0,62
Quirino e Bergmann (1997)	Pei365	P365	0,70
Quirino e Bergmann (1997)	Peip365	P365	0,47
Quirino e Bergmann (1997)	Pei550	P550	0,71
Quirino e Bergmann (1997)	Peip550	P550	0,64
Quirino e Bergmann (1997)	Pei730	P730	0,58
Quirino e Bergmann (1997)	Peip730	P730	0,33
Dias (2001)	Pei365	P365	0,54
Dias (2001)	Pei450	P450	0,48
Ortiz Penã et al. (2001)	PE570	GMD0-205	0,30
Ortiz Penã et al. (2001)	Pei570	GMD0-205	0,30
Ortiz Penã et al. (2001)	Peip570	GMD0-205	-0,16
Ortiz Penã et al. (2001)	PE570	GMP205-570	0,33
Ortiz Penã et al. (2001)	Pei570	GMP205-570	0,32
Ortiz Penã et al. (2001)	Peip570	GMP205-570	-0,28
Karsburg et al. (2002)	Pei550	P550	0,36
Brito et al. (2003)	Pei365	P365	0,54

¹/ Descrição das características em material e métodos.

A tabela 1.6 descreve estimativas de correlações genéticas entre o perímetro escrotal e características de crescimento. Também para esse parâmetro genético observa-se maior número de estimativas do perímetro escrotal aos 550 dias de idade. Foram relatadas duas estimativas de correlação genética entre o perímetro aos 270 dias de idade e características de crescimento, sete para o perímetro escrotal aos 365 dias, uma para 450 dias, 12 para 550 dias e nove para idade após os 550 dias. Contudo, apesar do amplo número de estimativas, foram encontrados apenas dez trabalhos relacionando essas características.

A amplitude das correlações variou diferentemente entre as diferentes idades para as medidas do perímetro escrotal. De 0,62 a 0,68 aos 270 dias, de 0,45 a 0,70 aos 365 dias, 0,48 para o perímetro aos 450 dias de idade, de 0,04 a 0,79 aos 550 dias e de -0,28 a 0,78 para medidas tomadas após os 550 dias de idade.

Quirino e Bergmann (1997) e Ortiz-Penã et al. (2001) avaliaram as correlações genéticas entre perímetro escrotal e características ponderais quando o modelo ajustava o perímetro para peso. Em ambos os trabalhos, as associações genéticas foram reduzidas quando o modelo incluía ajuste, atingindo inclusive, no trabalho de Ortiz-Penã et al. (2001), valores inversos.

De modo geral, as estimativas de correlações entre perímetro escrotal e pesos em diferentes idades foram todas positivas e favoráveis. Entretanto, correlações genéticas negativas e desfavoráveis foram citadas por Ortiz-Penã et al. (2001). Esse resultado pode ser atribuído à utilização de modelos ajustados para o peso corporal. Ortiz-Penã et al. (2001) incluíram, no modelo do perímetro escrotal, o peso corporal como covariável, alterando sobremaneira as correlações genéticas entre as características.

Baseando-se nos resultados dos trabalhos descritos, pode-se afirmar que a inclusão do perímetro escrotal nos programas de melhoramento genético é decisão correta. De acordo com Pereira (2001), há muitos anos as avaliações genéticas européias e norte-

americanas informam os valores gênicos dos reprodutores para essa característica. Contudo, são poucos os trabalhos de associação genética entre o perímetro escrotal e características reprodutivas e produtivas importantes na raça Nelore. Além disso, pairam, ainda, dúvidas sobre o ajuste do perímetro escrotal pelo peso corporal, principalmente em relação às eventuais consequências desse ajuste sobre as associações com outras características, em especial as reprodutivas das fêmeas.

São, ainda, escassos os estudos sobre a idade mais adequada para se medir o perímetro escrotal, quando o objetivo é melhorar geneticamente a precocidade das fêmeas.

1.3.2. Idade ao primeiro parto

A idade ao primeiro parto é característica reprodutiva de grande relevância zootécnica, pois marca o início do processo produtivo das fêmeas. A redução da idade ao primeiro parto antecipa a idade produtiva, provoca rápida recuperação do investimento, aumenta a vida útil, possibilita maior intensidade de seleção nas fêmeas e reduz o intervalo de gerações (Mattos e Rosa, 1984). Adicionalmente, a vantagem de se incluir esta característica nos programas de melhoramento está associada à facilidade de medição. Além disso, a idade ao primeiro parto e a idade à puberdade são relacionadas geneticamente, quando as fêmeas iniciam a vida reprodutiva ainda jovens, próximo de dois anos, para zebus (Notter, 1995).

A utilização da idade ao primeiro parto como critério de seleção visando o melhoramento da precocidade sexual poderia ser indicada em razão das dificuldades práticas advindas da seleção direta para a puberdade nas fêmeas (Andrade, 1991; Bergmann, 1993). Por outro lado, segundo Notter (1995), a idade ao primeiro parto poderia não ser característica a ser utilizada em países tropicais, como o Brasil, quando esta ocorre tardiamente e é deliberadamente atrasada pelo criador. Nesse caso, talvez, a seleção para esta característica não estaria associada à precocidade sexual e à puberdade, mas à fertilidade.

Tabela – 1.7. Número de observações (N) e idade média ao primeiro parto (IPP) de animais Nelore, segundo vários autores

Autor(es) e ano de publicação	N	IPP (meses)
Veiga et al. (1946)	84	41,78
Carneiro et al. (1958)	80	46,80
Campos (1974)	173	43,31
Oliveira Filho et al. (1975)	633	39,97
Ferreira e Viana (1981)	1.592	38,80
Aroeira e Rosa (1982)	445	46,90
Miranda et al. (1982)	305	47,30
Paranhos (1982)	639	42,67
Magalhães et al. (1983)	187	45,01
Alencar et al. (1986)	70	41,67
Tonhati et al. (1986)	225	53,62
Zillo et al. (1986)	210	45,93
Alencar e Bugner (1987)	70	41,10
Drumond e Oliveira (1987)	1.845	41,81
Pott et al. (1987)	86	46,30
Aparicio Ruiz (1988)	849	38,24
Drumond (1988)	792	41,63
Nájera Ayala (1990)	749	35,84
Martins Filho (1991)	916	35,90
Dias e Oliveira (1994)	1.101	42,86
Mercadante (1995)	1.217	38,31
Barros et al. (1996)	47.254	36,70
Lôbo (1996)	6.285	36,00
Gressler (1998)	1.398	39,00
Abreu et al. (1998)	326	47,76
Roso e Schenkel (1999)	155.195	40,76
Garnero et al. (1999)	5.522	36,00
Biffani et al. (2000)	30.114	47,69
Dias (2000)	15.746	34,65
Dias (2000)	15.621	34,69
Dias (2000)	15.967	35,12
Dias (2000)	6.290	34,44
Dias (2000)	6.198	34,52
Dias (2000)	6.455	34,91
Lôbo et al. (2000)	34.037	40,20
Pereira et al. (2000)	8.538	35,67
Dias (2001)	16.347	36,20

Tabela – 1.7. Número de observações (N) e idade média ao primeiro parto (IPP) de animais Nelore, segundo vários autores (continuação)

Autor(es) e ano de publicação	N	IPP (meses)
Schwengber (2001)	18.055	38,00
Naves (2001)	606	37,70
Van Melis et al. (2001)	52.961	37,21
Pereira et al. (2002)	6.030	33,55
Pereira et al. (2002)	49.268	35,56
Reyes et al. (2002)	5.404	38,40
Forni e Albuquerque (2003)	18.615	35,46
Gressler (2003)	607	41,50
Gimenez et al. (2003)	3.878	42,19
Total de animais, média ponderada pelo número de observações e amplitude.	538.985	38,50 (33,55 a 53,62)

Dois grupos de fatores determinam a eficiência reprodutiva das fêmeas bovinas. O primeiro se relaciona àqueles indicadores da idade na qual estas fêmeas iniciam sua vida reprodutiva, e o segundo se relaciona à periodicidade com que elas reproduzem. As características probabilidade de prenhez aos 14 meses, data do primeiro parto, idades à puberdade e à primeira cria, quando a fêmea é acasalada precocemente, fazem parte do primeiro grupo. A fertilidade, o intervalo de partos e a idade ao primeiro parto, quando a fêmea é acasalada tardiamente, compõem o segundo grupo.

Portanto, quando as fêmeas são acasaladas precocemente, a idade ao primeiro parto está associada à precocidade sexual e à puberdade. A característica é influenciada, ainda, por outros fatores de meio, dentre os quais merecem destaque o ano e o mês e, ou, época de nascimento, o local e, ou, rebanho e o manejo (Mattos e Rosa, 1984; Nájera Ayala, 1990; Gressler, 1998).

A tabela 1.7 ilustra os valores médios da idade ao primeiro parto para a raça Nelore, segundo diferentes pesquisadores, descritos em 40 publicações que resultaram em 46 médias relativas a 538.985 animais avaliados durante os anos de 1946 a 2003. A idade média ponderada

de 38,50 meses para a idade ao primeiro parto, nesse conjunto de trabalhos, é elevada e reflete a realidade da pecuária bovina nacional, porém com o agravante de ser, em sua maioria, obtida de animais registrados, em que as condições gerais de criação, teoricamente, são melhores.

Bergmann (1993), também analisando trabalhos publicados no período 1946 – 1988, concluiu que não houve redução na idade ao primeiro parto (média ponderada acima de 40 meses), o que sugeriria a ausência de mudanças dos índices de produtividade, decorrentes tanto de medidas que visavam melhorar as condições ambientes dos rebanhos como as de natureza genética. Conclusões semelhantes foram também evidenciadas por Roso e Schenkel (1999).

Dentre as razões para idades médias tardias de ao primeiro parto, estão as práticas de manejo reprodutivo (Gressler, 1998; Dias, 2000; Schwengber, 2001; Gressler, 2003; Oliveira, et al., 2003), outros fatores ambientes e os fatores genéticos. Sabe-se que fontes de variação genéticas e de meio influenciam a expressão de todos os eventos fisiológicos envolvidos na reprodução e a expressão da idade ao primeiro parto.

Tabela – 1.8. Estimativas de herdabilidade e erro-padrão ($h^2 \pm E.P$) para idade ao primeiro parto de animais Nelore, segundo diversos autores

Autor(es) e ano de publicação	N	$h^2 \pm E.P$
Paranhos (1982)	639	$0,70 \pm 0,12$
Mariante e Zancaner (1985)	335	$0,09 \pm 0,12$
Nájera Ayala (1990)	749	$0,46 \pm 0,12$
Martins Filho (1991)	916	$0,20 \pm 0,08$
Mercadante (1995)	1.217	0,31
Gressler (1998)	1.582	$0,01 \pm 0,03$
Garnero et al. (1999)	5.522	0,15
Pereira et al. (2000)	8.538	0,12
Biffani et al. (2000)	30.114	0,07
Dias (2000)	15.746	0,11
Dias (2000)	15.621	0,01
Dias (2000)	15.967	0,04
Dias (2000)	6.290	0,16
Dias (2000)	6.198	0,09
Dias (2000)	6.455	0,11
Schwengber (2001)	18.055	0,10
Dias (2001)	16.347	0,20
Van Melis et al. (2001)	52.961	0,02
Pereira et al. (2002)	6.030	0,19
Pereira et al. (2002)	49.268	0,02
Reyes et al. (2002)	5.404	0,27
Simioni (2002)	859	0,48
Forni e Albuquerque (2003)	18.615	0,06
Gressler (2003)	607	$0,27 \pm 0,15$
Dias et al. (2003)	10.388	0,26
Gimenez et al. (2003)	3.878	$0,41 \pm 0,07$
Santoro e Barbosa (2003)	4.190	0,14

Na tabela 1.8, estão descritas 27 estimativas de herdabilidade para a idade ao primeiro parto resultantes de 21 trabalhos publicados de 1982 a 2003, a partir de 302.491 animais. As estimativas de herdabilidade encontradas na literatura variaram muito, de 0,01 a 0,70. No entanto, em estudos recentes em animais Nelore, as estimativas de herdabilidade da idade ao primeiro parto foram, geralmente, menores. Possivelmente, esses resultados estejam associados ao manejo reprodutivo a que as fêmeas são submetidas, como estações de monta de curta duração e acasalamentos de novilhas mais velhas, já sexualmente maduras (Gressler,

1998; Dias, 2000; Pereira et al., 2000; Van Melis et al., 2001; Dias et al., 2001; Pereira et al., 2002). Contudo, os valores citados na literatura sugerem que há variação genético-aditiva que possibilita resposta à seleção.

Na tabela 1.9, pode-se observar 13 estimativas de correlação genética entre idade ao primeiro parto e características de crescimento descritas em seis trabalhos, entre os anos de 1985 e 2003. A amplitude dessas correlações variou de $-0,31$ a $0,65$ e os resultados foram contraditórios, o que indicaria que a correlação genética entre o peso corporal e a idade ao primeiro parto pode

variar de valores positivos e desfavoráveis a negativos e favoráveis.

Contudo, apenas o trabalho de Mariante e Zancaner (1985), na raça Nelore, apresentou correlações em sentido desfavorável, semelhante ao descrito por Ortiz-Penã et al. (2001) para o perímetro escrotal. Mariante e Zancaner (1985) incluíram, no modelo da idade ao primeiro parto, o peso corporal como covariável, provavelmente modificando a associação genética entre as características.

Nos demais trabalhos as estimativas de correlação genética favoráveis foram de baixa magnitude e as amplitudes variaram de -0,31 a -0,05, entre as diversas expressões de peso corporal.

Apesar do elevado número de trabalhos que avaliaram os fatores de meio e grande número

de estimativas de herdabilidade da idade ao primeiro parto em amostra expressiva de animais, 539.788 e 302.846, respectivamente, são escassos os artigos que relacionem a idade ao primeiro parto com características de desenvolvimento ponderal. Também não foram encontrados trabalhos que relacionassem a idade ao primeiro parto, quando a fêmea é acasalada tardiamente e quando é acasalada precocemente, para se confirmar a associação genética entre ambas. Poder-se-ia incorrer em erro ao se considerar a correlação genética favorável de ambas as características na ausência de trabalhos que quantifiquem essa associação. Neste caso, seria especialmente grave a confirmação da hipótese de Notter (1995) acerca da pequena associação entre a idade ao primeiro parto, quando a fêmea é acasalada tardiamente, e a precocidade sexual.

Tabela – 1.9. Estimativas dos coeficientes de correlação genética aditiva (r_A) entre a idade ao primeiro parto e características de crescimento

Autor (es) e ano de publicação	Características de crescimento ¹	r_A
Mariante e Zancaner (1985)	PN	0,65
Mariante e Zancaner (1985)	PD	0,42
Mariante e Zancaner (1985)	P365	0,27
Mariante e Zancaner (1985)	P550	0,21
Mariante e Zancaner (1985)	P720	0,12
Mercadante (1995)	P240	-0,09
Mercadante (1995)	P365	-0,16
Garnero et al. (2001)	P120	-0,05
Garnero et al. (2001)	P240	-0,09
Garnero et al. (2001)	P550	-0,31
Dias (2001)	PA	-0,09
Schwengber (2001)	PA	-0,28
Gressler (2003)	P240	-0,20

¹/ Descrição das características em material e métodos.

1.4. CONCLUSÕES

Modelos e amostras diferentes causam disparidades nas estimativas dos parâmetros genéticos para as características reprodutivas. As estimativas de parâmetros genéticos devem ser obtidas pelos próprios programas de melhoramento genético da raça Nelore.

As magnitudes dos parâmetros genéticos do perímetro escrotal e da idade ao primeiro parto indicam que a inclusão de ambas as

características nos programas de melhoramento seriam favorável. O perímetro escrotal estaria associado geneticamente de modo favorável a precocidade sexual e fertilidade, na raça Nelore, para ambos os sexos.

A magnitude das estimativas de herdabilidade das características reprodutivas indica que é possível prever resposta à seleção e melhoria nos indicadores zootécnicos dos rebanhos.



Théodore Géricault, A jangada do medusa 1819

Géricault foi pioneiro na pintura ao fazer pôlemico protesto político com sua obra A jangada do medusa. O quadro representa o momento em que naufragos abandonados pelo incompetente capitão, que fora indicado por influencia política, avistam as velas do navio que os resgatou. O fato escandalizou a França, e o quadro retrata metaforicamente a corrupção após a queda de Napoleão. Imediatamente após o naufrágio o capitão salvou-se por meio de um escaler e abandonou a tripulação considerada socialmente inferior. Os 149 homens e uma mulher ficaram a deriva por treze dias e apenas quinze sobreviveram a locura e ao canibalismo no trágico incidente. O quadro nos leva a meditar sobre a responsabilidade, o poder e a competência dos líderes.

“A vida é uma comédia para os que pensam e uma
tragedia para os que sentem.”

Horace Walpole

**CAPÍTULO II – AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DOS FATORES DE AMBIENTE
E ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA A IDADE AO
PRIMEIRO PARTO DE NOVILHAS NELORE DESAFIADAS PRECOCE OU
TRADICIONALMENTE**

AValiação dos efeitos de ambiente e estimativas de parâmetros genéticos para a idade ao primeiro parto de novilhas Nelore desafiadas precoce ou tradicionalmente

RESUMO

Objetivou-se neste trabalho estimar parâmetros genéticos da idade ao primeiro parto e quantificar os efeitos do manejo reprodutivo (MR) de animais Nelore, sob diferentes modelos, para conjunto completo de dados (IPP, $n = 4.983$), e fêmeas acasaladas tradicional (IPPT, $n = 3.373$) e precocemente (IPPP, $n = 1.533$). Os parâmetros foram estimados pelo método de máxima verossimilhança restrita utilizando-se o aplicativo MTDFREML, sob modelo animal que incorporou 54.987 informações de *pedigree*. O MR consistiu em fêmeas desafiadas precoce ou tradicionalmente. O MR revelou-se importante fonte de variação. As estimativas de herdabilidade (h^2) foram maiores para IPPP, em relação a IPP e IPPT, possivelmente como consequência à maior variabilidade genética para precocidade sexual das fêmeas acasaladas precocemente. As h^2 variaram de 0,09 a 0,38, dependendo do modelo. Houve aumento das estimativas de h^2 quando se incluiu o MR para IPPP. Quando o objetivo for avaliar precocidade sexual, deve-se desafiar as novilhas próximo da puberdade, não interromper a estação de acasalamento e informar corretamente o manejo reprodutivo das fêmeas.

Palavras-chave:

Critério de seleção, herdabilidade, idade ao primeiro parto, manejo reprodutivo, nelore, precocidade.

EVALUATION OF ENVIRONMENTAL EFFECTS AND GENETIC PARAMETER ESTIMATES OF
AGE AT FIRST CALVING OF NELLORE FEMALES MATED AS YEARLING OR AS TWO-YEARS
OLD HEIFERS

ABSTRACT

The objectives of this study were to estimate genetic parameters for age at first calving and to measure the effect of reproduction management (RM) in Nellore cattle for different models using all records (AFC, n = 4,983), records from female at traditional mating age (AFCT, n = 3,373) and as yearling (AFCY, n = 1,533). Parameters were estimated using REML methodology (MTDFREML), with animal models and considering the relationships among 54,987 animals. The RM consisted in mating the females as yearlings or traditional age. The RM was an important source of variation. Heritability (h^2) was greater for AFCY than AFC and AFCT, possibly due to the expression of sexual genetic differences when females are mated younger. The h^2 estimates ranged from 0.09 to 0.38, depending on the model. The h^2 estimate was higher when RM was included in model for AFCY. When the objective is to evaluate sexual precocity, female should be mated near puberty, breeding season should be continuous and reproductive management should be informe.

Keywords:

Age of first cattle, heritability, nellore, precocity, reproduction management, selection criteria.

2.1. INTRODUÇÃO

Apesar de haver consenso da importância e necessidade de se reduzir a idade ao primeiro parto e melhorar a fertilidade dos rebanhos, não existe consenso sobre a viabilidade e a aplicabilidade no rebanho nacional, como um todo, de programa que vise o entoure de fêmeas zebuínas em idades muito jovens. Além disso, possivelmente devido às baixas estimativas de herdabilidade, as características reprodutivas das fêmeas não têm merecido destaque nos programas de seleção. E, mesmo que façam parte do objetivo de seleção, são sempre relegadas a segundo plano, em relação às características de desenvolvimento ponderal.

Segundo Schwengber (2001), até àquele momento as características reprodutivas tinham despertado pouco interesse nos programas de avaliação genética de bovinos de corte, e isso se devem aos menores valores de herdabilidade dessas características em relação aos das características de crescimento. Quando isso ocorre, segundo Pereira et al. (2000), a confiabilidade da predição do mérito genético será baixa, a menos que o touro tenha grande número de filhas avaliadas.

De acordo com Gressler (2003), do ponto de vista aplicado, reconhece-se que o melhoramento genético do complexo de eventos fisiológicos responsáveis pela expressão da fertilidade dos bovinos pode ser limitado pela baixa herdabilidade das características. Ênfase prioritária na fertilidade acabaria por penalizar outras características econômicas que, por apresentarem valores mais altos de herdabilidade, oferecem ganhos genéticos maiores.

A busca de soluções para as baixas estimativas de herdabilidade das características reprodutivas que se expressam nas fêmeas tem levado pesquisadores a proporem características alternativas (data do parto, probabilidade de prenhez aos 14 meses, idade à primeira concepção), ou, ainda, modelar as informações disponíveis de maneira a melhorar essas estimativas, e, também, utilizar outras características indicadoras, como o perímetro escrotal.

Não obstante a complexidade e dificuldade na avaliação de características reprodutivas que são expressas pelas fêmeas, a reprodução é a manifestação resultante do sucesso de uma multiplicidade complexa de eventos fisiológicos a ela associados, existe nesses eventos possibilidade para a seleção de características reprodutivas.

Dentre os aspectos conceitualmente favoráveis para a seleção de características tão complexas como as reprodutivas, estão a compatibilização do anseio do produtor (redução de custos e maiores lucros), do melhorista (maiores ganhos genéticos) e da espécie animal (maior número de indivíduos nascidos, maior possibilidade de preservação da espécie como ente biológico e maior adaptação ao ambiente). Presumindo-se que as ações da natureza e do homem podem ser conflitantes, os genótipos mais produtivos podem não ser os mais adaptados, e vice-versa. Assim, as necessidades biológicas da espécie animal não são mera figura de linguagem.

Propõe-se para o presente estudo os seguintes objetivos:

- Estimar parâmetros genéticos para a idade ao primeiro parto, utilizando-se de estruturas de dados e modelos diferentes.
- Quantificar os efeitos do manejo reprodutivo sobre a idade ao primeiro parto, na perspectiva de avaliar prováveis alternativas para obter estimativas dos parâmetros genéticos dessa característica.

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1. Material

Os dados foram provenientes do Programa de Melhoramento Genético da Raça Nelore (PMGRN), conduzido, desde 1988, pelo Setor de Genética, Melhoramento Animal e Computação (GEMAC) do Departamento de Genética da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. A metodologia de condução deste programa nos rebanhos participantes, a colheita, a consistência e a manutenção da base de dados foram descritas por Lôbo (1996).

Os dados originais constavam de um arquivo de observações e um arquivo com a genealogia completa de todos os animais dos arquivos de observações. O arquivo de observações era composto de informações ponderais e reprodutivas de 12.543 animais, nascidos entre 1976 e 1999.

A partir dos arquivos originais, foram excluídas as informações incompletas e valores que não eram biologicamente coerentes. Assim, as análises incluíram apenas animais com informações completas para todas as classes de efeitos. Os critérios para eliminação dos dados foram: animais sem data de nascimento, animais que não foram manejados exclusivamente a pasto, ausência de pesos, animais com idade ao primeiro parto inferior a 20 meses e superior a 60 meses, e animais com pais desconhecidos. Foram excluídos, ainda, animais que não estavam codificados nas categorias puro de origem ou livro aberto. Os dados foram restringidos ainda a grupos que continham número mínimo de 50 animais nascidos em um mesmo ano e mínimo de 50 animais para cada fazenda. Além disso, foi mantido o número mínimo de cinco animais nascidos no mesmo mês e ano por fazenda, número mínimo de cinco filhos por touro e mínimo de dois filhos de cada touro com observação dentro das fazendas.

Para este conjunto de dados, observou-se que, nos primeiros anos, o início da atividade reprodutiva das fêmeas era, de modo geral, deliberadamente atrasado, para ocorrer próximo aos três anos de idade. Em anos mais recentes, as novilhas passaram a ser acasaladas mais jovens, próximo dos 24 meses de idade e, ainda mais recentemente, cinco fazendas, durante alguns anos, desafiaram as novilhas a partir dos 12 meses de idade, com o intuito de identificar as mais precoces. Além disso, o manejo reprodutivo compreendeu estações de acasalamento restritas e de curta duração.

Para este trabalho, buscou-se adotar sugestões de Notter (1995), Pereira et al. (2000) e Pereira et al. (2002). Assim, a idade ao primeiro parto (IPP) foi considerada como característica distinta, de acordo com a idade na qual ocorreria a primeira exposição aos touros, e organizada nos seguintes arquivos:

1. IPP (idade ao primeiro parto completo): Arquivo completo, contendo todas as informações de idade ao primeiro parto disponíveis;
2. IPPT (idade ao primeiro parto tradicional): Arquivo contendo apenas informações das fêmeas acasaladas em idade tradicional, cuja observação do primeiro parto ocorreu após os 29 meses de idade, desde que as contemporâneas (fêmeas nascidas no mesmo ano e na mesma fazenda), tivessem apresentando, também, o primeiro parto após os 29 meses de idade;
3. IPPP (idade ao primeiro parto precoce): Arquivo contendo apenas informações das fêmeas acasaladas precocemente, isto é, que pariram antes dos 29 meses de idade e de suas contemporâneas (fêmeas nascidas no mesmo ano e fazenda) e que pariram, mais tardiamente, após os 29 meses de idade apesar de terem sido desafiadas, igualmente, em idade precoce.

O critério adotado para considerar a idade ao primeiro parto precoce baseou-se nas informações que essas fazendas desafiavam precocemente todas as fêmeas do grupo de contemporâneos entre 12 e 18 meses, concebendo, no máximo, até os 20 meses de idade.

Para a obtenção do peso padronizado para 365 dias de idade, utilizou-se a expressão (Lôbo, 1996):

$$P_{365} = P_a + GMD * d_a,$$

em que:

P_a = peso anterior à idade de 365 dias;

d_a = dias compreendidos entre a pesagem e a idade de 365 dias;

GMD = ganho médio diário entre as duas pesagens, obtido como:

$$GMD = (P_s - P_a) \div (I_s - I_a),$$

em que:

P_s = peso posterior à idade de 365 dias;

P_a = peso anterior à idade de 365 dias;

I_s = idade na pesagem posterior à idade de 365 dias;

I_a = idade na pesagem anterior à idade de 365 dias.

O efeito fixo dos grupos de contemporâneos dos arquivos IPP e IPPP foi codificado de duas formas distintas, como fazenda, mês e ano de nascimento do animal (GC) e como fazenda, mês, ano de nascimento do animal e o seu manejo reprodutivo (GCMR). O manejo reprodutivo 1 (um) foi definido como aquele em que as fêmeas pariram antes dos 29 meses de idade e, portanto, aquelas que conceberam em sua primeira estação de monta. O grupo de contemporâneos com manejo reprodutivo 2 (dois) foi aquele em que as fêmeas pariram após os 29 meses de idade e, portanto, não conceberam na primeira estação de monta, apesar de terem sido desafiadas, igualmente, em idade precoce. O manejo reprodutivo 3 (três) foi aquele em que as fêmeas foram acasaladas tradicionalmente, parindo pela primeira vez após os 29 meses de idade. O manejo reprodutivo 3 só foi considerado no arquivo IPP.

Para o arquivo IPPT, o grupo de contemporâneos foi definido como sendo a fazenda, mês e ano de nascimento do animal.

Após a consistência e a subdivisão dos arquivos, os dados foram submetidos à análise completa de conexidade entre grupos de contemporâneos, utilizando-se o algoritmo MILC.FOR (Matriz de Incidência, Laços Genéticos e Conectabilidade) proposto por Fries e Roso (1997). Para ser considerado conectado à base de dados principal, o grupo de contemporâneos, definido como fazenda, mês, ano e, para algumas características, o manejo reprodutivo, deveria possuir, no mínimo, 11 laços genéticos diretos com outro grupo de contemporâneos e, no mínimo, três pais (touro e, ou, vaca) conectados de acordo com as definições prévias do algoritmo para cada característica avaliada.

Os arquivos finais incluíram animais de 15 rebanhos, localizados nos Estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e São Paulo, nascidos entre 1987 e 1998. As descrições detalhadas dos rebanhos e das regiões são encontradas em Rosa (1999) e Dias (2001). A síntese desses arquivos pode ser observada na tabela 2.1.

Tabela – 2.1. Estrutura dos arquivos finais utilizados nas análises

Arquivos ¹	N animais	N fazendas	N touros	N matrizes	N GC
IPP GC	4983	15	251	4054	349
IPP GCMR	4983	15	251	4054	366
IPPT	3373	15	211	2874	252
IPPP GC	1533	5	95	1268	93
IPPP GCMR	1533	5	95	1268	108

¹IPP GC = arquivo completo, contendo a idade ao primeiro parto com estrutura de grupo de contemporâneos (GC) definido como fazenda, mês e ano de nascimento dos animais;

IPP GCMR = arquivo completo, contendo a idade ao primeiro parto com estrutura de grupo de contemporâneos de manejo reprodutivo (GCMR) definido como fazenda, mês e ano de nascimento dos animais e o manejo reprodutivo das fêmeas;

IPPT = arquivo contendo apenas a idade ao primeiro parto das fêmeas que pariram após os 29 meses de idade, com estrutura de grupo de contemporâneos (GC) definido como fazenda, mês e ano de nascimento dos animais;

IPPP = arquivo contendo a idade ao primeiro parto das fêmeas que pariram antes dos 29 meses de idade e de suas contemporâneas que pariram mais tardiamente, com estrutura de grupo de contemporâneos (GC) definido como fazenda, mês e ano de nascimento dos animais;

IPPP GCMR = arquivo contendo a idade ao primeiro parto das fêmeas que pariram antes dos 29 meses de idade e de suas contemporâneas que pariram mais tardiamente, com estrutura de grupo de contemporâneos (GCMR) definido como fazenda, mês e ano de nascimento dos animais e o manejo reprodutivo das fêmeas.

A matriz de parentesco utilizada totalizou 54.987 animais diferentes, nascidos entre os anos de 1933 e 2000. Do total de animais incluídos na matriz de parentesco, 38,8% (21.339) eram endogâmicos, e esses apresentavam coeficiente de endogamia médio de 2,9%.

2.2.2. Métodos

As análises estatísticas foram realizadas nos computadores do laboratório de análises de dados de melhoramento animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG.

Foram, inicialmente, processadas análises utilizando-se o procedimento GLM do pacote estatístico SAS (1998). Objetivou-se avaliar os fatores não genéticos que estariam influenciando a característica idade ao primeiro parto, considerada como duas características diferentes, tendo ocorrido precoce ou tardiamente na vida do animal, e identificar aqueles fatores cujos efeitos foram significativos ($P < 0,05$).

Como dito anteriormente, os arquivos IPP e arquivo IPPP foram analisados utilizando-se dois grupos de contemporâneos (GC e GCMR). Além disso, para a idade ao primeiro parto, foram definidas análises que incluíam, ou não, o peso padronizado aos 365 dias de idade. Dessa forma, foram concebidas quatro análises para o arquivo IPP, duas para o arquivo IPPT e três para o arquivo IPPP, o que levou à análise de nove modelos.

As análises para o arquivo IPP GC e IPP GCMR incluíram, ou não, o efeito do peso padronizado aos 365 dias de idade. Para o arquivo IPPT foram feitas, igualmente, duas análises, incluindo, ou não, o peso padronizado aos 365 dias de idade. Para o arquivo IPPP GC, também foram incluídos, ou não, o peso padronizado aos 365 dias de idade.

Os modelos finais 1, 5 e 7, utilizados para descrever variações da idade ao primeiro parto, respectivamente nos arquivos IPP, IPPT, IPPP, foram definidos da seguinte maneira:

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + GC_j + b_1(P_{ijk} - \bar{P}) + b_2(P_{ijk} - \bar{P})^2 + e_{ijk},$$

em que:

Y_{ijk}	= valor observado da idade ao primeiro parto do animal k;
μ	= constante;
a_i	= efeito aleatório do touro i, pai do animal;
GC_j	= efeito fixo do grupo de contemporâneos j;
b_1	= coeficiente de regressão linear da idade ao primeiro parto sobre o peso padronizado aos 365 dias de idade;
b_2	= coeficiente de regressão quadrático da idade ao primeiro parto sobre o peso padronizado aos 365 dias de idade;
P_{ijk}	= peso padronizado do animal aos 365 dias de idade;
$\bar{P}$	= média dos pesos padronizados aos 365 dias de idade;
e_{ijk}	= erro aleatório associado a cada observação.

Para o modelo 7, correspondente ao arquivo IPPP, não foi incluído o efeito quadrático do peso padronizado aos 365 dias de idade.

Os modelos finais 3, 6 e 9, utilizados para descrever variações da idade ao primeiro parto, respectivamente nos arquivos IPP, IPPT, IPPP foram os seguintes:

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + GC_j + e_{ijk},$$

em que:

- Y_{ijk} = valor observado da idade ao primeiro parto do animal k;
- μ = constante;
- a_i = efeito aleatório do touro i, pai do animal;
- GC_j = efeito fixo do grupo de contemporâneos j;
- e_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação.

Os modelos finais 2, 4 e 8, utilizado para descrever variações da idade ao primeiro parto,

respectivamente nos arquivos IPP (2 e 4) e IPPP (8), foram definidos da seguinte maneira:

$$Y_{ijkl} = \mu + a_i + GC_j + R_k + b_1(P_{ijkl} - \bar{P}) + b_2(P_{ijkl} - \bar{P})^2 + e_{ijkl},$$

em que:

- Y_{ijkl} = Valor observado da idade ao primeiro parto do animal l;
- μ = constante;
- a_i = efeito aleatório do touro i, pai do animal;
- GC_j = efeito fixo do grupo de contemporâneos j;
- R_k = efeito fixo do manejo reprodutivo k;
- b_1 = coeficiente de regressão linear da idade ao primeiro parto sobre o peso padronizado aos 365 dias de idade;
- b_2 = coeficiente de regressão quadrático da idade ao primeiro parto sobre o peso padronizado aos 365 dias de idade;
- P_{ijkl} = peso padronizado do animal aos 365 dias de idade;
- $\bar{P}$ = média dos pesos padronizados aos 365 dias de idade;
- e_{ijkl} = erro aleatório associado a cada observação.

Para os modelos 4 e 8, correspondentes aos arquivos IPP e IPPP, respectivamente, não foram incluídos os efeitos linear e quadrático do peso padronizado aos 365 dias de idade.

Na obtenção das estimativas dos componentes de variância, necessários para as estimativas de herdabilidade, utilizou-se o método de máxima verossimilhança restrita livre de derivadas sob modelo animal, com inclusão da matriz de parentesco disponível entre animais fornecedores de informações e seus antepassados. Para tanto, utilizou-se o programa MTDFREML, versão que possibilita a obtenção de estimativas dos erros padrão, desenvolvido por Boldman et al. (1995).

Os valores iniciais foram obtidos a partir da literatura e das análises de variância para cada característica.

A cada ciclo, após a verificação da convergência (variância do *Simplex* inferior a 10^{-10}), o programa MTDFREML era reiniciado, usando-

se como valores iniciais de variâncias aqueles obtidos na análise anterior. Este procedimento foi repetido até que os componentes estimados não diferissem entre uma análise e outra e as funções de máxima verossimilhança ($-2\text{Log}(L_2)$) fossem inferiores a 0,002 unidades, de acordo com as recomendações de Boldman et al. (1995).

Além disso, após a obtenção das estimativas, cada análise foi reiniciada com diferentes valores iniciais, para garantir que os valores dos componentes estimados correspondessem ao máximo absoluto da função de verossimilhança, na tentativa de evitar a convergência para máximos locais.

A escolha do modelo apropriado baseou-se nas informações referentes aos efeitos ambientes, investigados anteriormente, que, em notação matricial, é descrito a seguir:

$y = X\beta + Zu + e$, em que:

y = vetor de observações;

X = matriz de incidência associada aos efeitos fixos;

Z = matriz de incidência associada aos efeitos aleatórios;

β = vetor de soluções para os efeitos fixos;

u = vetor de soluções para os valores genéticos dos animais;

e = vetor de erros aleatórios.

Sob este modelo geral:

$E(y) = X\beta$; $E(u) = 0$; $E(e) = 0$; $Cov(u, e') = 0$; e

$V(y) = ZGZ' + R$;

$V(u) = G$, sendo G matriz não singular conhecida das variâncias e covariâncias dos efeitos em u ;

$V(e) = R$, sendo R matriz não singular das variâncias e covariâncias dos efeitos residuais.

O vetor de observações correspondeu à idade ao primeiro parto.

A estrutura dos modelos, efeitos fixos e covariáveis de cada característica analisada em cada um dos 9 arquivos está sumarizada na tabela 2.2.

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar da importância da eficiência reprodutiva e do aumento do número de pesquisas envolvendo o melhoramento das raças zebuínas e dos meios para melhoria dos índices de produtividade, Bergmann (1993), analisando trabalhos publicados no período 1946 a 1988, concluiu não ter havido redução na idade ao primeiro parto (média ponderada acima de 40 meses), o que sugeriria a ausência de mudanças dos índices de produtividade, decorrentes tanto de medidas que visavam melhorar as condições ambientes dos rebanhos como as de natureza genética. Conclusões semelhantes foram também evidenciadas por Roso e Schenkel (1999), utilizando informações de 155.195 primeiros partos (média de 40,76 meses $\pm$ 145 dias) de fêmeas Nelore, ocorridos de 1975 a 1997, extraídos do banco de dados da Associação Brasileira de Criadores de Zebu. Os resultados desses últimos autores indicaram tendência

genética nula no período de 1975 a 1989 e tendência favorável, porém muito pequena (-0,68 dias/ano), no período de 1989 a 1997.

Trabalhos publicados recentemente (tabela 1.7 do capítulo anterior) confirmam os resultados encontrados pelos autores acima. Dentre as razões para médias tardias de idades ao primeiro parto, estão as práticas de manejo reprodutivo (Gressler, 1998; Dias, 2000; Schwengber, 2001; Gressler, 2003; Oliveira, et al. 2003), outros fatores ambientais e os fatores genéticos.

A idade ao primeiro parto média de 37,3 meses (tabela 2.3) para o arquivo completo (IPP) reflete a realidade da pecuária bovina nacional e os valores são coerentes com os resultados citados anteriormente, para rebanhos sob condições tropicais.

De acordo com as análises realizadas por Zimmer et al. (1998), em sistemas de produção de bovinos de corte no estado de Mato Grosso do Sul, as médias do presente trabalho sugerem que os sistemas de produção dos rebanhos analisados podem ser considerados como sistemas melhorados. Neste caso, haveria possibilidades para aprimoramento e, segundo o autor, médias menores (idade ao primeiro parto de dois a três anos) indicariam sistemas de tecnologias mais avançadas.

Levando-se em conta que os rebanhos analisados pertencem, em termos de adoção da tecnologias, à elite da pecuária brasileira, falta, possivelmente, ênfase aos aspectos reprodutivos, principalmente das fêmeas.

Práticas de manejo reprodutivo, tais como a utilização de estações de acasalamento de curta duração e, principalmente, a incorporação intencionalmente tardia das fêmeas para a reprodução são fatores ambientes difíceis de ser considerados nas análises. A principal dificuldade refere-se, normalmente, à falta dessas informações nos bancos de dados zootécnicos. Resultados de Gressler (1998) e Van Melis et al. (2001) sugerem que as variações na idade ao primeiro parto são extremamente dependentes da idade à primeira exposição ao touro.

Tabela – 2.2. Descrição dos modelos para análise da idade ao primeiro parto, segundo diversos arquivos

Modelos	Arquivos ¹	Efeitos fixos	Covariável
1	IPP GC	GC	P365[2]
2	IPP GCMR	GCMR	P365[2]
3	IPP GC	GC	
4	IPP GCMR	GCMR	
5	IPPT	GC	P365[2]
6	IPPT	GC	
7	IPPP GC	GC	P365
8	IPPP GCMR	GCMR	
9	IPPP GC	GC	

^{1/}Arquivos descritos na tabela 2.1:

IPP = idade ao primeiro parto;

P365 = peso padronizado aos 365 dias de idade (efeito linear);

P365[2] = peso padronizado aos 365 dias de idade (efeitos linear e quadrático);

GC = grupo de contemporâneos que inclui fazenda, mês e ano de nascimento do animal;

GCMR = grupo de contemporâneos que inclui, além de fazenda, mês e ano de nascimento, o manejo reprodutivo das fêmeas.

Tabela – 2.3. Médias, desvios padrão, coeficientes de variação (CV) e amplitudes da idade ao primeiro parto nos diversos arquivos analisados, após as consistências e análises de conexidade

Arquivos ¹	Média (meses)	Desvio Padrão	CV	Amplitude (meses)
IPP	37,3	4,7	13	22 a 51
IPPT	38,4	4,3	11	30 a 51
IPPP	35,4	4,2	12	22 a 50

^{1/}IPP = idade ao primeiro parto (arquivo completo); IPPT = idade ao primeiro parto (arquivo contendo apenas fêmeas que pariram após os 29 meses de idade); IPPP = idade ao primeiro parto (arquivo contendo apenas fêmeas que pariram antes dos 29 meses e suas contemporâneas cujo parto ocorreu tardiamente).

Segundo Oliveira et al. (2003), o manejo utilizado no rebanho pode interferir de maneira decisiva na expressão da idade ao primeiro parto, especialmente a utilização de estação de monta restrita. Ainda, segundo os autores, numa análise por modelos mistos, a característica só teria sentido se todas as fêmeas tivessem oportunidade continuada de emprenhar. Caso contrário, as fêmeas que não emprenham dentro da estação não poderiam ser avaliadas.

As estações de monta restritas utilizadas em gado de corte conduzem a dados censurados para características reprodutivas das fêmeas. Na presença deste tipo de dados, os modelos lineares, geralmente utilizados, podem não ser adequados (Oliveira et al., 2003).

Alguns autores buscaram lidar com a ausência de informações padronizadas para o manejo reprodutivo, incorporando diversas formas de grupos de contemporâneos (Dias, 2000) ou propondo outras características, como a data do parto (Gressler, 1998), probabilidade de prenhez de novilhas (Eler et al., 2001) e, mais recentemente, a idade à primeira concepção (Oliveira et al., 2003). De modo geral, essas novas características, entre outras coisas, buscam incorporar informações referentes ao manejo reprodutivo.

A data do parto possibilita indicar a habilidade individual das vacas para conceber cedo na estação de monta e parir cedo na estação de nascimento. Nesse caso, estão sendo incorporadas, indiretamente, informações referentes à duração da estação de monta e, nas

comparações entre as fêmeas, levam-se em conta eventuais confundimentos causados pela estação de acasalamento.

De forma semelhante, a idade à primeira concepção incorpora informações relativas à estação de monta restrita. Neste caso, poder-se-ia comparar as fêmeas dentro de uma mesma estação de monta. Dados de animais que não conceberam até o final da estação são considerados censurados, ou seja, considera-se que a observação foi feita até aquele momento e que a falha (no caso, a concepção) ocorreria após este período se fosse dada oportunidade à fêmea. Deste modo, a influência do manejo reprodutivo seria diminuída (Oliveira, et al. 2003).

Por outro lado, a probabilidade de prenhez aos 14 meses, definida como a probabilidade de uma novilha conceber e permanecer prenhe até o diagnóstico de gestação, dado que ela teve a oportunidade de ser acasalada cedo, incorpora, indiretamente, informações relativas à exposição precoce das fêmeas.

A partir da discussão anterior, supõe-se que poderia haver variações nas estimativas de herdabilidade da idade ao primeiro parto quando houver a inclusão de melhores informações ao banco de dados zootécnico, mais especificamente dados do manejo reprodutivo de todas as fêmeas, inclusive aquelas que não conceberam. Além disso, seria igualmente importante desafiar fêmeas jovens quando o objetivo fosse a precocidade sexual. Resultados de Gressler (1998) e Dias et al. (2001) reforçam esse raciocínio.

De acordo com a análise de variância de cada um dos nove modelos (apêndice A), o efeito do reprodutor foi significativo ($p < 0,05$) para todos eles. Diferenças entre reprodutores poderiam indicar diferenças genéticas aditivas entre famílias de meio-irmãos paternos.

Os efeitos linear e quadrático do peso padronizado aos 365 dias foram significativos ($p < 0,05$) para os arquivos IPP e IPPT. Entretanto, apenas o efeito linear foi significativo ($p < 0,05$) para o arquivo IPPP.

Figura – 2.1. Regressão das médias da idade ao primeiro parto (arquivo IPPT, modelo 5) ajustadas pelo método dos quadrados mínimos sobre o peso padronizado aos 365 dias de idade de fêmeas Nelore

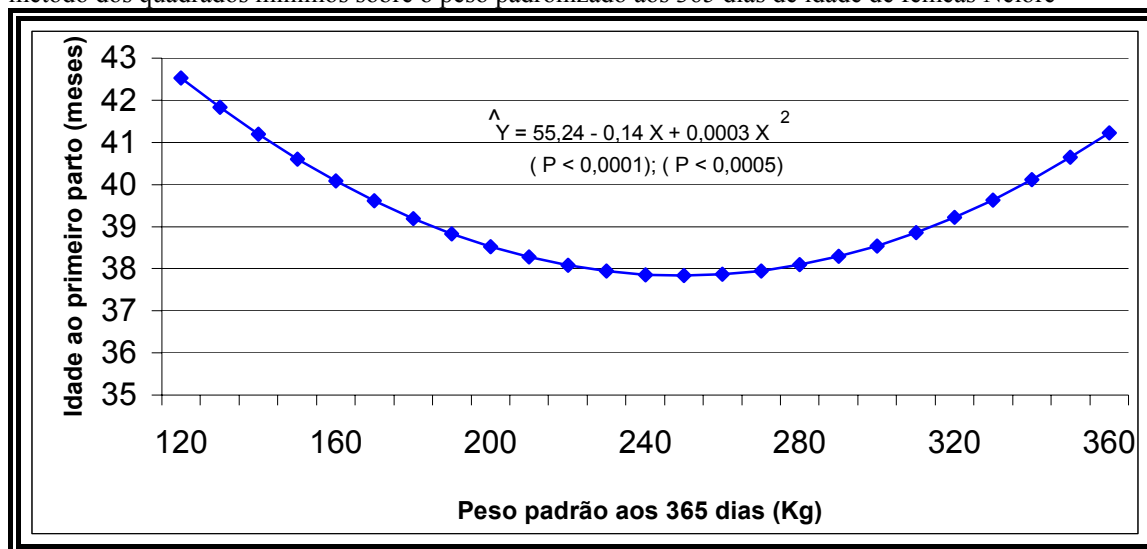
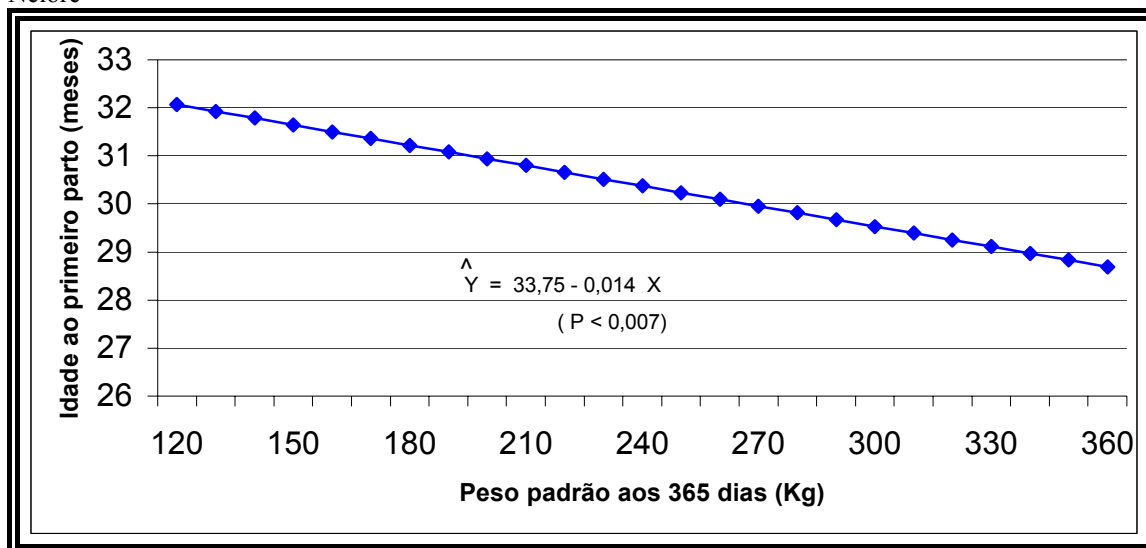


Figura – 2.2. Regressão das médias da idade ao primeiro parto (arquivo IPPP, modelo 7) ajustadas pelo método dos quadrados mínimos sobre o peso padronizado aos 365 dias de idade de animais da raça Nelore



Nas figuras 2.1 e 2.2 estão descritos os coeficientes de regressão das médias da idade ao primeiro parto ajustadas pelo método dos quadrados mínimos, sobre o peso padronizado aos 365 dias de idade para os arquivos, IPPT (modelo 5) e IPPP (modelo 7), respectivamente.

Observa-se (figura 2.1) que o peso não foi limitante para a idade ao primeiro parto no arquivo IPPT, e que fêmeas que apresentaram peso intermediário aos 365 dias de idade conceberam mais precocemente. O arquivo IPPT possuía informações de fêmeas com primeiros partos tardios. Dessa forma, pode-se supor que, ao serem acasaladas tardiamente, as fêmeas teriam tempo suficiente para ganhar peso até a idade em que foram desafiadas (início da estação de acasalamento). A discussão do resultado da figura 2.1 é complexa e, provavelmente, limitações inerentes à estrutura dos dados utilizados no trabalho limitam comentários conclusivos.

Entretanto, para o modelo 7 (figura 2.2), o peso foi fator limitante e linearmente relacionado à idade ao primeiro parto. Provavelmente, como as fêmeas tiveram a oportunidade de conceber precocemente, aquelas mais pesadas aos 365 dias de idade tiveram melhores condições fisiológicas e apresentaram puberdade e idade ao primeiro parto mais jovens do que as mais

leves. Resultados semelhantes são relatados por Van Melis et al. (2001).

O fato da precocidade sexual estar associada com as taxas de crescimento corporal relativo em idades jovens, evidenciando a importância das diferenças entre curvas de crescimento dos animais, ficou demonstrado no estudo de Bergmann e Hohenboken (1992), no qual novilhas Angus, que possuíam menores taxas de crescimento relativo entre a desmama e um ano de idade (animais mais precoces) foram os que apresentaram maior fertilidade quando entraram em reprodução, aos 13-14 meses de idade.

Já os coeficientes de regressão apresentados na figura 2.1 indicariam que, para o arquivo IPPT, animais de peso intermediário são aqueles que apresentariam menores idades ao primeiro parto. Por outro lado, o coeficiente de regressão observado na figura 2.2 indicaria que, para o arquivo IPPP, as menores idades ao primeiro parto estão relacionadas aos maiores pesos aos 365 dias de idade.

Assim, para as fêmeas que foram desafiadas tardiamente e que terão mais tempo para atingir a maturidade sexual, maiores pesos aos 365 dias de idade não estariam associados às reduções da idade ao primeiro parto. Isto indica que o peso para a IPPT não foi o único fator limitante da

idade em que as novilhas atingiram o primeiro parto, pois novilhas que conceberam tardiamente apresentaram maiores pesos aos 365 dias de idade. Pita et al. (1998) reportaram resultados semelhantes para novilhas da raça Nelore. Contudo, para as fêmeas que foram acasaladas precocemente, o peso ao ano de idade foi fator limitante para a concepção.

Silva et al. (2002) constataram resultados semelhantes para grupos de novilhas leves ou pesadas da raça Hereford, acasaladas aos 24 ou aos 18 meses de idade. Segundo os autores, não houve diferença na taxa de prenhez entre o grupo leve (285 Kg) e o pesado (331 Kg) quando as fêmeas foram acasaladas aos 24 meses de idade. Contudo, quando as novilhas foram acasaladas aos 18 meses de idade, houve diferença na taxa de prenhez entre o grupo leve (264 Kg) e o pesado (301 Kg).

A idade ao primeiro parto também foi influenciada de forma significativa ($p < 0,05$) pelos efeitos do grupo de contemporâneos (fazenda, mês e ano de nascimento do animal) e manejo reprodutivo (fêmeas que conceberam ou não na primeira estação de monta).

Os efeitos da fazenda, mês e ano de nascimento estão relacionados a uma série complexa de fatores locais, como tipos de solo, pastagens, manejo nutricional, aos aspectos sanitários e reprodutivos e ao valor genético dos animais, bem como fontes de variação regionais relacionadas a elementos climáticos influenciando a disponibilidade de forragens.

Apesar de se tratar de experimento desbalanceado, a porcentagem de redução na soma de quadrados foi utilizada, neste estudo, na tentativa de se avaliar a importância relativa das diversas fontes de variação envolvidas em cada um dos modelos finais.

Assim, o grupo de contemporâneos foi o efeito mais importante em oito dos nove modelos testados, sendo responsável, em média, por 22% da variação total da idade ao primeiro parto. Por outro lado, o manejo reprodutivo foi o segundo efeito mais importante em dois dos três modelos testados (modelos 2 e 4) e o efeito mais importantes para o modelo 8, utilizado nas avaliações do arquivo IPPP, sendo responsável,

em média, por 17% de toda a variação da idade ao primeiro parto.

O efeito do manejo reprodutivo foi responsável por mais do que 30% da variação da idade ao primeiro parto no arquivo IPPP (modelo 8), evidenciando a grande importância do uso de estação de monta restrita, principalmente em se tratando de fêmeas acasaladas em idades muito jovens. De certa forma, esse fato não foi observado nos arquivos em que a grande maioria das fêmeas foi acasalada mais tardiamente e, portanto, em melhores condições fisiológicas (maturidade sexual) para a concepção. Neste caso, o efeito do manejo reprodutivo foi responsável por apenas 10% de toda a variação da idade ao primeiro parto (modelos 2 e 4).

A adoção de práticas de manejo, como a estação de monta de curta duração, interfere com a possibilidade de concepção devido à interrupção abrupta da estação de acasalamento, determinada pelo homem, o que interfere com a possibilidade da concepção. Para o arquivo IPPP, o uso da estação de monta restrita (manejo reprodutivo) e a existência de fêmeas que ainda não estavam púberes ou sexualmente maduras, poderia provocar distorções. Assim, fêmeas aptas à concepção no dia seguinte ao fim da estação de monta (fêmeas mais precoces) teriam que esperar até terem nova oportunidade de concepção, na próxima estação de monta. Especialmente nesse caso, estas fêmeas poderiam apresentar idade ao primeiro parto maiores e equivalentes às das fêmeas tardias (aquelas que passaram a estar aptas à concepção um ano após as primeiras). Mais grave, contudo, seria a grande diferença entre as idades ao primeiro parto das fêmeas precoces, mas que conceberam na segunda estação de monta, comparativamente com as fêmeas igualmente precoces, mas que conceberam na primeira estação de monta.

Com o objetivo de comparar o desempenho das fêmeas que conceberam na primeira estação (MR 1) com aquelas que conceberam a partir da segunda estação de monta (MR 2) e as fêmeas acasaladas tradicionalmente (MR 3), foram obtidas médias ajustadas pelo método dos quadrados mínimos para a idade ao primeiro parto (tabela 2.4), para cada um dos modelos onde o manejo reprodutivo foi incluído

(modelos 2, 4 e 8). Pode-se verificar pelos resultados que, em média, as diferenças foram de, aproximadamente, 11 meses entre as fêmeas que conceberam em sua primeira estação de monta (MR 1) e aquelas que conceberam a partir da segunda estação de monta (MR 2). Pode-se supor que essas diferenças são, principalmente, relacionadas à interrupção da estação de monta e que este fato deve ser considerado quando se deseja analisar a característica idade ao primeiro parto. Além disso, as fêmeas que foram desafiadas tradicionalmente (MR 3) apresentaram médias inferiores àquelas desafiadas precocemente, mas

que não conseguiram emprenhar em sua primeira estação (MR 2). Esse fato deve estar relacionado à idade em que foram desafiadas e igualmente à interrupção da estação de monta para as fêmeas do grupo MR 2, que foram impossibilitadas de conceber mais cedo, tendo que aguardar a nova estação de monta. Por outro lado, talvez o modelo esteja ajustando para o fato de as fêmeas do grupo MR 3 não terem sido desafiadas cedo. Contudo, é impossível determinar com precisão quais teriam sido as fêmeas precoces a partir do MR 3.

Tabela – 2.4. Médias ajustadas pelo método dos quadrados mínimos, erros padrão (EP) e número de observações para a idade ao primeiro parto em animais da raça Nelore, de acordo com o manejo reprodutivo em arquivos e modelos diferentes

Arquivos (modelos) ¹	Manejo reprodutivo	Média ± EP	Número de observações
IPP GCMR (2)	1	29,10 ± 0,86	193
	2	40,00 ± 0,91	1417
	3	36,70 ± 0,36	3373
IPP GCMR (4)	1	29,05 ± 0,87	193
	2	39,96 ± 0,92	1417
	3	36,80 ± 0,37	3373
IPPP GCMR (8)	1	25,13 ± 0,37	116
	2	35,93 ± 0,18	1417

^{1/} Arquivos e modelos descritos nas tabelas 2.1 e 2.2.

Tabela – 2.5. Médias ajustadas pelo método dos quadrados mínimos, erros padrão (EP) e número de observações para o peso ajustado aos 365 dias de idade em animais da raça Nelore, de acordo com o manejo reprodutivo em arquivos diferentes

Arquivos ¹	Manejo reprodutivo	Média ± EP	Número de observações
IPP GCMR	1	226,93 ± 4,73	193
	2	216,95 ± 5,01	1417
	3	215,54 ± 1,99	3373
IPPP GCMR	1	251,39 ± 2,54	116
	2	241,25 ± 1,20	1417

^{1/} Arquivos descritos na tabela 2.1.

Na tabela 2.5, são apresentando os resultados das médias ajustadas pelo método dos quadrados mínimos para o peso padronizado aos 365 dias de idade das fêmeas submetidas aos diferentes manejos reprodutivos. Por essas

médias, pode-se verificar que as fêmeas que conceberam na primeira estação de acasalamento (MR 1) apresentaram pesos aos 365 dias ligeiramente maiores do que as fêmeas do MR 2 e MR 3, para os dois arquivos

analisados (IPP GCMR e IPPP GCMR). Resultados semelhantes foram encontrados por Pita et al. (1998) para os pesos à desmama e ao sobreano.

Os modelos propostos e utilizados em cada um dos nove arquivos (apêndice A) apresentaram coeficientes de determinação e de variação que variaram de 36 a 61 e de 7,92 a 10,18%, respectivamente. Verifica-se que a inclusão do efeito fixo do manejo reprodutivo (MR) foi o maior responsável pelo aumento do coeficiente de determinação dos modelos avaliados, quando comparado com a inclusão do peso como covariável.

Comparando-se os modelos 2 e 4 (que incluíam MR) com os modelos 1 e 3 (que não incluíam MR) constata-se que houve superioridade de 14% no coeficiente de determinação dos dois primeiros. Entretanto, o maior aumento ocorreu do modelo 8 para os modelos 7 e 9 (modelos que incluíam, ou não, o MR, respectivamente). Neste caso, o coeficiente de determinação praticamente dobrou (de 36 para 61). Dias (2000) também relatou achado semelhante e concluiu que tanto fatores genéticos como de ambiente causam diferenças na idade ao primeiro parto, sendo que a estação de acasalamento foi fator de grande importância. Quando o MR é incluído como efeito fixo, parte da diferença entre as médias das fêmeas que conceberam na primeira oportunidade e a média das que conceberam 11 meses após é deduzida, o que explicaria o maior coeficiente de determinação e melhores estimativas, principalmente do modelo 8. Esse modelo utilizou dados do arquivo IPPP e, como discutido anteriormente, a interrupção da estação de acasalamento influenciou de forma diferente e muito mais fortemente fêmeas que foram desafiadas muito jovens e ainda imaturas sexualmente.

As estimativas de herdabilidade para a idade ao primeiro parto a partir dos diversos modelos estudados (tabela 2.6) foram próximas das médias descritas na literatura para a raça Nelore (capítulo anterior).

As estimativas de herdabilidade encontradas na literatura variaram muito (de 0,01 a 0,70). No entanto, em estudos mais recentes na raça Nelore, os coeficientes de herdabilidade obtidos

para a idade ao primeiro parto foram, geralmente, menores. Possivelmente, esses resultados estejam associados à grande influência do manejo reprodutivo a que as fêmeas são submetidas, com estações de monta de curta duração e acasalamentos de novilhas mais velhas, já sexualmente maduras. Resultados e comentários de Gressler (1998), Dias (2000), Pereira et al. (2000), Van Melis et al. (2001), Dias et al. (2001) e Pereira et al. (2002) reforçam essa afirmação.

As estimativas de herdabilidade foram maiores para o arquivo IPPP, em relação ao arquivo IPPT. Essa diferença poderia ser explicada pela inclusão das fêmeas mais velhas, já púberes, no arquivo IPPT, o que limitaria as diferenças genéticas para precocidade sexual entre elas. O mesmo não ocorreu para o arquivo IPPP, que continha fêmeas que foram acasaladas mais jovens. No Brasil, trabalhos pioneiros de Gressler (1998) e Pereira et al. (2002) relataram resultados semelhantes.

A inclusão do MR nas análises do arquivo IPP (modelos 2 e 4) não alterou as estimativas de herdabilidade, talvez em função do menor número de fêmeas que foram, de fato, acasaladas jovens, proporcionalmente ao número de fêmeas acasaladas mais tardiamente. Além disso, as fêmeas do MR 3, que foram acasaladas tradicionalmente, não deveriam ser comparadas às outras duas (MR 1 e MR 2), por não terem tido oportunidade de apresentar idades ao primeiro parto menores, o que poderia causar confundimentos. Possivelmente, a idade ao primeiro parto (MR 3) esteja pouco associada geneticamente com a precocidade sexual. Nesse caso, pode-se estar incorrendo em graves confundimentos ao se considerar as diversas expressões da idade ao primeiro parto como características idênticas, associadas à precocidade sexual. Houve, entretanto, alguma redução na variância do resíduo quando o MR foi incluído nos modelos, indicando que o fator é importante.

Apesar de não haver diferenças significativas entre os modelos 7 e 9, em relação ao modelo 8, houve aumento das estimativas de herdabilidades quando se incluiu o manejo reprodutivo (respectivamente, 0,29 e 0,28 para 0,38). Esse aumento poderia indicar que ganhos genéticos equivalentes aos de características

ponderais são possíveis de serem atingidos para a idade ao primeiro parto.

Comparando-se os modelos 7 e 9 com o modelo 8 observa-se, ainda, alguma redução na variância genética aditiva, o que era esperado, visto que fêmeas precoces que estavam aptas logo após o fim da estação de acasalamento tiveram que aguardar até o início da próxima estação de acasalamento, apresentando valores de idades ao primeiro parto muito superiores ao das outras fêmeas. Nesse caso, quando se

incluiu o efeito fixo do manejo reprodutivo (MR), aquelas fêmeas, possivelmente precoces, que conceberam tardiamente, foram comparadas às fêmeas tardias (MR 2), reduzindo, provavelmente, a estimativa da variância genética existente. Possivelmente, essa pequena redução da variância genética do modelo 8, em relação aos modelos 7 e 9, deve ser, também, creditado ao pequeno número de observações de fêmeas que conceberam precocemente.

Tabela – 2.6. Estimativas de herdabilidade (h^2) $\pm$ erros padrão (EP), e componentes de variância para a idade ao primeiro parto, usando diversos modelos

Arquivos (modelos) ¹	$h^2 \pm EP$	σ^2_A	σ^2_E
IPP GC (1)	0,14 $\pm$ 0,033	1,79	11,25
IPP GCMR (2)	0,14 $\pm$ 0,034	1,53	9,55
IPP GC (3)	0,14 $\pm$ 0,033	1,85	11,35
IPP GCMR (4)	0,15 $\pm$ 0,034	1,63	9,58
IPPT (5)	0,10 $\pm$ 0,037	1,24	11,50
IPPT (6)	0,09 $\pm$ 0,036	1,10	11,41
IPPP GC (7)	0,29 $\pm$ 0,069	4,13	10,13
IPPP GCMR (8)	0,38 $\pm$ 0,079	3,27	5,36
IPPP GC (9)	0,28 $\pm$ 0,069	4,08	10,26

^{1/} Arquivos e modelos descritos nas tabelas 2.1 e 2.2;

σ^2_A = variância genética aditiva;

σ^2_E = variância do resíduo.

Provavelmente, a solução mais adequada seria, além da codificação do manejo reprodutivo no banco de dados zootécnico, a permanência ininterrupta dos touros quando do acasalamento de fêmeas jovens. Talvez, estações de acasalamento mais longas sejam mais adequadas quando se deseja reduzir os eventuais equívocos e confundimentos provocados pela interrupção das mesmas em se tratando da avaliação da precocidade sexual de fêmeas. Deve ser considerada, nesse caso, a desvantagem prática de estações de acasalamento muito longas.

Um dos objetivos da inclusão do peso padronizado aos 365 dias nos modelos foi ajustar a idade ao primeiro parto, de forma a eliminar diferenças de manejo alimentar que pudessem influenciar a identificação das fêmeas

mais precoces. Além disso, a inclusão do peso poderia ter como escopo reduzir o tamanho adulto das fêmeas, mas os resultados desse trabalho limitam quaisquer conclusões. Entretanto, apesar de seu efeito ter sido importante, como demonstrado nas análises de variância, a inclusão do peso não influenciou as estimativas de herdabilidade. Possivelmente, a inclusão do peso padronizado aos 365 dias de idade, por conter também um componente genético, esteja removendo, de forma proporcional, tanto a variância genética aditiva quanto a variância de resíduo e, dessa forma, não alterou a estimativa de herdabilidade.

Resultados de literatura são escassos e mesmo contraditórios, indicando que a correlação genética entre o peso corporal e a idade ao primeiro parto pode variar de valores positivos e

desfavoráveis (Mariante e Zancaner, 1985 e Barbosa, 1991) a negativos e favoráveis (Bourdon e Brinks, 1982; Mercadante, 1995; Garnero et al., 2001 e Gressler, 2003).

A partir dos resultados e discussões deste estudo, pode-se sugerir a inclusão de mais e melhores informações sobre manejo reprodutivo, acasalamentos precoces e a adoção de estações de monta mais longas quando o objetivo for a obtenção de estimativas genéticas das características relacionadas à precocidade sexual das fêmeas da raça Nelore. Ou seja, o objetivo seria identificar as fêmeas precoces e melhorar a distribuição das idades ao primeiro parto, identificando com maior precisão o primeiro cio fértil.

2.4. CONCLUSÕES

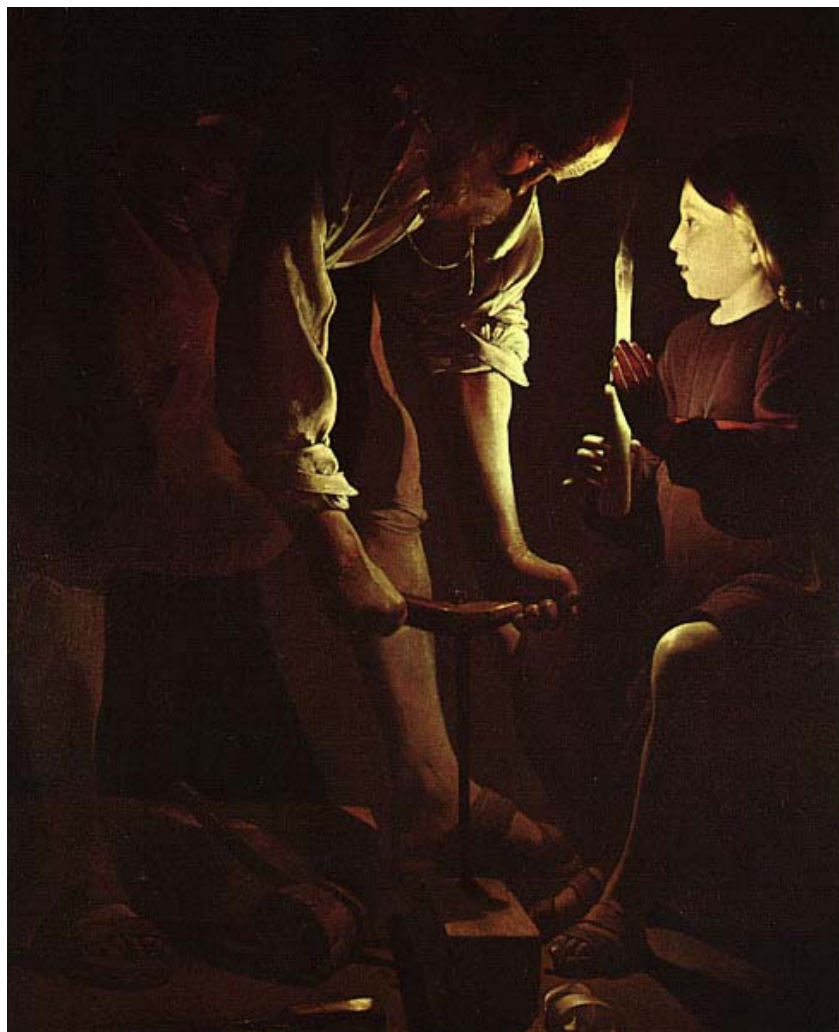
O manejo reprodutivo deve ser considerado quando se deseja obter estimativas de parâmetros genéticos para características reprodutivas, como a idade ao primeiro parto.

Quando o objetivo for avaliar a precocidade sexual, por meio da idade ao primeiro parto, dever-se-ia desafiar as novilhas em idades

jovens, próximo da idade à puberdade, e não interromper a estação de acasalamento, adotando estações maiores, ou mesmo contínuas.

Apesar do efeito do peso padronizado aos 365 dias de idade ser importante, este não causou alterações nas estimativas dos parâmetros genéticos, para a idade ao primeiro parto, talvez por ser, igualmente, fonte de variação genética e residual. Seriam recomendáveis mais estudos envolvendo características de desenvolvimento ponderal e características reprodutivas.

As estimativas de herdabilidade obtidas sugerem que a seleção deve resultar em progresso genético para a idade ao primeiro parto, especialmente maiores quando as fêmeas tiverem oportunidade de demonstrar seu potencial genético para a precocidade, e quando as informações do manejo reprodutivo e dos ambientes a que foram submetidas as fêmeas forem considerados.



Georges De La Tour, José o carpinteiro 1645

O barroco surgiu em princípios do século XVII em Roma. Mais que um estilo artístico, era um estilo de vida. É profundamente católico e foi usado como forma de expressão da mensagem religiosa da contra-reforma. De La Tour influenciado pela época de guerras, e paradigmas religiosos dedicou-se ao estudo da luz e sombra, através de uma série de pinturas com temas religiosos. Nessa pintura ele retrata a luz que ilumina o jovem Jesus e José a ensinar-lhe seus conhecimentos com olhar premonitório de sofrimento com a tortura de seu filho na cruz. A luz do conhecimento possibilita prever o futuro e o árduo trabalho diário torna este futuro possível.

“É com o coração que se vê corretamente; o essencial é invisível aos olhos.”

Antoine De Saint-Exupéry,
O pequeno príncipe

**CAPÍTULO III – AVALIAÇÃO DOS FATORES DE AMBIENTE E
ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA O PERÍMETRO
ESCROTAL DE MACHOS DA RAÇA NELORE MEDIDOS EM TRÊS
DIFERENTES IDADES, SOB DIVERSOS MODELOS**

AVALIAÇÃO DOS FATORES DE AMBIENTE E ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS
PARA O PERÍMETRO ESCROTAL DE MACHOS DA RAÇA NELORE MEDIDOS EM TRÊS
DIFERENTES IDADES, SOB DIVERSOS MODELOS

RESUMO

Objetivou-se neste trabalho estimar parâmetros genéticos para o perímetro escrotal (PE) medido aos 365 (PE365, n = 8.564), 455 (PE455, n = 7.463) e 550 (PE550, n = 4.447) dias de idade, sob diversos modelos, verificar a adequação do ajuste para peso ou ganho de peso (GP) e identificar a melhor idade para a seleção pelo PE. Os parâmetros foram estimados pelo método de máxima verossimilhança restrita com o aplicativo MTDFREML, sob modelo animal e incorporando 54.987 informações de *pedigree*. O efeito da inclusão, no modelo, dos pesos e dos GP não influenciou as estimativas de herdabilidades (h^2) em nenhuma das três idades, possivelmente por essas características conterem também um componente genético, e a remoção de forma proporcional tanto da variância genética aditiva quanto da variância de resíduo. Também não houve diferenças importantes entre as estimativas de h^2 para as três idades estudadas. As h^2 variaram de 0,50 a 0,59, dependendo do modelo. Os resultados indicam a possibilidade de melhoramento genético por meio da seleção pelo PE. A melhor idade para seleção do PE seria aos 365 dias. Possivelmente, em vista dos resultados, não seria adequado ajustar o PE para peso ou GP, contudo novos estudos são recomendados.

Palavras-chave:

Ajuste, correção, critério de seleção, herdabilidade, perímetro escrotal, reprodução, zebu.

EVALUATION OF ENVIRONMENTAL EFFECTS AND GENETIC PARAMETERS ESTIMATES
OF SCROTAL CIRCUMFERENCE MEASURES IN THREE DIFERENT AGES OF NELLORE
BULLS, USING DIFERENT MODELS

ABSTRACT

The objectives of this study were to estimate genetic parameters for scrotal circumference (SC) at 365 (SC365, n = 8,564), 455 (SC455, n = 7,463) and 550 (SC550, n = 4,447) days of age using different models, to verify the suitability of adjustments for body weight and weight gain (WG) and to identify the best age for selection for SC. Parameters were estimate using REML methodology (MTDFREML), with animal models and considering the relationships among 54,987 animals. The adjustment for weight and WG did not influence heritability (h^2) estimates of SC in any age, possibly because of the proportional remotion of genetic and residual variances. No important difference among h^2 estimates for SC in the three ages was observed. The estimates of h^2 ranged 0.50 to 0.59 depending of the model. Results suggest that selection for SC would be effective. The best age for selecting for SC would be at 365 days, and models unadjusted for weight or WG are more suitable.

Keywords:

Adjustment, correction, heritability, reproduction, selection criteria, scrotal circumference, zebu cattle.

3.1. INTRODUÇÃO

A reprodução é uma manifestação resultante do sucesso de uma multiplicidade de eventos fisiológicos. Ao conjunto de características indicadoras do desempenho reprodutivo dos animais dá-se o nome de eficiência reprodutiva. Dentre essas características, a fertilidade e a precocidade sexual são componentes importantes. Do ponto de vista econômico, a eficiência reprodutiva é a mais importante característica do sistema de produção. Do ponto de vista genético, é o aspecto mais restritivo para a adoção de programas de melhoramento, porque pode impor limites à intensidade de seleção e, em consequência, reduzir o ganho genético (Pereira, 2001). Portanto, maior eficiência reprodutiva resulta em maior eficiência econômica, lucratividade e ganhos genéticos.

O melhoramento da eficiência reprodutiva pode ser obtido a partir da identificação e multiplicação dos melhores genótipos e da adequação das condições ambientais ao processo produtivo. Quando se deseja identificar o melhor genótipo, torna-se indispensável o uso de características indicadoras, que apresentem variabilidade genética, que possam ser medidas de forma fácil e econômica e que tenham correlação genética favorável com outras características importantes. Assim, algumas características têm sido utilizadas com o objetivo de aumentar a precocidade sexual e a fertilidade, componentes importantes dessa eficiência, como a idade ao primeiro parto nas fêmeas e o perímetro escrotal nos machos.

A associação entre medidas do perímetro escrotal e características reprodutivas das fêmeas pode decorrer da origem embrionária comum para órgãos reprodutivos dos dois sexos. A hipótese da associação genética favorável entre características de sexos diferentes baseia-se no fato de que os hormônios que estimulam as gônadas em ambos os sexos são os mesmos. Por outro lado, os genes autossômicos que controlam as características reprodutivas são comuns para ambos os sexos, e os mesmos hormônios gonadotrópicos, FSH (hormônio folículo estimulante) e LH (hormônio luteinizante), são intermediários no controle fisiológico da

atividade reprodutiva dos dois sexos (Land, 1973). Segundo Martins Filho (1991), machos e fêmeas, após atingirem a puberdade e antes de atingirem a maturidade sexual, passam por uma fase em que ocorrem inúmeros fenômenos fisiológicos, nos quais intervêm fatores genéticos, tais como a regulamentação de níveis hormonais por diversos genes autossômicos.

Recentemente, o uso de medidas de perímetro escrotal na seleção tem suscitado polêmica e discussão acerca da associação da característica com o desenvolvimento corporal, o que poderia trazer consequências indesejáveis quanto ao tamanho adulto (Brito, 1997; Dal-Farra et al., 1998b; Gressler, 1998; Ortiz-Peña, 1998; Teixeira et al., 1998a; Queiroz et al., 1999; Dias, 2000; Ortiz-Peña et al., 2001; Karsburg et al., 2002), e questionamentos quanto a sua eficiência como critério de seleção (Unanian et al., 2000 e Unanian e Martinez, 2000).

Em vista disso, propõem-se para o presente estudo os seguintes objetivos:

- Estimar parâmetros genéticos para o perímetro escrotal, utilizando-se de estruturas de dados e modelos diferentes.
- Quantificar os efeitos do peso e do ganho de peso e verificar a adequacidade de sua inclusão para ajuste do perímetro escrotal.
- Identificar a melhor idade para a seleção do perímetro escrotal, considerando-se o ajuste ou não para peso corporal.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1. Material

Os dados utilizados foram provenientes do Programa de Melhoramento Genético da Raça Nelore (PMGRN), conduzido, desde 1988, pelo Setor de Genética, Melhoramento Animal e Computação (GEMAC) do Departamento de Genética da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. A metodologia de condução deste programa nos rebanhos participantes, a colheita, a consistência e a manutenção da base de dados são descritas por Lôbo (1996).

Os dados originais consistiam de um arquivo de observações e a genealogia completa de todos os animais. O arquivo de observações era composto de informações ponderais e reprodutivas de 14.152 animais nascidos entre 1987 e 2000.

A partir dos arquivos originais, foram excluídas as informações incompletas e valores que não eram biologicamente coerentes. Assim, as análises incluíram apenas animais com informações completas para todas as classes de efeitos. Os critérios para eliminação dos dados foram: animais sem data de nascimento, animais que não foram manejados exclusivamente a pasto, ausência de pesos e animais com pais desconhecidos. Foram excluídos, ainda, animais que não estavam codificados nas categorias puro de origem ou livro aberto.

Foram mantidas apenas as informações de grupos com número mínimo de 50 animais nascidos em um mesmo ano e em mesma fazenda. Além disso, foi mantido o número mínimo de cinco animais nascidos no mesmo mês e ano por fazenda, mínimo de cinco filhos por touro e de dois filhos de cada touro com observações em cada fazenda.

As características consideradas foram o perímetro escrotal medido em três idades padrão (365, 455 e 550 dias). As medidas do perímetro escrotal foram realizadas no mesmo animal, em idades diferentes, transversalmente na região de maior diâmetro do escroto e com a utilização de fita métrica metálica. (Lôbo, 1996).

As informações de característica reprodutiva dos machos foram subdivididas em três arquivos definidos como PE365, PE455 e PE550 que continham informações completas dos animais e medidas do perímetro escrotal nas idades de 365, 455 e 550 dias, respectivamente (tabela 3.1).

As medidas do perímetro escrotal tomadas próximo das idades padrão de 365, 455 e 550 dias foram ajustadas para a idade do animal quando da medida, semelhante ao procedimento adotado por (Lôbo, 1996; Dias, 2001; Borjas et al., 2003), devido à importância atribuída a esse fator em pesquisas na raça Nelore (Bergmann et al., 1996; Quirino e Bergmann, 1997; Silva e Tonhati, 1997; Del-Farra et al., 1998b; Gressler,

1998; Gressler et al., 1998; Gressler et al., 2000; Ortiz-Peña et al., 1999; Dias et al., 2001; Karsburg et al., 2002).

Para a obtenção dos pesos padrão e medidas de perímetro escrotal ajustadas, utilizou-se a expressão (Lôbo, 1996):

$$\text{Peso ou medida padrão} = P_a + \text{GMD} * d_a,$$

em que:

P_a = peso ou medida escrotal anterior à idade-padrão;

d_a = dias compreendidos entre a pesagem ou medida escrotal anterior e a idade-padrão;

GMD = ganho médio diário; e

$$\text{GMD} = (P_s - P_a) \div (I_s - I_a),$$

em que:

P_s = peso ou medida escrotal posterior à idade-padrão;

P_a = peso ou medida escrotal anterior à idade-padrão;

I_s = idade na pesagem ou medidas posterior à idade-padrão;

I_a = idade na pesagem ou medidas anterior à idade-padrão.

Outro fator estudado foi o ganho de peso entre idades padrão. Neste caso, o ganho de peso no período foi calculado a partir dos pesos às idades padrão. Assim, o ganho aos 365 dias de idade (G365) foi obtido pela subtração do peso padrão aos 210 dias do peso padrão aos 365 dias de idade, o ganho aos 455 dias de idade (G455) foi obtido pela subtração do peso padrão aos 365 dias do peso padrão aos 455 dias de idade, e o ganho aos 550 dias de idade (G550) foi obtido pela subtração do peso padrão aos 455 dias do peso padrão aos 550 dias de idade.

Após a consistência e subdivisão dos arquivos, os dados foram avaliados quanto a conexidade entre grupos de contemporâneos utilizando-se do algoritmo MILC.FOR (Matriz de Incidência, Laços genéticos e Conectabilidade), proposto por Fries e Roso (1997).

Para ser considerado conectado à base de dados principal, o grupo de contemporâneo, definido como fazenda, mês e ano de nascimento,

deveria possuir, no mínimo, 11 laços genéticos diretos com outro grupo de contemporâneos e, no mínimo, três pais (touro e, ou, vaca) conectados de acordo com as definições prévias do algoritmo MILC.FOR para cada característica avaliada.

Os arquivos finais incluíram animais de 20 rebanhos, localizados nos Estados de Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará e São Paulo, nascidos entre 1991 e 2000. Descrições detalhadas dos rebanhos e das regiões são encontradas em Rosa (1999) e Dias (2001).

Para as análises visando a obtenção de estimativas dos parâmetros genéticos, todas as informações dos arquivos finais foram consideradas.

A matriz de parentesco utilizada totalizou 54.987 animais diferentes, nascidos entre os anos de 1933 e 2000. Do total de animais incluídos na matriz de parentesco, 38,8% (21.339) eram endogâmicos, e esses apresentavam coeficiente de endogamia médio de 2,9%.

Tabela – 3.1. Estrutura dos arquivos, finais utilizados nas análises

Arquivos	Animais	Fazendas	Touros	Matrizes	GC
PE365	8564	20	385	6500	356
PE455	7563	20	344	5807	312
PE550	4447	16	227	3609	201

PE365 = arquivo contendo o perímetro escrotal ajustado para a idade padrão de 365 dias;

PE455 = arquivo contendo o perímetro escrotal ajustado para a idade padrão de 455 dias;

PE550 = arquivo contendo o perímetro escrotal ajustado para a idade padrão de 550 dias.

3.2.2. Métodos

As análises estatísticas foram realizadas nos computadores do laboratório de análises de dados de melhoramento animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG.

Foram inicialmente processadas análises utilizando-se o procedimento GLM do pacote estatístico SAS (1998). Objetivou-se estudar os fatores não-genéticos que estariam influenciando a característica perímetro escrotal, e identificar aqueles cujos efeitos foram significativos ($P < 0,05$). A partir deste estudo inicial, foram definidos os grupos de contemporâneos e as covariáveis incluídas nos modelos para as análises de parâmetros genéticos.

O grupo de contemporâneos (GC) foi definido como as classes de cada fazenda, mês e ano de nascimento do animal.

Definiu-se, que para o perímetro escrotal ajustado para as três idades padrão (PE365, PE455 e PE550) seriam utilizados modelos com ou sem a inclusão dos efeitos de desenvolvimento ponderal, ou seja, dos pesos aos 365, 455 e 550 dias de idade (P365, P455, P550, respectivamente) ou do ganho entre as idades padrão de 210 e 365, de 365 e 455 e de 455 e 550 dias (G365, G455 e G550, respectivamente). Dessa forma, foram definidos três modelos para cada perímetro escrotal ajustado, sendo, no total, nove modelos finais para as medidas escrotais nas três idades padrão.

Os modelos finais 1, 4 e 7, utilizados para descrever variações do perímetro escrotal ajustado, respectivamente, para as idades padrão de 365, 455 e 550 dias, foram os seguintes:

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + GC_j + b_1(I_{ijk} - \bar{I}) + b_2(I_{ijk} - \bar{I})^2 + e_{ijk},$$

em que:

Y_{ijk}	= média do perímetro escrotal ajustado para uma das três idades padrão do animal k;
μ	= constante;
a_i	= efeito aleatório do touro i, pai do animal;
GC_j	= efeito fixo do grupo de contemporâneos j;
b_1	= coeficiente de regressão linear da idade da vaca, mãe do animal, ao parto sobre o perímetro escrotal;
b_2	= coeficiente de regressão quadrático da idade da vaca, mãe do animal, ao parto sobre o perímetro escrotal;
I_{ijk}	= idade da vaca, mãe do animal;
$\bar{I}$	= média de idade das vacas, mães dos animais;
e_{ijk}	= erro aleatório associado a cada observação.

O modelo final 2, utilizado para descrever variações do perímetro escrotal ajustado para a idades padrão de 365 dias, foi o seguinte:

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + GC_j + b_1(P_{ijk} - \bar{P}) + b_2(P_{ijk} - \bar{P})^2 + e_{ijk},$$

em que:

Y_{ijk}	= média do perímetro escrotal ajustado para 365 dias de idade do animal k;
μ	= constante;
a_i	= efeito aleatório do touro i, pai do animal;
GC_j	= efeito fixo do grupo de contemporâneos j;
b_1	= coeficiente de regressão linear do peso padronizado aos 365 dias de idade sobre o perímetro escrotal;
b_2	= coeficiente de regressão quadrático do peso padronizado aos 365 dias de idade sobre o perímetro escrotal;
P_{ijk}	= peso padronizado do animal aos 365 dias de idade;
$\bar{P}$	= média dos pesos padronizados aos 365 dias de idade;
e_{ijk}	= erro aleatório associado a cada observação.

Os modelos finais 5 e 8, utilizados para descrever variações do perímetro escrotal ajustado, respectivamente, para as idades padrão de 455 e 550 dias de idade, foram os seguintes:

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + GC_j + b_1(P_{ijk} - \bar{P}) + b_2(P_{ijk} - \bar{P})^2 + b_3(I_{ijk} - \bar{I}) + b_4(I_{ijk} - \bar{I})^2 + e_{ijk},$$

em que:

Y_{ijk}	= Média do perímetro escrotal ajustado para 455 ou 550 dias de idade do animal k;
μ	= constante;
a_i	= efeito aleatório do touro i, pai do animal;
GC_j	= efeito fixo do grupo de contemporâneos j;
b_1	= coeficiente de regressão linear do peso à idade padrão correspondente (455 ou 550 dias) sobre o perímetro escrotal;
b_2	= coeficiente de regressão quadrático do peso à idade padrão correspondente (455 ou 550 dias) sobre o perímetro escrotal;
P_{ijk}	= peso à idade padrão correspondente (455 ou 550 dias);
$\bar{P}$	= médias dos pesos às idades padrões correspondentes (455 ou 550 dias);
b_3	= coeficiente de regressão linear da idade da vaca, mãe do animal, ao parto sobre o perímetro escrotal;
b_4	= coeficiente de regressão quadrático da idade da vaca, mãe do animal, ao parto sobre o perímetro escrotal;
I_{ijk}	= idade da vaca, mãe do animal;
$\bar{I}$	= média de idade das vacas, mães dos animais;
e_{ijk}	= erro aleatório associado a cada observação.

Os modelos finais 3, 6 e 9, utilizados para descrever variações do perímetro escrotal ajustado, respectivamente, para as idades padrão de 365, 455 e 550 dias, foram os seguintes:

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + GC_j + b_1(G_{ijk} - \bar{G}) + b_2(I_{ijk} - \bar{I}) + b_3(I_{ijk} - \bar{I})^2 + e_{ijk}$$

em que:

Y_{ijk}	= Média do perímetro escrotal ajustado para 455 ou 550 dias de idade do animal k;
μ	= constante;
a_i	= efeito aleatório do touro i, pai do animal;
GC_j	= efeito fixo do grupo de contemporâneo j;
b_1	= coeficiente de regressão linear do ganho de peso entre as idades padrão sobre o perímetro escrotal;
G_{ijk}	= ganho de peso do animal entre as respectivas idades padrão;
$\bar{G}$	= média dos ganhos de pesos entre as respectivas idades padrão;
b_2	= coeficiente de regressão linear da idade da vaca, mãe do animal, ao parto sobre o perímetro escrotal;
b_4	= coeficiente de regressão quadrático da idade da vaca, mãe do animal, ao parto sobre o perímetro escrotal;
I_{ijk}	= idade da vaca, mãe do animal;
$\bar{I}$	= média de idade das vacas, mães dos animais;
e_{ijk}	= erro aleatório associado a cada observação.

Para a obtenção dos componentes de variância, necessários para as estimativas de herdabilidade, utilizou-se o método da máxima verossimilhança restrita livre de derivadas sob modelo animal, com inclusão da matriz de parentesco disponível entre animais fornecedores de informações e seus antepassados. Para tanto, utilizou-se o programa MTDFREML, versão que possibilita a obtenção de estimativas dos erros padrão, desenvolvido por Boldman et al. (1995).

Os valores iniciais foram obtidos a partir da literatura e das análises de variância para cada característica.

A cada ciclo, após a verificação da convergência (variância do *Simplex* inferior a 10^{-10}), o programa era reiniciado, usando-se como valores de (co)variâncias iniciais aqueles obtidos na análise anterior. Este procedimento foi repetido até que os componentes estimados não diferissem entre uma análise e outra, e as funções de máxima verossimilhança ($-2\text{Log}(L_2)$) fossem inferiores a 0,002 unidades, de acordo com as recomendações de Boldman et al. (1995). Além disso, após a obtenção das estimativas, cada análise foi reiniciada com diferentes valores iniciais, para garantir que os valores dos componentes estimados correspondessem ao máximo absoluto da função de verossimilhança, na tentativa de evitar a convergência para máximos locais.

A escolha do modelo apropriado baseou-se nas informações referentes aos efeitos ambientes investigados anteriormente, que, em notação matricial, é descrito a seguir :

$$y = X\beta + Zu + e, \text{ em que:}$$

y = vetor de observações;

X = matriz de incidência associada aos efeitos fixos;

Z = matriz de incidência associada aos efeitos aleatórios;

β = vetor de soluções para os efeitos fixos;

u = vetor de soluções para os valores gênicos dos animais;

e = vetor de erros aleatórios ;

Sob este modelo geral:

$$E(y) = X\beta; E(u) = 0; E(e) = 0; \text{Cov}(u, e') = 0;$$

$$V(y) = ZGZ' + R;$$

$V(u) = G$, sendo G matriz não singular conhecida das variâncias e covariâncias dos efeitos em u ;

$V(e) = R$, sendo R matriz não singular das variâncias e covariâncias dos efeitos residuais.

O vetor de observações correspondeu a uma das três características de perímetro escrotal ajustado para a idade padrão de 365, 455 ou 550 dias.

Nesse estudo, optou-se por seguir a orientação de Borjas et al. (2003), que consideraram o efeito materno de pequena importância prática e concluíram não ser necessário incluir os efeitos aleatórios materno e de ambiente permanente em análises do perímetro escrotal.

A estrutura dos modelos finais, efeitos fixos, covariáveis de cada característica analisada em cada um dos 9 arquivos está sumarizada na tabela 3.2.

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Existem evidências na literatura de que a puberdade de machos Nelore criados com condições nutricionais adequadas ocorre próxima ao primeiro ano de idade. Diversos trabalhos sugerem idades variando entre 10 e 12 meses para o aparecimento da puberdade de machos zebus, coincidindo com o período de grande ganho em peso e associado ao rápido crescimento testicular, aumento da secreção de LH e início da espermatogênese (Cardoso, 1977; Castro et. al., 1989). Cardoso (1977) determinou o início da puberdade de machos Nelore entre os 10 e 12 meses de idade. Já Castro et. al. (1989) observaram espermatozóides no ejaculado de tourinhos Nelore, criados exclusivamente a pasto, aos 12 meses de idade. De forma semelhante, Unanian e Martinez (2000) verificaram os primeiros espermatozóides no ejaculado aos 9,7 meses de idade e observaram que a puberdade ocorreu após 30 ou 45 dias, ou seja, aos 10,7 meses, aproximadamente. Teixeira et al. (2002) evidenciaram maior variabilidade fenotípica e indícios do início da puberdade para animais Nelore, aproximadamente, aos 12 meses de idade.

O início da puberdade é caracterizado pelo crescimento rápido das gônadas e pode ser

determinado pela presença de espermatozóides viáveis no ejaculado, associado à liberação do pênis e da libido, com o estabelecimento da capacidade reprodutiva (Foote, 1969). A puberdade ocorre quando o macho obtém a capacidade de produzir espermatozóides viáveis, exibir desejo sexual, e ter liberação do pênis que possibilite a cópula. Contudo, como esses três

eventos não ocorrem simultaneamente, várias outras definições foram propostas. A mais aceita, define a puberdade como sendo a idade do primeiro ejaculado contendo um mínimo de 50×10^6 espermatozóides totais, com um mínimo de 10% de motilidade (Wolf et al., 1965).

Tabela – 3.2. Sumário dos modelos, efeitos fixos e (co) variáveis para as características analisadas em cada um dos 9 arquivos finais

Modelos	Variáveis dependentes	Efeitos fixos	Covariável 1	Covariável 2
1	PE365	GC		IVP[2]
2	PE365	GC	P365[2]	
3	PE365	GC	G365	IVP[2]
4	PE455	GC		IVP[2]
5	PE455	GC	P455[2]	IVP[2]
6	PE455	GC	G455	IVP[2]
7	PE550	GC		IVP[2]
8	PE550	GC	P550	IVP[2]
9	PE550	GC	G550	IVP[2]

PE365 = perímetro escrotal ajustado para a idade padrão de 365 dias;

PE455 = perímetro escrotal ajustado para a idade padrão de 455 dias;

PE550 = perímetro escrotal ajustado para a idade padrão de 550 dias;

P365 = peso padrão aos 365 dias de idade (efeito linear);

P365[2] = peso padrão aos 365 dias de idade (efeitos linear e quadrático);

P455[2] = peso padrão aos 455 dias de idade (efeitos linear e quadrático);

P550 = peso padrão aos 550 dias de idade (efeito linear);

G365 = ganho de peso entre as idades padrão de 210 e 365 dias (efeito linear);

G455 = ganho de peso entre as idades padrão de 365 e 455 dias (efeito linear);

G550 = ganho de peso entre as idades padrão de 455 e 550 dias (efeito linear);

IVP[2] = idade da vaca ao parto (efeitos linear e quadrático);

GC = grupo de contemporâneos que inclui fazenda, mês e ano de nascimento.

Bergmann et al. (1998) descreveram a curva de crescimento do perímetro escrotal e encontraram ponto de inflexão (máximo crescimento) aos 11,8 meses de idade. Segundo os autores, tal fato evidenciaria o maior crescimento do parênquima testicular ocorrendo próximo aos 12 meses de idade, sugerindo o início do período pré-pubere. Segundo Fitzhugh (1976), neste ponto da curva, a taxa de crescimento é máxima, passando de função crescente (estágio autoacelerante) para função decrescente (estágio autoinibitório).

Medidas do perímetro escrotal podem, assim, servir como indicadoras da idade à puberdade em machos e fêmeas, razão pela qual sua inclusão

tem sido recomendada nos programas de melhoramento genético em bovinos de corte (Bourdon e Brinks, 1986; Notter, 1988; Bergmann, 1993 e Notter, 1995).

Gressler (1998), Gressler et al. (1998) e Gressler et al. (2000) conjecturaram que a seleção de animais com maior perímetro escrotal aos 12 meses de idade estaria associada à escolha de animais que apresentavam maiores níveis de hormônios gonadotrópicos, culminando com a puberdade, início de atividade reprodutiva das fêmeas, concepções mais precoces na primeira estação de monta e antecipação das datas do primeiro parto. Aos 18 meses de idade, a maioria

dos animais já estaria em período pós-púbere e a seleção para maiores perímetros escrotais nessa idade estaria associada, possivelmente, a menor precocidade reprodutiva em ambientes tropicais.

Portanto, trabalhos descritos na literatura indicam que o perímetro escrotal está favorável e geneticamente associado à precocidade sexual (Martins Filho, 1991; Gressler, 1998; Dias, 2000; Pereira et al, 2000; Dias, 2001), libido (Quirino, 1999, Sarreiro, 2001), qualidade espermática (Bergmann et al., 1999; Quirino, 1999, Sarreiro, 2001) e desenvolvimento ponderal (Ortiz-Peña et al., 1998; Bergmann et al., 1996; Everling et al., 2001; Karsberg et al., 2002).

Apesar disso, o uso de medidas de perímetro escrotal, em idades jovens, vem sendo questionado, entre outros motivos, pelas diferentes formas testiculares e sua mudança com a idade (Unanian et al., 2000) e, ainda, devido à questões funcionais do tecido reprodutivo (Unanian e Martinez, 2000). Provavelmente, alterações no volume testicular refletem mudanças hormonais indicadoras da puberdade e diferenças entre o testículo juvenil e o púbere. Essas mudanças seriam sugestivas do nível hormonal e do início da puberdade. Graças a essas mudanças poder-se-ia utilizar o perímetro como indicador da precocidade sexual. Comentários de Foote (1969), Toelle e Robson (1985), Fonseca (1989), Gressler (1998) e resultados de Bergmann et al. (1998) corroboram essa hipótese. Por fim, são justamente essas mudanças importantes que possibilitam o uso do perímetro escrotal como indicador da precocidade sexual, desde que medido em animais jovens.

Além disso, Unanian e Martinez (2000) consideram que medidas de perímetro escrotal não são suficientes para diferenciar animais precoces dos demais. Segundo os autores, o perímetro escrotal em animais jovens não indica a funcionalidade dos testículos, podendo provocar equívocos. Parece óbvio que não existe consenso quando ao uso de medidas do perímetro escrotal na seleção.

Aparentemente, a biometria testicular pode estar relacionada em idades diferentes a parâmetros distintos. Em animais púbere, seria indicadora da precocidade sexual e, em animais

sexualmente maduros, estaria mais associada à fertilidade e à libido.

Ainda, deve-se considerar que medidas de perímetro escrotal em animais jovens são auxiliares ao processo seletivo em programas de melhoramento cujo objetivo é o aumento da precocidade sexual. A seleção pelo mérito genético que inclui o perímetro escrotal deveria ocorrer previamente ao descarte por insuficiência reprodutiva. Da mesma forma, em animais adultos, medidas de perímetro escrotal são auxiliares no descarte de touros. O descarte pela capacidade reprodutiva indicaria a aptidão reprodutiva do touro e a condição deste em emprenhar fêmeas. Essa competência deveria ser medida na maturidade sexual, ou seja, posteriormente à seleção genética de animais jovens e, nesse caso, os parâmetros utilizados vão além da simples medição do perímetro escrotal e devem levar em conta características como a libido e características seminais.

Medidas do perímetro escrotal em idades próximas da puberdade seriam mais adequadas como indicativo da precocidade sexual e menos associadas à produção de sêmen. Existem evidências de que machos Nelores apresentam os primeiros espermatozoides no ejaculado antes do ano de idade (Fonseca, 1989; Unanian e Martinez, 2000) e variabilidade genética para a característica (Martins Filho, 1991; Pinto, 1994; Bergmann et al., 1996; Gressler, 1998; Bergmann et al., 1999; Quirino, 1999, entre outros). Segundo Fonseca (1989), os testículos, nessa idade não estariam plenamente funcionais e os indícios disso seriam parâmetros seminais inadequados em animais que atingiram recentemente a puberdade. Quirino (1999) e Silva et al. (2002) verificaram que machos jovens da raça Nelore, de fato, apresentam valores elevados de patologia espermática.

Portanto, parece correto afirmar que, ao ano de idade, a associação fenotípica entre o perímetro escrotal e a funcionalidade dos testículos seja discutível. Resultados recentes, na raça Nelore, de fato, relatam baixas, porém favoráveis, correlações fenotípicas entre o perímetro escrotal e características seminais (Quirino, 1999; Sarreiro, 2001; Dias, 2004). Estas baixas correlações fenotípicas indicariam que não existe associação entre o perímetro escrotal de animais jovens e a qualidade andrológica. Contudo,

estudos comprovam que existe associação genética favorável entre o perímetro escrotal e características seminais (Quirino, 1999; Sarreiro, 2001; Dias, 2004) e diversas características reprodutivas das fêmeas (Martins Filho, 1991; Gressler, 1998; Pereira et al., 2000; Dias, 2000; Dias, 2001, entre outros). Portanto, mesmo em idades jovens, existe variabilidade genética associando o perímetro escrotal e as demais características reprodutivas.

As correlações fenotípicas indicam que animais jovens, selecionados pelo maior perímetro escrotal, podem não apresentar exame andrológico favorável e que essa idade, 12 meses, não parece adequada para prever com precisão a capacidade reprodutiva futura. Nesse caso, o descarte de touros inaptos para a reprodução deveria ocorrer após a maturidade sexual, e isso se dá depois dos 24 meses em animais Nelore. Tabelas de classificação andrológica utilizada para zebuínos partem dessa idade (Fonseca, 1989).

Contudo, a seleção para precocidade sexual baseada no perímetro escrotal deve ser realizada próxima da idade em que ocorre a puberdade. De acordo com os comentários anteriores, na fase pré-púbere ocorre grande diferenciação do parênquima testicular que coincide com rápido crescimento testicular (Fonseca, 1989). Essa idade seria determinante para detectar diferenças entre os animais púberes e os não púberes. Após essa idade, as diferenças testiculares estariam provavelmente mais associadas à capacidade reprodutiva. Resultados e comentários de Gressler (1998), Gressler et al. (1998), Gressler et al. (2000) corroboram esse raciocínio.

As correlações genéticas entre o perímetro escrotal, a puberdade em ambos os sexos e as demais características reprodutivas indicam que as progênies de machos jovens, possuidores de

maior perímetro escrotal, seriam mais precoces e férteis.

De acordo com Sarreiro (2001), se um touro deixa mais filhos no rebanho ao final da estação de monta, este fato está associado com as correlações fenotípicas entre perímetro escrotal, as características seminais, a libido e o número de filhos. Assim, as correlações fenotípicas são auxiliares na escolha dos animais que irão servir fêmeas em determinada estação de monta, mas não são necessariamente associadas com o potencial reprodutivo dos filhos destes touros. Portanto, se o interesse for melhorar geneticamente a capacidade reprodutiva do rebanho, deve-se levar em consideração as correlações genéticas entre as características associadas à reprodução.

Fonseca (1989) e Pinto (1994) sugerem que, para serem considerados aptos e sexualmente maduros, touros jovens devem apresentar perímetro escrotal, no mínimo, superior a 30 cm. Amplitudes do perímetro escrotal descritas na tabela 3.3 indicam, que já aos 365 dias, alguns animais teriam atingido o mínimo exigido à idade adulta, segundo a literatura, e sugerem que em idades jovens, mesmo em se tratando de animais zebuínos, tidos como tardios, existem animais de extraordinária precocidade sexual. Também Unanian e Martinez (2000), em estudo com 200 machos Nelore, relataram que 25% dos animais atingiram a puberdade entre 10,7 e 12,8 meses de idade e, inclusive, 1,3 % apresentavam níveis de testosterona muito elevados e características de maturidade sexual. Silva et al. (1999) reportaram puberdade aos $365,39 \pm 1,13$ dias de idade e maturidade sexual aos $487,38 \pm 3,08$ dias de idade, com 18,5% dos animais, de um total de 79, exibindo os primeiros espermatozoides no ejaculado próximo aos 300 dias de idade.

Tabela – 3.3. Médias, desvios padrão, coeficientes de variação (CV) e amplitudes da idade ao primeiro parto nos diversos arquivos analisados após as consistências e análises de conexidade

Arquivos	Média (cm)	Desvio Padrão (cm)	CV	Amplitude (cm)
PE365	19,37	2,15	11	12,3 a 30,0
PE455	22,87	2,93	13	14,1 a 33,3
PE550	26,20	3,20	12	15,9 a 38,0

PE365 = perímetro escrotal ajustado para a idade padrão de 365 dias; PE455 = perímetro escrotal ajustado para a idade padrão de 455 dias; PE550 = perímetro escrotal ajustado para a idade padrão de 550 dias.

As médias ajustadas do perímetro escrotal (tabela 3.3) nas três idades estudadas (365, 455 e 550 meses de idade) estão de acordo com a amplitude encontrada na literatura para a raça Nelore nas mesmas idades (tabelas 1.1 a 1.3 do capítulo 1).

De acordo com a análise de variância, para todos os nove modelos (apêndice B), o efeito de reprodutor foi significativo ($p < 0,0001$). Diferenças entre reprodutores poderiam indicar diferenças genéticas aditivas entre famílias de meio-irmãos paternos para o perímetro escrotal. É importante salientar que estas diferenças, importantes para o processo de melhoramento genético, são freqüentemente encontradas em estudos genéticos para essa característica (Martins Filho, 1991; Pinto, 1994; Gressler, 1998; Gressler et al., 1998; Gressler et al., 2000; Bergmann et al., 1999; Quirino, 1999).

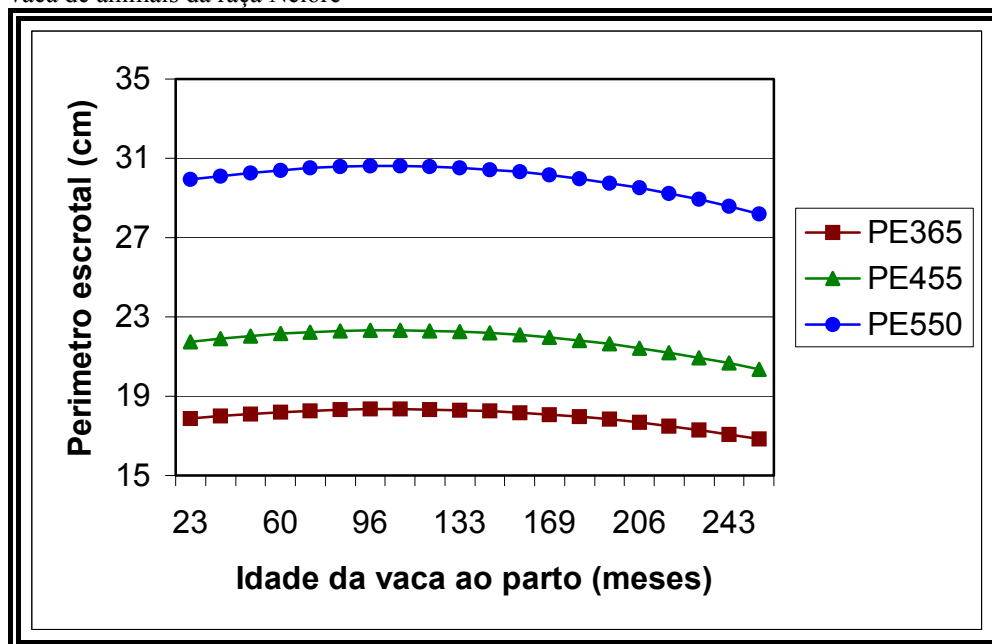
Ainda de acordo com a análise de variância (apêndice B), os efeitos linear e quadrático da idade da vaca ao parto foram significativos ($p < 0,05$) para oito dos nove modelos. Apenas no modelo dois, utilizado no arquivo PE365, esse efeito não mostrou significância ($p < 0,05$). O efeito da idade da vaca foi descrito como sendo importante por outros pesquisadores (Lôbo et al., 1995; Quirino e Bergmann, 1997; Quirino e Bergmann, 1998; Paneto et al., 2002; Borjas et al., 2003 ; Brito et al., 2003). Sabe-se que o efeito materno influencia o crescimento dos bezerros até a desmama (Bocchi et al., 2002), e essa influencia é, principalmente, devido à produção de leite (Koch, 1972; Alencar et al., 1988; Bocchi et al. 2002). A produção de leite está parcialmente relacionada, por sua vez, à idade da vaca ao parto (Bocchi et al. 2002).

Bocchi et al. (2002) relataram coeficiente de regressão do peso ao 205 dias de idade sobre a idade da vaca ao parto semelhante ao encontrado no presente estudo para o perímetro escrotal. Produtos de vacas mais jovens e mais velhas tiveram pesos menores aos 205 dias do que os filhos de vacas em idades intermediárias. Esses resultados são justificados pelos diferentes desempenhos na produção leiteira, dependendo da idade da vaca.

Segundo Pereira (2001), diferenças morfo-fisiológicas que ocorrem com o aumento da idade refletem de alguma forma, sobre o peso dos animais. Há tendência de novilhas de primeira cria ou vacas velhas produzirem bezerros mais leves e os mais pesados geralmente são filhos de vacas de idade intermediária. Ainda segundo o autor, o efeito da idade é mais pronunciado sobre o peso à desmama, diminuindo a partir daí. Dessa forma, o peso à desmama reflete, em parte, a capacidade materna da vaca, principalmente a sua produção leiteira, que é importante na fase de crescimento pré-desmama do bezerro.

Semelhante ao desempenho ponderal, o desenvolvimento do perímetro escrotal é influenciado pelo manejo alimentar (Pruit et al., 1986; Nolan et al., 1990; Silva et al., 1993; Sanches et al., 1998). Portanto, presume-se que dietas alimentares mais ricas, associadas a um ambiente materno de maior produção leiteira, promovem melhores condições nutricionais com reflexo na taxa de desenvolvimento testicular. Dessa forma, produtos de novilhas jovens e de vacas velhas poderiam apresentar desenvolvimento testicular inferior aos produtos de vacas em idades intermediárias, tomando-se como base esse efeito.

Figura – 3.1. Regressão¹ das médias do perímetro escrotal, ajustadas pelo método dos quadrados mínimos, (arquivos PE365, PE455 e PE550, modelos 1, 4 e 7, respectivamente) em relação a idade da vaca de animais da raça Nelore



/ PE365 $\Rightarrow \hat{Y} = 175,75 + 0,15 X - 0,00068 X^2$ ($P < 0,0001$);
 PE455 $\Rightarrow \hat{Y} = 213,71 + 0,18 X - 0,00087 X^2$ ($P < 0,0001$);
 PE550 $\Rightarrow \hat{Y} = 294,72 + 0,22 X - 0,00105 X^2$ ($P < 0,0001$).

Na figura 3.1, estão descritos os coeficientes de regressão das médias ajustadas pelo método dos quadrados mínimos do perímetro escrotal nas idades padrão de 365, 455 e 550 dias, em relação a idade da vaca ao parto para os arquivos PE365 (modelos 1), PE455 (modelo 4) e PE550 (modelo 7), respectivamente.

Aparentemente, o efeito da idade da vaca sobre o perímetro escrotal permaneceu importante mesmo após a desmama. Outros trabalhos descreveram que esse efeito influenciou o perímetro escrotal até aos 550 dias de idade (Lôbo et al., 1995; Del-Farra et al., 1998a; Paneto et al., 2002; Borjas et al., 2003) e, inclusive, até aos 24 meses de idade (Quirino e Bergmann, 1997; Quirino e Bergmann, 1998). Provavelmente, o crescimento testicular após a desmama seria influenciado pelas condições e reservas corporais prévias dos animais. Sabe-se que as condições nutricionais dos animais criados a pasto após desmama são limitadas pela época seca e que esse período coincide com mudanças morfo-fisiológicas dos testículos advindas do início da fase púber. As reservas estariam dependentes da dieta dos animais até a

desmama e, portanto, entre outros, da capacidade leiteira da vaca. Dessa forma, o crescimento testicular após a desmama seria, também, dependente das reservas corporais prévias e do manejo nutricional.

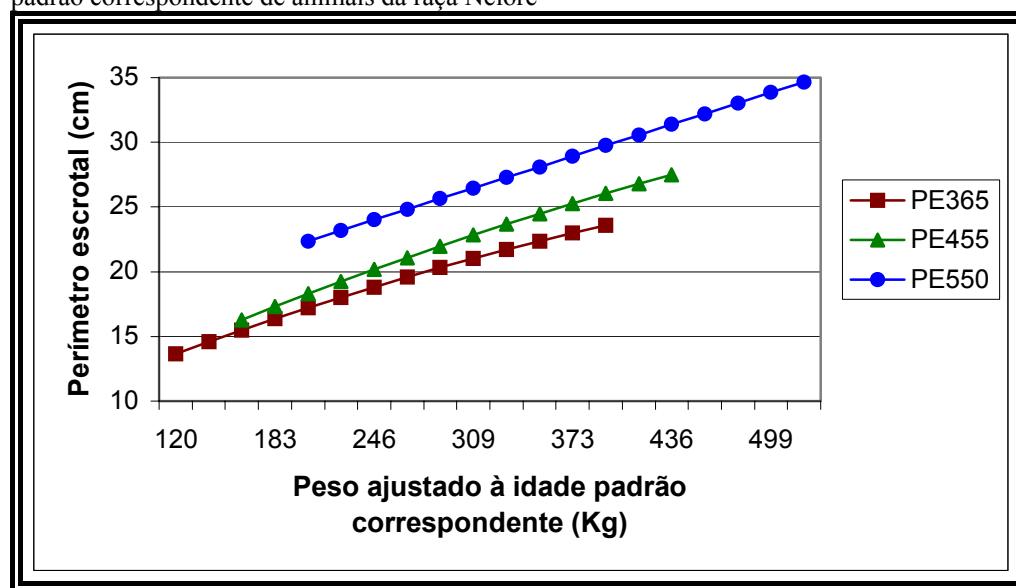
A hipótese anterior justificaria, em parte, o confundimento encontrado entre o efeito da idade da vaca e o do peso ajustado aos 365 dias de idade. Quando se incluiu, no modelo 2, o peso corporal, o efeito da idade deixou de ser significativo ($p > 0,05$). Como descrito anteriormente, o peso ajustado aos 365 dias de idade é influenciado pelo ganho de peso até a desmama, e este é influenciado pela produção leiteira da vaca. Por outro lado, quando se incluiu, no modelo 3, o ganho de peso pós-desmama (entre 210 e 365 dias de idade), o efeito da idade da vaca permaneceu importante, indicando, igualmente, que o manejo alimentar pós-desmama foi componente importante na taxa de crescimento testicular até a idade de 365 dias.

Além disso, a medida do perímetro escrotal aos 550 dias foi parcialmente influenciada pelo crescimento testicular em idades anteriores, o

que explicaria a importância da idade da vaca ao parto nesta idade. Ou seja, aproximadamente, 74% do perímetro testicular aos 550 dias de idade foi alcançado já ao ano de idade. Como pode ser observado na tabela 3.3, as diferenças entre as médias do perímetro escrotal ajustado para 365 e 550 dias de idade foi de apenas 6,83cm. Esses resultados indicam que importante

parte do crescimento testicular ocorre até os 12 meses de idade, como observado em outros estudos sobre o crescimento testicular (Bergmann et al., 1996; Gressler, 1998; Bergmann et al, 1998; Dias, 2001; Borjas et al., 2003).

Figura – 3.2. Regressão¹ das médias do perímetro escrotal ajustadas pelo método dos quadrados mínimos (arquivos PE365, PE455 e PE550, modelos 2, 5 e 8 respectivamente) em relação ao peso ajustado à idade padrão correspondente de animais da raça Nelore



¹/ PE365 $\Rightarrow \hat{Y} = 79,14 + 0,52 X - 0,00030 X^2$ ($P < 0,05$);
 PE455 $\Rightarrow \hat{Y} = 72,62 + 0,57 X - 0,00027 X^2$ ($P < 0,05$);
 PE550 $\Rightarrow \hat{Y} = 136,61 + 0,39 X$ ($P < 0,0001$).

Os comentários anteriores justificariam a importância do efeito da idade da vaca ao parto para os modelos do perímetro escrotal ajustado às idades de 455 e 550 dias (4, 5, 6, 7, 8 e 9). Nesses casos, contudo, como os pesos aos 455 e 550 dias de idade foram menos relacionados ao peso à desmama, o confundimento não existiria ou seria de menor importância. Isso explicaria a significância conjunta, nos modelos 5 e 8, dos coeficientes de regressão para peso corporal e idade da vaca ao parto.

Na figura 3.2, estão descritos os coeficientes de regressão das médias do perímetro escrotal ajustadas pelo método dos quadrados mínimos nas idades padrão de 365, 455 e 550 dias sobre o peso ajustado nas mesmas idades padrão para os arquivos PE365 (modelos 2), PE455 (modelo 5) e PE550 (modelo 8).

A regressão das médias ajustadas pelo método dos quadrados mínimos descritas na figura 3.2 ilustram a associação fenotípica entre peso e perímetro escrotal, e os resultados indicam que os efeitos linear e quadrático do peso ajustado aos 365 e 455 dias influenciaram o perímetro escrotal medido nas respectivas idades. Resultados da literatura indicam ser importantes os efeitos lineares e quadráticos do peso sobre o perímetro escrotal, embora nem sempre nas mesmas idades (Brito, 1997; Del-Farra et al., 1998a; Del-Farra et al., 1998b; Ortiz-Peña et al., 1998; Teixeira et al., 1998b; Ortiz-Peña et al., 1999; Ortiz-Peña et al., 2000; Dias et al., 2001; Karsburg et al., 2002). Entretanto, apenas o efeito linear do peso aos 550 dias influenciou o perímetro escrotal na idade correspondente. Resultados semelhantes foram relatados por

Quirino e Bergmann (1997), Dias (2000) e Karsburg et al. (2002).

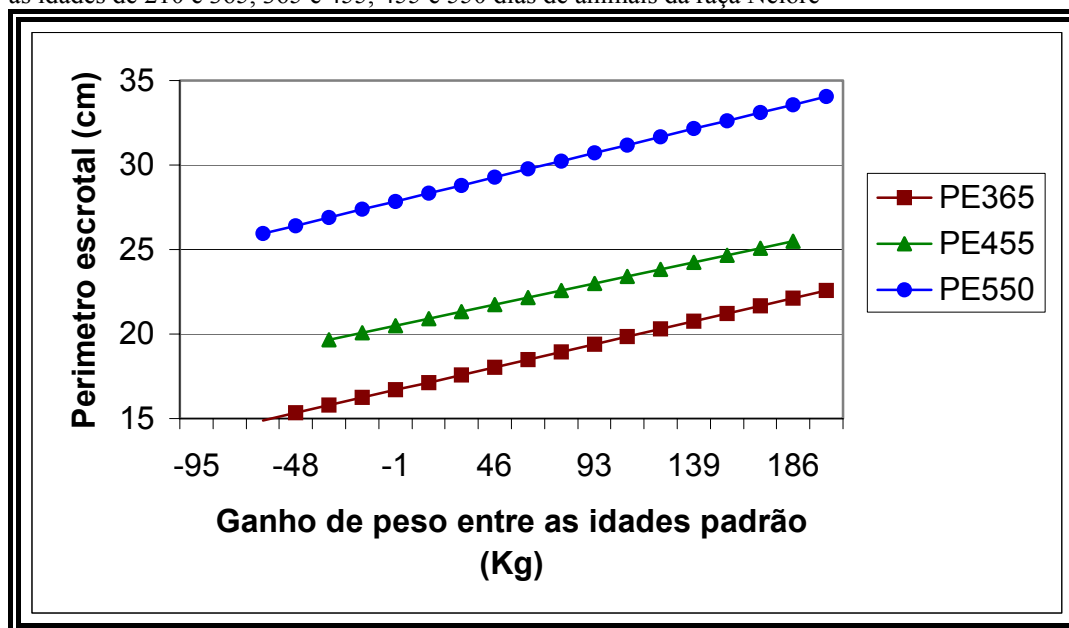
Suposições a respeito da figura 3.2 são limitadas à associação fenotípicas entre as características e necessitam de estudos mais detalhados. Contudo, na interpretação dos resultados da regressão linear e quadrática do perímetro escrotal sobre o peso corporal nas respectivas idades padrões, pode-se inferir que, aos 365 e 455 dias de idade, a dieta nutricional, representada pelo peso corporal, não seria limitante na taxa de crescimento testicular. Possivelmente, associações complexas entre a precocidade sexual, nível endócrino, genética e condições nutricionais poderiam limitar o crescimento testicular nessas idades e indicar diferenças relacionadas à precocidade sexual de machos jovens. De acordo com Kolb (1987), os andrógenos, formados nas células intersticiais dos testículos têm importância para o crescimento corporal e desenvolvimento das

características sexuais secundárias masculinas e agem no sentido de estimular o armazenamento protéico e crescimento corporal.

Trabalhos recentes corroboram com essa afirmação. Silva et al. (1999) relataram puberdade próximo ao ano de idade e maturidade sexual próximo aos 450 dias de idade em machos Nelore. Também Unanian e Martinez (2000) relataram a puberdade e maturidade sexual de machos Nelore próximo ao ano de idade.

Aos 550 dias de idade, as limitações na dieta nutricional, representada pelo peso corporal, seriam, possivelmente, mais importantes do que aspectos endócrinos, próprios das idades mais jovens, visto que, provavelmente, todos os animais já estariam púberes nessa idade. A regressão linear do perímetro escrotal aos 550 dias de idade (figura 3.2) reforçam essa afirmação.

Figura – 3.3. Regressão¹ das médias do perímetro escrotal ajustadas pelo método dos quadrados mínimos (arquivos PE365, PE455 e PE550, modelos 3, 6 e 9 respectivamente) em relação ao ganho de peso entre as idades de 210 e 365, 365 e 455, 455 e 550 dias de animais da raça Nelore



¹ PE365 $\Rightarrow \hat{Y} = 158,97 + 0,29 X$ ($P < 0,0001$);

PE455 $\Rightarrow \hat{Y} = 195,77 + 0,27 X$ ($P < 0,0001$);

PE550 $\Rightarrow \hat{Y} = 267,33 + 0,30 X$ ($P < 0,0001$).

Entretanto, a regressão linear do perímetro escrotal aos 550 dias de idade sobre o peso corporal poderia estar associada, também, à seleção praticada após o ano de idade. Verificou-se que houve intensa seleção de animais dos 365 dias (8564) aos 550 dias (4447) de idade.

Todavia, os resultados deste trabalho não permitem uma análise conclusiva sobre a associação linear e quadrática dos pesos aos 365 e 455 e linear aos 550 dias de idade sobre o perímetro escrotal, sendo recomendados estudos mais detalhados para a abordagem desse aspecto.

Na figura 3.3, pode-se observar que o ganho de peso entre as idades padrão de 210 e 365, 365 e 455, e 455 e 550 dias influenciou linearmente o crescimento testicular, sugerindo que o ganho de peso, no período anterior, influenciou o crescimento testicular. Os comentários de Silva et al. (1993) e os resultados de Paneto et al. (2002) corroboram esse achado. Ou seja, o desenvolvimento testicular reflete a condição nutricional. Quanto melhor a dieta nutricional, maior a taxa de crescimento ponderal e testicular em animais jovens (Pruit et al., 1986; Nolan et al., 1990; Silva et al., 1993; Sanches et al., 1998; Quirino, 1999). Contudo, deve-se ter em mente que o ganho de peso possui, igualmente, componente genético associado.

As estimativas de herdabilidade, para o perímetro escrotal, a partir dos diversos modelos estudados (tabela 3.4), são semelhantes às médias descritas na literatura (tabela 1.4, Capítulo I), para a raça Nelore, que relatam valores de moderados a alto e indicam variabilidade genética, o que torna a seleção para a característica mecanismo efetivo de melhoramento.

Um dos objetivos da inclusão dos pesos padronizados, ou do ganho de peso, nas predições de parâmetros genéticos do perímetro escrotal, é ajustar a característica de forma a eliminar diferenças de manejo alimentar que pudessem influenciar a identificação de machos mais precoces. Além disso, a inclusão do peso poderia ter como escopo reduzir o tamanho adulto dos machos, mas os resultados desse trabalho limitam quaisquer conclusões a esse respeito. Entretanto, apesar do efeito ter sido importante, como demonstrado nas análises de variância, a inclusão dos pesos e dos ganhos de

peso não influenciou de forma importante os valores das estimativas de herdabilidade. Contudo, houve pequenas diferenças nas estimativas com a inclusão do peso ajustado, ou do ganho de peso. Para o perímetro escrotal ajustado aos 365 dias houve, pequeno aumento na estimativa de herdabilidade, principalmente em função da maior redução da variância do resíduo quando comparada com a variância genética. Possivelmente, a inclusão no modelo do peso, ou o ganho, por conter também componente genético, esteja removendo de forma proporcional tanto a variância genética quanto a variância de resíduo e, dessa forma, não altere a estimativa de herdabilidade. Brinks (1994), citado por Dal-farra et al. (1998b), relatou resultados semelhantes e comentou ser surpreendente que o perímetro escrotal ajustado para peso corporal apresente estimativas de herdabilidade semelhante ao perímetro escrotal ajustado para a idade, o que indicaria variância genética considerável para tamanho escrotal relativo.

Para o perímetro escrotal ajustado aos 455 dias ocorreu o contrário: houve pequena diminuição da estimativa de herdabilidade, principalmente devido à maior redução na variância genética, quando comparada com a variância do resíduo.

Para o perímetro escrotal ajustado aos 550 dias, houve aumento na estimativa de herdabilidade, mais consistente quando se incluiu o peso corporal, possivelmente devido à maior redução da variância do resíduo quando comparada com a variância genética. Já a inclusão do ganho de peso causou pequeno aumento da variância genética, concomitante à pequena redução da variância do resíduo. Pode-se argumentar que a correção para o peso, ou o ganho de peso, removeu outros efeitos ambientes que agiam sobre o desenvolvimento do animal, inclusive o testicular, mas que não foram adequada ou satisfatoriamente controlados ou modelados. Resultados semelhantes foram encontrados por Ortiz-Peña et al. (2001) para o perímetro escrotal ajustado para 570 dias de idade. Entretanto, para o presente trabalho, não houve diferenças importantes entre as estimativas de herdabilidade para o perímetro escrotal ajustado aos 550 dias de idade.

De acordo com Pereira (2001), medidas zootécnicas tomadas aos 365 dias refletem,

muitas vezes, condições ambientes adversas, visto que a desmama ocorre, na maioria das populações zebuínas, no início da seca. Segundo Silva et al. (1993), o perímetro escrotal sofre, em condições de criação extensiva, a influência das estações do ano, apresentando maior crescimento na estação chuvosa do que na época seca. Segundo Paneto et al. (2002), é nesta fase do crescimento que os animais sofrem maior influência do meio. Já a idade de 455 dias coincide, geralmente, com condições ambientes mais favoráveis. Novamente, na ocasião das medidas tomadas aos 550 dias de idade, ocorre novo período seco e ambiente menos favorável. Resultados de Paneto et al. (2002), trabalhando igualmente com dados do PMGRN, sustentam esse comentário.

Devido às condições ambientes mais ou menos favoráveis, e embasados nos comentários de Silva et al. (1993), Pereira (2001) e Paneto et al. (2002), poder-se-ia supor que o peso corporal representasse situações diferentes, dependendo das estações. Durante o período seco, as diferenças de peso, provavelmente, seriam maiores e decorrentes mais do manejo nutricional, face às particularidades de cada lote, fazenda ou região. Já durante o período chuvoso, as diferenças ambientes seriam menores, pois a criação a pasto é praticada de forma mais generalizada. As diferenças observadas resultariam de diferenças genéticas entre os animais.

Poder-se-ia conjecturar, ainda, que as diferenças entre as estimativas de herdabilidade do perímetro escrotal ajustado, ou não, para as três idades são devidas à estrutura dos dados e, quanto maior for a homogeneidade de ambientes, ou seja, menores forem as diferenças de manejo nutricional entre grupos de contemporâneos, maior seria a remoção de variância genética. A pasto, o ambiente mais homogêneo ocorre no período chuvoso. Por outro lado, quanto maior a heterogeneidade de ambientes, ou seja, maiores as diferenças de manejo nutricional entre os grupos de contemporâneos, maior seria a redução da variância do resíduo. A pasto, o ambiente mais heterogêneo ocorre no período seco. Assim, recomendar-se-iam ajustes apenas quando houvesse heterogeneidade de condições ambientais entre os grupos de contemporâneos.

Contudo, Dal-Farra et al. (1998b) reportaram considerável heterogeneidade entre e dentro das médias dos grupos de contemporâneos para peso ajustado aos 550 dias de idade. No estudo, foram comparados modelos de regressores únicos para todos os conjuntos; modelos com interceptos únicos, mas com regressores lineares e quadráticos próprios para cada conjunto; e modelos com equações de predição para cada um dos conjuntos. Os autores verificaram que o modelo mais simples, regressores únicos para todos os conjuntos, foi adequado para o ajuste do perímetro escrotal, a despeito da considerável heterogeneidade de peso corporal. Ainda, segundo os autores, a considerável heterogeneidade nas médias de peso dos grupos de contemporâneos não teria acarretado alterações no padrão de crescimento testicular que justificasse ajustes diferenciados do perímetro escrotal em função do peso.

Independente da explicação, a inclusão do peso, ou do ganho de peso, como covariável, aos 455 dias de idade, reduziu mais a variância genética do que a variância do resíduo e, por conseguinte, as estimativas de herdabilidade. Aos 365 e 550 dias de idade, a inclusão do peso, ou do ganho de peso reduziu mais as variâncias do resíduo e, conseqüentemente, proporcionou maiores estimativas de herdabilidades.

Resultados escassos da literatura, e até contraditórios, indicam que o perímetro escrotal, quando ajustado para o peso corporal, apresenta valores de estimativas de herdabilidade menores (Quirino e Bergmann, 1997, Ortiz-Peña et al., 1998), ou maiores (Queiroz et al., 1999; Dias, 2000; Ortiz-Peña et al., 2001; Karsburg et al., 2002), em relação às estimativas de herdabilidade do perímetro escrotal não ajustado para o peso corporal. Brito (1997), Dal-Farra et al. (1998b) e Teixeira et al. (1998a), baseados em fatores de correção, e Ortiz-Peña et al. (2001) e Karsburg et al., (2002), fundamentados em estimativas de herdabilidade e de correlações genéticas entre peso e perímetro escrotal, sugerem o ajuste do perímetro escrotal para o peso corporal.

Bourdon e Brinks (1986), por outro lado, não recomendaram ajuste para peso corporal e argumentam que, sendo o principal objetivo o aumento da acurácia da seleção para a puberdade, os ajustes deveriam ser realizados

para idade e não para peso, já que o perímetro escrotal a um ano de idade de animais taurinos está associado com a idade à puberdade. Além disso, o peso não seria fator apenas do meio ambiente, contendo também algum componente genético. Logo, o ajuste do perímetro escrotal para peso corporal poderia estar removendo diferenças de origem genética no perímetro escrotal (Bourdon e Brinks, 1986 e Quirino e Bergmann, 1997)

Contudo, ajustar ou não o perímetro escrotal para o peso corporal, depende, entre outras coisas, dos objetivos da seleção e da correlação entre o perímetro escrotal e as características de crescimento e reprodução, inclusive das fêmeas. Tomando-se como base apenas os resultados das estimativas de herdabilidade ou de correlações genéticas com o peso na idade de 18 meses corre-se o risco de ignorar eventuais mudanças nas covariâncias com outras características

importantes. Reduções na variância genética poderiam alterar de maneira imprevisível as relações genéticas entre as características.

Diferente das opiniões de Brito (1997), Dal-Farra et al. (1998a), Dal-Farra et al. (1998b), Teixeira et al. (1998a) e Karsburg et al. (2002), as sugestões quanto ao ajuste e a idade mais adequada para a seleção para o perímetro escrotal deveriam ser avaliadas com base em análises mais complexas, envolvendo outras características de interesse. Além disso, deve-se ter em mente que a seleção para aumento do perímetro escrotal objetiva direta e indiretamente animais precoces e mais férteis. O perímetro escrotal é indicador indireto da precocidade sexual das fêmeas. Deste modo, são necessários estudos que relacionem o perímetro escrotal, o desenvolvimento corporal e os aspectos da precocidade sexual das fêmeas antes de conjecturas mais definitivas.

Tabela – 3.4. Estimativas de herdabilidade (h^2) $\pm$ erros padrão (EP), e componentes de variância para o perímetro escrotal (PE) ajustado aos 365, 455 e 550 dias de idade através de diversos modelos

Arquivos (modelos) ¹	$h^2 \pm EP$	σ^2_A	σ^2_E
PE365 (1)	0,50 $\pm$ 0,042	141,39	139,21
PE365 (2)	0,51 $\pm$ 0,042	103,90	99,54
PE365 (3)	0,52 $\pm$ 0,043	134,73	125,93
PE455 (4)	0,54 $\pm$ 0,045	291,14	244,12
PE 455 (5)	0,53 $\pm$ 0,044	218,61	190,08
PE455 (6)	0,53 $\pm$ 0,045	275,67	245,04
PE550 (7)	0,52 $\pm$ 0,060	327,12	301,68
PE550 (8)	0,59 $\pm$ 0,062	298,09	205,24
PE550 (9)	0,55 $\pm$ 0,061	335,14	279,60

^{1/} Arquivos e modelos descritos nas tabelas 3.1 e 3.2;

σ^2_A = variância genética aditiva;

σ^2_E = variância do resíduo.

Não houve diferenças importantes nas estimativas de herdabilidades entre as três idades estudadas. Contudo, as estimativas de herdabilidade do perímetro escrotal ajustado aos 365 dias de idade foram sempre inferiores às estimativas de herdabilidade do perímetro escrotal ajustado para 455 e 550 dias de idade. Resultados de literatura, para a raça Nelore, geralmente relatam estimativas de herdabilidades maiores para perímetros medidos

em idades mais avançadas; todavia, são, em geral, diferenças não importantes. No entanto, Garnero et al. (1999) reportaram estimativas maiores para o perímetro escrotal medidos em animais mais jovens.

Como foi dito anteriormente, 74% do crescimento testicular observado aos 550 dias já havia sido realizado até o ano de idade. Esse resultado indicaria que importante parte do

crescimento testicular ocorre até aos 15 meses de idade, e, como as estimativas de herdabilidade são equivalentes para as três idades, parece lógico supor ser a idade de 365 dias a mais adequada, como critério de seleção, tomando-se como base apenas esse parâmetro genético.

Os valores de estimativas de herdabilidade obtidos no presente estudo confirmam a existência de variabilidade genética para perímetro escrotal nos rebanhos analisados. Ficou também evidente que o perímetro escrotal medido precocemente apresenta estimativas de herdabilidade alta. Comentários de Bergmann et al. (1998), Gressler (1998), Gressler et al. (1998), Gressler et al. (2000) e Dias (2001) sugerem que, provavelmente, nos animais da raça Nelore, a puberdade esteja ocorrendo mais cedo, o que é corroborado pelos resultados deste estudo.

3.4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo indicam que o perímetro escrotal medido precocemente apresenta estimativa de herdabilidade equivalente ao perímetro escrotal medido mais tardiamente.

As estimativas de herdabilidade do perímetro escrotal foram equivalentes para os modelos que incluíam, ou não, ajustes para as características de desenvolvimento corporal.

Os resultados obtidos neste estudo indicam a existência de variabilidade genética nos rebanhos analisados e a possibilidade de melhoramento genético por meio da seleção pelo perímetro escrotal, principalmente em idades jovens.



Michelangelo Merisi da Caravaggio, A ceia em Emaús 1601

Caravaggio, como era conhecido, anuncia o nascimento do Barroco, do qual foi destaque especialmente por sua técnica de escorço. A ceia em Emaús retrata o encontro entre o Cristo ressuscitado e os discípulos (Lucas 24:15). A pintura combina na mesma imagem o realismo e o simbolismo estratégico. Representa Cristo e os discípulos de forma não idealizada, com detalhes para as roupas rasgadas e mãos ásperas. Caravaggio foi duramente criticado por usar camponeses como modelos para santos. Contudo, apenas gênios corajosos podem desafiar o pensamento do seu tempo e fazer a história.

“Em questões de ciência, a autoridade de mil
pessoas não tem o mesmo valor que o raciocínio
humilde de um só indivíduo.”

Galileu Galilei

**CAPÍTULO IV - AVALIAÇÃO DAS ASSOCIAÇÕES GENÉTICAS ENTRE O
PERÍMETRO ESCROTAL E A IDADE AO PRIMEIRO PARTO DE
NOVILHAS DA RAÇA NELORE DESAFIADAS TRADICIONAL OU
PRECOCEMENTE, SOB DIVERSOS MODELOS**

AVALIAÇÃO DAS ASSOCIAÇÕES GENÉTICAS ENTRE O PERÍMETRO ESCROTAL E A IDADE AO PRIMEIRO PARTO DE NOVILHAS DESAFIADAS TRADICIONAL OU PRECOCAMENTE, SOB DIVERSOS MODELOS

RESUMO

Objetivou-se neste trabalho estimar a correlação genética (r_A) entre perímetro escrotal (PE) medido aos 365 (PE365, $n = 8.564$), 455 (PE455, $n = 7.463$) e 550 (PE550, $n = 4.447$) dias de idade e idade ao primeiro parto para conjunto completo de dados (IPP, $n = 4983$), fêmeas acasaladas tradicional (IPPT, $n = 3.373$) e precocemente (IPPP, $n = 1.533$), e o peso (P) e o ganho de peso (GP) nas três idades padrão, em animais da raça Nelore, sob diferentes modelos. Além disso, buscou-se verificar a adequacidade do ajuste para ganho de peso (GP), ou peso em ambas as características, quantificar os efeitos do manejo reprodutivo (MR) sobre a idade ao primeiro parto e identificar a melhor idade para a seleção pelo PE. Os parâmetros genéticos foram estimados pelo método de máxima verossimilhança restrita com o aplicativo MTDFREML, sob modelo animal e incorporando 54.987 informações de *pedigree*. O MR consistiu em fêmeas desafiadas precoce ou tradicionalmente. O efeito da inclusão, no modelo, dos pesos e do GP causaram redução das R_A além de não causar aumentos significativos nas h^2 . Portanto, não seria adequado ajustar PE e IPP para peso ou GP. As r_A variaram de -0,39 a 0,24, dependendo do modelo. A melhor idade para seleção para PE seria aos 365 dias. A r_A entre IPPT e IPPP foi muito pequena, indicando a possibilidade de interação genótipo-ambiente. As r_A entre PE e P variaram de -0,13 a 0,53, entre PE e GP de -0,38 a 0,35 e entre idade ao primeiro parto e P de -0,32 a 0,54, dependendo do modelo. Existe tendência de inversão dos sinais nas estimativas de R_A entre peso corporal e características reprodutivas, quando se ajusta para peso. Deve-se avaliar criteriosamente a inclusão de ajustes para peso ou ganho de peso quando se avaliam características reprodutivas. A seleção para características reprodutivas ajustadas poderia diminuir a taxa de desenvolvimento ponderal.

Palavras-chave: Correlação genética, característica reprodutiva, desenvolvimento corporal, herdabilidade, interação genético-ambiente, zebu.

ESTIMATES OF GENETIC CORRELATION BETWEEN SCROTAL CIRCUMFERENCE AND AGE
AT FIRST CALVING OF NELLORE FEMALES MATED AS YEARLING OR AS TWO-YEAR OLD
HEIFERS

ABSTRACT

The objectives of this study were to estimate genetic correlation (G_A) between scrotal circumference (SC) at 365 (SC365, $n = 8,564$), 455 (SC455, $n = 7,463$) and 550 (SC550, $n = 4,447$) days of age and age at first calving considering all records (AFC, $n = 4,983$), records from female mated at two years (AFCT, $n = 3,373$) and as yearlings (AFCY, $n = 1,533$), and with weight (W) and weight gain (WG) in Nellore cattle using different models, to verify the suitability of adjustments for weight gain (WG) and body weight in both traits, to evaluate the effects of reproduction management (RM) for age at first calving and to identify the best age for selection of SC. Genetic parameters were estimated using REML methodology (MTDFREML), with animal models and considering the relationships among 54,987 animals. The RM consisted of females mated as yearlings or as two-year old mating females. The adjustment for weight and WG caused reduction in G_A but no important changes in heritability. Therefore, unadjusted models are more suitable. The estimates of G_A ranged -0.39 to 0.24 , depending on the model. The best age for selecting for SC would be 365 days. The G_A between AFCT and AFCY was very small, indicating genotype environment interaction. The G_A between SC and W ranged -0.13 to 0.53 , between SC and WG from -0.38 to 0.35 and between age of first calving and W from -0.32 to 0.54 , depending on the model. Judiciously evaluation should be made when reproduction traits are adjusted for weight and weight gain. There was tendency of inversion of sign for G_A between weight and reproduction traits adjusted for weight. Selection for reproduction traits adjusted for body weight could reduce weight.

Keywords: Genetic correlation, genotype environment interaction, heritability, reproduction traits, weight traits, zebu cattle.

4.1. INTRODUÇÃO

Apesar do crescente número de trabalhos que visam estimar parâmetros genéticos de características reprodutivas da raça Nelore, são escassos aqueles que relacionam o perímetro escrotal às características das fêmeas e, especialmente, raros aqueles que apresentam estimativas de correlações genéticas sob diferentes modelos.

Na literatura consultada, capítulo I, apenas Dias (2000) estimou, sob diferentes modelos, a correlação genética entre o perímetro escrotal, ajustado para a idade e, ou, o peso quando da medição, e a idade ao primeiro parto considerando diferentes grupos de contemporâneos. Além disso, não foram encontradas na literatura, estimativas da correlação genética entre o perímetro escrotal em diferentes idades de medição e a idade ao primeiro parto na raça Nelore, quando são considerados diversos modelos. Entretanto, são freqüentes as discussões sobre o efeito do ajuste do perímetro escrotal para peso corporal, e os questionamentos quanto à medição do perímetro escrotal em idades jovens.

Trabalhos recentes recomendam o ajuste do perímetro escrotal para peso corporal (Brito, 1997; Dal-Farra et al., 1998b; Teixeira et al., 1998; Karsburg et al., 2002) e questionam a mensuração do perímetro escrotal em idades jovens (Unanian et al., 2000 e Unanian e Martinez, 2000). Contudo, esses comentários não são fundamentados nas estimativas de correlações genéticas entre o perímetro escrotal e características reprodutivas das fêmeas. Além disso, existe consenso de que as práticas de manejo reprodutivo, tais como a utilização de estações de monta de curta duração e, principalmente, o atraso deliberado da entrada das fêmeas em reprodução são fatores ambientes que podem interferir na expressão da idade ao primeiro parto de animais da raça Nelore. Existem poucos estudos que visam quantificar o impacto desses fatores sobre as estimativas de parâmetros genéticos. Concomitantemente, são escassas as estimativas de correlação genética entre idade ao primeiro parto e o peso corporal em idades jovens, e entre as características reprodutivas das fêmeas, sob diferentes modelos.

Em vista disso, são objetivos do presente estudo:

- Identificar a melhor idade para a seleção do perímetro escrotal, considerando diferentes modelos.
- Quantificar o efeito do ajuste para o peso corporal em relação a modelagem do perímetro escrotal e da idade ao primeiro parto.
- Quantificar os efeitos do manejo reprodutivo sobre estimativas de parâmetros genéticos da idade ao primeiro parto.
- Estimar as correlações genéticas entre características reprodutivas e características de desenvolvimento ponderal, considerando diferentes modelos.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1. Material

Os dados utilizados neste estudo foram provenientes do Programa de Melhoramento Genético da Raça Nelore (PMGRN), conduzido, desde 1988, pelo Setor de Genética, Melhoramento Animal e Computação (GEMAC) do Departamento de Genética da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. A metodologia de condução deste programa nos rebanhos participantes, a colheita, a consistência e a manutenção da base de dados são descritos por Lôbo (1996).

Os dados apresentados na tabela 4.1, referem-se à idade ao primeiro parto, ao perímetro escrotal e às características de desenvolvimento ponderal. Maiores detalhes foram descritos nos capítulos 2 e 3.

Para este trabalho, buscou-se adotar sugestões de Notter (1995), Pereira et al. (2000) e Pereira et al. (2002), isto é, a idade ao primeiro parto (IPP) foi considerada como duas características distintas - idade ao primeiro parto tradicional (IPPT) e idade ao primeiro parto precoce (IPPP), de acordo com a idade na qual ocorreu a primeira exposição aos touros. Assim, o arquivo completo de idade ao primeiro parto, denominado de IPP, foi subdividido em outros dois arquivos, denominados IPPT e IPPP. O arquivo IPPT continha informações de fêmeas acasaladas em idade tradicional, cuja observação do primeiro

parto ocorreu após os 29 meses de idade, desde que as contemporâneas (fêmeas nascidas no mesmo ano e na mesma fazenda) tivessem apresentado, também, o primeiro parto após os 29 meses de idade. O arquivo IPPP continha as informações dos rebanhos e períodos não incluídos no arquivo IPPT. Isto é, as informações completas das fêmeas acasaladas precocemente,

que pariram antes dos 29 meses de idade e de suas contemporâneas (fêmeas nascidas no mesmo ano e fazenda) que pariram mais tardiamente, após os 29 meses de idade apesar de terem sido desafiadas, igualmente, em idade precoce.

Tabela – 4.1. Estrutura dos arquivos utilizados nas análises para características reprodutivas de machos e fêmeas Nelore

Arquivos	N animais	N fazendas	N touros	N matrizes	N GC
IPP GC	4.983	15	251	4.054	349
IPP GCMR	4.983	15	251	4.054	366
IPPT	3.373	15	211	2.874	252
IPPP GC	1.533	15	95	1.268	93
IPPP GCMR	1.533	5	95	1.268	108
PE365	8.564	20	385	6.500	356
PE455	7.563	20	344	5.807	312
PE550	4.447	16	227	3.609	201
PF365	4.983	15	251	4.054	349
PM365	8.564	20	385	6.500	356
GM365	8.564	20	385	6.500	356
PM455	7.563	20	344	5.807	312
GM455	7.563	20	344	5.807	312
PM550	4.447	16	227	3.609	201
GM550	4.447	16	227	3.609	201

IPP GC = arquivo completo, contendo a idade ao primeiro parto com estrutura de grupo de contemporâneos (GC) definido como fazenda, mês e ano de nascimento dos animais;

IPP GCMR = arquivo completo, contendo a idade ao primeiro parto com estrutura de grupo de contemporâneos manejo reprodutivo (GCMR) definido como fazenda, mês e ano de nascimento dos animais e o manejo reprodutivo das fêmeas;

IPPT = arquivo contendo a idade ao primeiro parto apenas das fêmeas que pariram após os 29 meses de idade com estrutura de grupo de contemporâneos (GC) definido como fazenda, mês e ano de nascimento dos animais;

IPPP = arquivo contendo a idade ao primeiro parto de fêmeas que pariram antes dos 29 meses de idade e suas contemporâneas que pariram tardiamente com estrutura de grupo de contemporâneos (GC) definido como fazenda, mês e ano de nascimento dos animais;

IPPP GCMR = arquivo contendo a idade ao primeiro parto de fêmeas que pariram antes dos 29 meses de idade e suas contemporâneas que pariram tardiamente com estrutura de grupo de contemporâneos (GCMR) definido como fazenda, mês e ano de nascimento dos animais e manejo reprodutivo das fêmeas;

PE365 = arquivo contendo o perímetro escrotal ajustado para a idade padrão de 365 dias;

PE455 = arquivo contendo o perímetro escrotal ajustado para a idade padrão de 455 dias;

PE550 = arquivo contendo o perímetro escrotal ajustado para a idade padrão de 550 dias;

PF365 = arquivo contendo o peso padrão aos 365 dias de idade apenas de fêmeas;

PM365 = arquivo contendo o peso padrão aos 365 dias de idade apenas de machos;

PM455 = arquivo contendo o peso padrão aos 455 dias de idade apenas de machos;

PM550 = arquivo contendo o peso padrão aos 550 dias de idade apenas de machos;

GM365 = arquivo contendo o ganho de peso entre a idade padrão de 210 e 365 dias apenas de machos;

GM455 = arquivo contendo o ganho de peso entre a idade padrão de 365 e 455 dias apenas de machos;

GM550 = arquivo contendo o ganho de peso entre a idade padrão de 455 e 550 dias apenas de machos;

GC = Grupo de contemporâneo.

O arquivo de característica reprodutiva dos machos foi subdividido em três outros arquivos, definidos como PE365, PE455 e PE550, que continham informações completas dos animais e medidas do perímetro escrotal nas idades de 365, 455 e 550 dias, respectivamente. As medidas do perímetro escrotal, tomadas próximo a essas idades, foram ajustadas para a idade do animal, quando da medida, semelhante ao procedimento relatado por Lôbo (1996), Dias (2001) e Borjas et al. (2003), devido à importância atribuída a esse fator em pesquisas na raça Nelore (Bergmann et al., 1996; Quirino e Bergmann, 1997; Silva e Tonhati, 1997; Del-Farra et al., 1998b; Gressler, 1998; Gressler et al., 1998; Ortiz-Peña et al., 1999; Gressler et al., 2000; Dias et al., 2001; Karsburg et al., 2002).

Para a obtenção dos pesos nas idades padrão, ganhos de peso e medidas de perímetro escrotal ajustado para as idades padrão utilizou-se as expressões empregadas por Lôbo (1996), detalhadas nos capítulos 2 e 3.

Para as características de desenvolvimento ponderal das fêmeas, foi criado um arquivo correspondente ao peso ajustado para 365 dias de idade (PF365). Para as características de desenvolvimento ponderal dos machos foram criados seis arquivos: três arquivos de pesos nas três idades padrão (PM365, PM455, PM550), e três arquivos de ganhos de pesos entre as idades padrão de 210 e 365 dias (GM365), de 365 e 455 dias (GM455) e de 455 e 550 dias (GM550).

Após a consistência e a subdivisão dos arquivos, os dados foram submetidos à análise completa de conexidade entre grupos de contemporâneos, utilizando-se o algoritmo MILC (Matriz de Incidência, Laços genéticos e Conectabilidade), proposto por Fries e Roso (1997). Para ser considerado conectado à base de dados principal, o grupo de contemporâneo, definido como fazenda, mês, ano e, para algumas características, manejo reprodutivo, deveria possuir, no mínimo, 11 laços genéticos diretos com outro grupo de contemporâneos e, no mínimo, três pais (touro ou vaca) conectados, de acordo com as definições prévias do algoritmo MILC.FOR para cada característica avaliada. Para as avaliações com duas características, os arquivos foram reagrupados dois a dois, de acordo com a análise em questão.

A matriz de parentesco utilizada totalizou 54.987 animais diferentes, nascidos entre os anos de 1933 e 2000. Do total de animais incluídos na matriz de parentesco, 38,8% (21.339) eram endogâmicos, e estes apresentavam coeficiente de endogamia médio de 2,9%.

4.2.2. Métodos

As análises estatísticas foram realizadas nos computadores do laboratório de análises de dados de melhoramento animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG. Inicialmente, foram processadas análises utilizando-se o procedimento GLM do pacote estatístico SAS (1998), como detalhado nos capítulos 2 e 3.

O efeito fixo dos grupos de contemporâneos dos arquivos IPP e IPPP foram codificados de duas formas diferentes: como fazenda, mês e ano de nascimento do animal (GC) e como fazenda, mês, ano de nascimento e o manejo reprodutivo (GCMR). O manejo reprodutivo 1 (um) foi definido como aquele em que as fêmeas pariram antes dos 29 meses de idade, portanto, aquelas que conceberam em sua primeira estação de monta. O grupo de contemporâneos com manejo reprodutivo 2 (dois) foi aquele em que as fêmeas pariram após os 29 meses de idade e, portanto, não conceberam na primeira estação de monta, apesar de terem sido igualmente desafiadas em idade precoce. O manejo reprodutivo 3 (três) foi aquele em que as fêmeas foram acasaladas tradicionalmente, parindo pela primeira vez após os 29 meses de idade. Esse último manejo reprodutivo só foi considerado no arquivo IPP. Para o arquivo IPPT, o grupo de contemporâneos foi definido como sendo a fazenda, o mês e o ano de nascimento do animal.

Para a estimativa dos componentes de (co)variância, necessários para as estimativas de herdabilidade e correlações genéticas, foi utilizado o método de máxima verossimilhança restrita livre de derivadas sob modelo animal, com inclusão da matriz de parentesco disponível entre animais fornecedores de informações e seus antepassados. Para tanto, utilizou-se o programa MTDFREML, desenvolvido por Boldman et al. (1995). Foram gastas 3.142 horas nas análises finais, considerando-se apenas o aplicativo MTDFREML. Destas análises, algumas foram realizadas simultaneamente em até seis

microcomputadores. Os microcomputadores utilizados nas análises foram três Pentium 166 MHZ de 64MB RAM, três Pentium III 550 MHZ de 126MB RAM, um AMD Duron 1.100 MHZ de 120MB RAM e um Pentium III, 1.100 MHZ, de 512MB RAM.

Os valores iniciais foram obtidos a partir da literatura e das análises de variância para cada característica.

A cada ciclo, após a verificação da convergência (variância do *Simplex* inferior a 10^{-10}) o programa MTDFREML era reiniciado, usando-se como valores de (co)variâncias iniciais aqueles obtidos na análise anterior. Este procedimento foi repetido até que os componentes estimados não diferissem entre uma análise e outra, e as funções de máxima verossimilhança ($-2\text{Log}(L_2)$) fossem inferiores a 0,002 unidades, de acordo com as recomendações de Boldman et. al. (1995). Além disso, após a obtenção das estimativas, cada análise foi reiniciada com diferentes valores iniciais, para garantir que os valores dos componentes estimados correspondessem ao máximo absoluto da função de verossimilhança, e na tentativa de se evitar a convergência para máximos locais.

As análises com duas características foram realizadas com o objetivo principal de se estimar as covariâncias e as correlações genéticas entre as características. Foi adotada estratégia similar à proposta por Boldmann et. al. (1995), a qual consiste em: a) análises com características únicas; b) análise com duas características, fixando-se as variâncias com os valores encontrados na análise com uma característica, estimando-se as covariâncias com baixa precisão ($\text{Var}(-2\text{Log}(L_2)) < 10^{-3}$); c) análise com duas características, com os valores preliminares obtidos na etapa anterior, sem se fixar qualquer componente e adotando-se também baixa precisão; d) repetição da etapa anterior, elevando-se o nível de precisão ($\text{Var}(-2\text{Log}(L_2)) < 10^{-10}$); e) repetição da etapa anterior até que a diferença em $-2\text{Log}(L_2)$ de duas repetições sucessivas fosse menor do que 0,002 unidades.

Para as análises com duas características, incluindo características reprodutivas de sexos diferentes ou características que não fossem medidas no mesmo animal, como as idades ao

primeiro parto tradicional e a precoce, as covariâncias ambientes iniciais foram consideradas inexistentes, seguindo as recomendações de Boldmann et. al. (1995).

A escolha do modelo apropriado baseou-se nas informações referentes aos efeitos ambientes investigados anteriormente (capítulos 2 e 3), que, em notação matricial, é descrito a seguir:

$$y = X\beta + Zu + e, \text{ em que:}$$

- y = vetor de observações;
- X = matriz de incidência associada aos efeitos fixos;
- Z = matriz de incidência associada aos efeitos aleatórios;
- β = vetor de soluções para os efeitos fixos;
- u = vetor de soluções para os valores genéticos dos animais;
- e = vetor de erros aleatórios.

Sob este modelo geral:

$E(y) = X\beta$; $E(u) = 0$; $E(e) = 0$; $\text{Cov}(u, e) = 0$;
 $V(y) = ZGZ' + R$;
 $V(u) = G$, sendo G matriz não singular conhecida das variâncias e covariâncias dos efeitos em u ;
 $V(e) = R$, sendo R matriz não singular das variâncias e covariâncias dos efeitos residuais.

O vetor de observações correspondeu a uma das quatro características estudadas: idade ao primeiro parto, perímetro escrotal, pesos nas idades padrão e ganhos de peso entre as idades padrão.

Nesse estudo, optou-se por seguir a orientação de Borjas et al. (2003), que consideraram o efeito materno de pequena importância prática e concluíram não ser necessário incluir os efeitos aleatórios materno e de ambiente permanente em análises do perímetro escrotal.

Para melhor compreensão dos resultados de correlação genética entre as diferentes características a partir dos vários modelos, foram estimadas médias aritméticas das correlações genéticas para cada característica e modelo, entre características e médias gerais para todos os modelos.

Para a obtenção da resposta à seleção direta e indireta e da eficiência relativa da seleção

indireta *versus* a seleção direta, utilizou-se as seguintes expressões (Falconer, 1987):

$$\begin{aligned} \text{Resposta à seleção direta} &= h_x^2 * i_x * \sigma_{px}, \\ \text{resposta à seleção indireta} &= i_y * h_x * h_y * r_{Axy} * \sigma_{px}, \\ \text{eficiência relativa da resposta indireta} &= (r_{Axy} * i_y * h_y) \div (i_x * h_x), \end{aligned}$$

em que:

h^2 = herdabilidade;

h = raiz quadrada da herdabilidade;

i = intensidade de seleção;

σ_p = desvio padrão fenotípico;

r_{Axy} = correlação genética aditiva; sendo

x = idade ao primeiro parto; e

y = perímetro escrotal.

A estrutura dos modelos, os efeitos fixos, e as (co)variáveis de cada característica analisada para cada um dos 25 modelos está sumarizada na tabela 4.2.

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De modo geral, os valores das estimativas de herdabilidades obtidos nas diversas análises com duas características, entre idade ao primeiro parto e o perímetro escrotal (apêndice C, tabelas C.1 a C.9), foram semelhantes aos das estimativas obtidas nas análises com característica única, descritas nos capítulos 2 e 3, e próximos às médias descritas na literatura para a raça Nelore (tabela 1.4 e 1.8, capítulo I).

Com relação às estimativas de herdabilidade e correlações genéticas utilizando diversos modelos, provenientes das análises com duas características entre o perímetro escrotal ajustado para 365, 455 e 550 dias de idade, observa-se semelhança com achados da literatura (apêndice C, nas tabelas C.10 a C.13).

As estimativas de herdabilidade obtidas nas análises com duas características, entre os

perímetros escrotais, foram ligeiramente maiores do que as estimativas obtidas de análises com característica única. Quando obtidas a partir de análises conjuntas, as estimativas de correlações genéticas foram elevadas, com médias aritméticas variando de 0,88 e 0,95, entre perímetro escrotal aos 365 e aos 550 e 455 dias de idade, respectivamente. De forma semelhante, foi elevada a correlação genética (0,96) entre os perímetros escrotais ajustados para 455 e 550 dias de idade. Os resultados indicam grande associação genética entre as medidas do perímetro escrotal, o que era esperado, pois o desenvolvimento testicular até o ano de idade expressa parte significativa do crescimento testicular a idades posteriores. Além disso, as estimativas foram maiores entre medidas tomadas entre idades próximas. Assim, medidas do perímetro escrotal aos 365 dias foram menos associadas às medidas aos 550 dias. Contudo, apesar de estarem muito associadas geneticamente, haveria, ainda, possibilidade para atuação de grupos gênicos distintos. Os resultados das estimativas de correlações genéticas entre o perímetro escrotal nas três idades e a idade ao primeiro parto, descritos a seguir, evidenciam esse fato, indicando que, apesar de os perímetros escrotais, medidos em idades diferentes serem muito associados geneticamente, suas correlações genéticas com outras características não são, necessariamente, equivalentes.

Um dos objetivos da inclusão dos pesos padronizados, ou dos ganhos de peso, nas predições de parâmetros genéticos do perímetro escrotal e da idade ao primeiro parto é o de ajustar as características de forma a eliminar diferenças de manejo alimentar que pudessem influenciar na identificação de animais mais precoces. Além disso, a inclusão da característica ponderal poderia ter como escopo reduzir o tamanho adulto. Na expectativa de elucidar essas questões e de avaliar a relação genética entre características reprodutivas e de desenvolvimento ponderal, foram realizadas as análises de correlação genética descritas a seguir.

Tabela – 4.2. Sumário dos modelos utilizados

Modelos ¹	Arquivos	Variáveis dependentes	Efeitos fixos	Covariável 1	Covariável 2
1	IPP GC	IPP	GC	P365[2]	
2	IPP GCMR	IPP	GCMR	P365[2]	
3	IPP GC	IPP	GC		
4	IPP GCMR	IPP	GCMR		
5	IPPT	IPP	GC	P365[2]	
6	IPPT	IPP	GC		
7	IPPP GC	IPP	GC	P365[1]	
8	IPPP GCMR	IPP	GCMR		
9	IPPP GC	IPP	GC		
10	PE365	PE365	GC		IVP[2]
11	PE365	PE365	GC	P365[2]	
12	PE365	PE365	GC	G365[1]	IVP[2]
13	PE455	PE455	GC		IVP[2]
14	PE455	PE455	GC	P455[2]	IVP[2]
15	PE455	PE455	GC	G455[1]	IVP[2]
16	PE550	PE550	GC		IVP[2]
17	PE550	PE550	GC	P550[1]	IVP[2]
18	PE550	PE550	GC	G550[1]	IVP[2]
19	PF365	P365	GC		
20	PM365	P365	GC		
21	PM455	P455	GC		
22	PM550	P550	GC		
23	GM365	G365	GC		
24	GM455	G455	GC		
25	GM550	G550	GC		

^{1/} Arquivos descritos na tabela 4.1;

IPP = idade ao primeiro parto;

PE365 = perímetro escrotal ajustado para a idade padrão de 365 dias;

PE455 = perímetro escrotal ajustado para a idade padrão de 455 dias;

PE550 = perímetro escrotal ajustado para a idade padrão de 550 dias;

P365 = peso padrão aos 365 dias de idade;

P455 = peso padrão aos 455 dias de idade;

P550 = peso padrão aos 550 dias de idade;

G365 = ganho de peso entre a idade padrão de 210 e 365 dias;

G455 = ganho de peso entre a idade padrão de 365 e 455 dias;

G550 = ganho de peso entre a idade padrão de 455 e 550 dias;

P365[1] = peso padrão aos 365 dias de idade (efeito linear);

P365[2] = peso padrão aos 365 dias de idade (efeitos linear e quadrático);

P455[2] = peso padrão aos 455 dias de idade (efeitos linear e quadrático);

P550[1] = peso padrão aos 550 dias de idade (efeito linear);

G365[1] = ganho de peso entre a idade padrão de 210 e 365 dias (efeito linear);

G455[1] = ganho de peso entre a idade padrão de 365 e 455 dias (efeito linear);

G550[1] = ganho de peso entre a idade padrão de 455 e 550 dias (efeito linear);

IVP[2] = idade da vaca ao parto (efeitos linear e quadrático);

GC = grupo de contemporâneos que inclui fazenda, mês e ano de nascimento;

GCMR = grupo de contemporâneos que inclui, além da fazenda, mês e ano de nascimento e o manejo reprodutivo das fêmeas.

Na tabela 4.3, estão descritas as estimativas de correlações genéticas entre os pesos ajustados aos 365 dias de idade das fêmeas, utilizados também como covariável nos modelos 1, 2, 5 e 7, e a idade ao primeiro parto, modelos de 1 a 9. Os resultados encontrados foram contraditórios, semelhantes aos observados na literatura, indicando que a correlação genética entre o peso corporal e a idade ao primeiro parto pode variar de valores positivos e desfavoráveis (Mariante e Zancaner, 1985 e Barbosa, 1991) a negativos e favoráveis (Bourdon e Brinks, 1982; Mercadante, 1995; Garnero et al., 2001 e Gressler, 2003).

As estimativas das correlações genéticas entre o peso aos 365 dias de idade e a idade ao primeiro parto para os modelos 1, 2, 5 e 7, que incluíam o peso corporal, apresentaram sinais positivos e desfavoráveis, em relação às estimativas das correlações genéticas com os modelos 3, 4, 6, 8

e 9, que não incluíam esse efeito e apresentaram sinal negativo, indicando associação favorável entre a idade ao primeiro parto e o peso aos 365 dias de idade. Aparentemente, quando o peso corporal foi incluído no modelo da idade ao primeiro parto, as associações genéticas entre as características reprodutivas das fêmeas e as expressões do peso corporal foram diferentes. Resultados igualmente contraditórios foram descritos na raça Nelore por Mariante e Zancaner (1985), quando incluíram o peso corporal no modelo para a idade ao primeiro parto. Abrahão et al. (2002), sem ajustar para o peso corporal, relataram correlações positivas entre peso adulto e idade ao primeiro parto e entre peso aos 365 dias e peso adulto, concluindo que a seleção a favor da precocidade sexual, efetuada a partir da idade ao primeiro parto, levaria a redução do tamanho adulto do animal.

Tabela – 4.3. Estimativas de herdabilidade, correlações genéticas e componentes de (co)variância, provenientes das análises conjuntas entre o peso padronizado aos 365 dias de idade (PF, variável 1) e a idade ao primeiro parto (IPP, IPPT e IPPP, variável 2), por meio de diversos modelos (entre parênteses)

Parâmetro genético ¹	PF365 (19)								
	IPP (1)	IPP (2)	IPP (3)	IPP (4)	IPPT (5)	IPPT (6)	IPPP (7)	IPPP (8)	IPPP (9)
σ^2_{A1}	159,27	157,46	195,25	157,60	158,55	158,40	158,97	157,07	158,97
$\sigma_{A1,2}$	9,00	9,64	-2,40	-4,72	8,36	-4,28	8,73	-6,43	-1,63
σ^2_{A2}	2,30	2,07	1,84	1,61	1,53	1,14	4,61	3,27	4,14
σ^2_{E1}	206,54	207,87	206,55	207,78	207,06	207,16	206,74	208,13	206,76
$\sigma_{E1,2}$	9,83	17,74	-4,94	-1,31	11,50	-4,48	9,49	4,44	-3,97
σ^2_{E2}	11,71	11,07	11,36	9,60	12,06	11,60	10,57	5,36	10,20
h^2_1	0,44	0,43	0,44	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
h^2_2	0,16	0,16	0,14	0,14	0,11	0,09	0,30	0,38	0,29
r_A	0,47	0,53	-0,14	-0,30	0,54	-0,32	0,32	-0,28	-0,06

^{1/} $\sigma_{Ai,j}$ = (co)variância genética aditiva;

$\sigma_{Ei,j}$ = (co)variância do resíduo;

h^2_i = herdabilidade;

r_A = correlação genética;

Para as variâncias $i = j$; para as covariâncias $i \neq j$; $i, j = 1, 2$ (variáveis).

A partir desses resultados, pode-se inferir que, com base nas estimativas das correlações genéticas entre o peso corporal e a idade ao primeiro parto, encontradas nos modelos 1, 2, 5 e 7, haveria a possibilidade de seleção para maior precocidade sexual e fertilidade sem o inconveniente aumento do tamanho adulto.

Entretanto, como as correlações estimadas são de magnitude moderada (de 0,47 a 0,54), a seleção para precocidade sexual (menor IPP) poderia levar a alterações desfavoráveis na taxa de desenvolvimento ponderal, e deveria ser analisada com cautela. A baixa correlação genética (-0,06) para o modelo 9 (não ajustado

para o peso corporal) indicaria, todavia, pouca ênfase no tamanho adulto, sem contudo, comprometimento no ganho genético para precocidade sexual. Mercadante (1995), Garner et al. (2001) e Dias (2001) também encontraram correlações genéticas baixas entre peso corporal e idade ao primeiro parto.

Aparentemente, a formação de grupos de contemporâneos incluindo o manejo reprodutivo possibilitou correlações ligeiramente maiores entre o peso corporal e a idade ao primeiro parto. Quando se compara as estimativas de correlações obtidas a partir dos modelos 1 e 2 (0,47 e 0,53), 3 e 4 (-0,14 e -0,30) e 8 e 9 (-0,28 e -0,06) observa-se que a inclusão do manejo reprodutivo (modelos 2, 4 e 8) aumentou o valor absoluto da estimativa de associação genética entre as características. Admite-se que a melhor estrutura desses dados ocorreria quando se incluiu o manejo reprodutivo, possibilitando maior

adequacidade dos modelos e, provavelmente, refletindo-se nas estimativas de correlações genéticas. Resultados descritos no capítulo 2, de fato, indicam maiores coeficientes de determinação para os modelos que incluíam o manejo reprodutivo.

Na tabela 4.4, estão descritas as estimativas de correlações genéticas entre os pesos dos machos ajustados para 365, 455 e 550 dias de idade, utilizados, também, como covariável nos modelos 11, 14 e 17, e os perímetros escrotais ajustados para 365, 455 e 550 dias de idade (modelos de 10 a 18).

Semelhantes aos descritos para a idade ao primeiro parto, os resultados encontrados foram contraditórios, indicando que a correlação genética entre o peso corporal e os perímetros escrotais pode variar de valores positivos (favoráveis) a negativos (desfavoráveis).

Tabela – 4.4. Estimativas de herdabilidade, correlações genéticas e componentes de (co)variância, provenientes das análises conjuntas entre o peso padronizado aos 365 dias de idade (PM, variável 1) e o perímetro escrotal ajustado para 365, 455 e 550 dias de idade (PE365, PE455 e PE550, variável 2), por meio de diversos modelos (entre parênteses)

Parâmetro genético ¹	PM365 (20)			PM455 (21)			PM550 (22)		
	PE365 (10)	PE365 (11)	PE365 (12)	PE455 (13)	PE455 (14)	PE455 (15)	PE550 (16)	PE550 (17)	PE550 (18)
σ^2_{A1}	324,74	324,77	325,51	394,83	394,73	394,82	413,36	413,31	413,86
$\sigma_{A1,2}$	110,15	-24,03	113,15	67,51	-11,36	176,33	124,00	-31,64	135,96
σ^2_{A2}	140,87	105,89	142,65	289,41	218,85	300,59	331,77	296,89	329,66
σ^2_{E1}	275,31	275,28	274,76	355,13	355,20	355,12	489,46	482,51	489,12
$\sigma_{E1,2}$	106,10	-8,18	113,76	141,11	-21,85	162,09	216,08	31,70	240,08
σ^2_{E2}	140,49	99,40	146,23	246,35	191,33	258,00	299,36	206,19	324,12
h^2_1	0,54	0,54	0,54	0,53	0,53	0,53	0,46	0,46	0,46
h^2_2	0,50	0,52	0,49	0,54	0,53	0,54	0,53	0,59	0,50
r_A	0,51	-0,13	0,53	0,50	-0,04	0,51	0,33	-0,09	0,37

^{1/} $\sigma_{Ai,j}$ = (co)variância genética aditiva;

$\sigma_{Ei,j}$ = (co)variância do resíduo;

h^2_i = herdabilidade;

r_A = correlação genética;

Para as variâncias $i = j$; para as covariâncias $i \neq j$; $i, j = 1, 2$ (variáveis).

Todavia, não houve diferenças importantes entre as estimativas de correlações genéticas envolvendo os modelos 12, 15 e 18, ajustados para o ganho de peso, em relação aos modelos 10, 13 e 16, não ajustados para essa característica ponderal. A pequena diferença entre estimativas

ocorreu, possivelmente, por ser o ganho de peso menos correlacionado geneticamente com o perímetro escrotal e componente parcial do peso.

Os resultados descritos na tabela 4.5 consistem das estimativas de correlações genéticas entre os

ganhos de peso (arquivos PE365, PE455 e PE550), utilizados também como covariável nos modelos 12, 15 e 18, e os perímetros escrotais (modelos de 10 a 18). Diferentemente das análises descritas na tabela 4.4, houve nesse caso, mudanças importantes entre as correlações genéticas entre o perímetro escrotal (modelos 11, 14 e 17) e o ganho de peso nas três idades.

Sabe-se que os modelos ajustados para peso incluem, também, toda a variância do ganho de peso anterior. Além disso, o peso faz parte do modelo quando o perímetro escrotal é ajustado para características de crescimento. Contudo, os modelos ajustados para ganho de peso apresentaram estimativas de correlações genéticas diferentes, dependendo da idade em que o perímetro escrotal foi medido. As estimativas tenderam a ter sentido contrário quando envolveram modelos ajustados. Ortiz-Peña et al. (2001) também relataram correlações genéticas com inversão do sinal entre expressões de peso corporal e o perímetro escrotal, quando compararam modelos de perímetro escrotal ajustado e não ajustado para o peso. Dessa forma, para o perímetro escrotal medido aos 365 e 455 dias de idade, as correlações tenderam para valores negativos, próximos de zero. Para o perímetro escrotal medido aos 550 dias de idade (modelo 17), a correlação tendeu para valor negativo, porém, muito mais elevado.

Possivelmente, o ganho de peso em idades mais jovens estaria relacionado com o início da puberdade. Animais púberes passariam a ter maior crescimento simultâneo dos tecidos, ósseos, musculares e testiculares, ou seja, maiores taxas de crescimento relativo nessas idades. De acordo com Kolb (1987), os andrógenos formados nas células intersticiais dos testículos têm importância para o crescimento e o desenvolvimento das características sexuais secundárias masculinas e agem no sentido de estimular o armazenamento protéico.

Na idade de 550 dias, as mudanças na curva de crescimento testicular estariam mais relacionadas com a maturidade sexual dos animais (Silva et al., 1999). Ou seja, o modelo 16 estaria evidenciando que os genes relacionados com maior ganho de peso, dos 455 aos 550 dias, não estariam associados aos genes para crescimento testicular e, possivelmente, seriam indício de maturidade sexual. O fato de que a precocidade

sexual esteja associada a taxas de crescimento corporal relativo em idades jovens, evidenciando a importância das diferenças entre curvas de crescimento dos animais, foi demonstrado nos trabalhos de Bergmann e Hohenboken (1992), Quirino et al. (1996) e Abrahão et al. (2002).

As estimativas obtidas neste trabalho, de correlações genéticas negativas, poderiam indicar, semelhante às suposições de Ortiz-Peña et al. (2001), em trabalho com perímetros escrotais de animais mais velhos (570 dias de idade), que os genes envolvidos na determinação da velocidade de crescimento estariam pouco relacionados com a expressão da precocidade sexual aos 550 dias de idade. Além disso, os animais com maiores valores genéticos para o perímetro escrotal ajustado aos 550 dias de idade não necessariamente seriam os de maiores taxas de crescimento. A suposição de Ortiz-Peña et al. (2001) baseou-se em idade superior, mas estaria de acordo com os achados deste estudo, a respeito da menor associação genética entre o perímetro escrotal medido aos 550 dias de idade e a precocidade sexual. A pequena associação genética entre o ganho de peso e o perímetro escrotal aos 550 dias de idade não ajustado (modelo 16) seria evidência de maturidade nessa idade.

Sabe-se que, próximo dos 365 dias de idade, o perímetro escrotal aumenta linearmente, devido à ação hormonal e início da puberdade. É possível que as mudanças hormonais que determinam o amadurecimento sexual dos animais sejam as mesmas que determinam as mudanças na composição corporal, como a redução do crescimento do tecido muscular e o aumento na deposição de tecido adiposo. Quanto mais cedo isso ocorre, menor será o animal adulto e mais rapidamente se completa o crescimento dos tecidos, inclusive testiculares. Abrahão et al. (2002) justifica de forma semelhante as correlações entre crescimento e característica da reprodução.

De acordo com Guyton (1986), durante a puberdade, quando são secretadas grandes quantidades de testosterona, a velocidade do crescimento ósseo aumenta apreciavelmente, causando um intenso crescimento do animal. Contudo, segundo o autor, a testosterona faz, também, com que, em idade mais precoce, as epífises dos ossos longos fundam-se às diáfises.

Por conseguinte, apesar do crescimento rápido, essa união precoce das epífises diminui o tamanho dos ossos longos, a altura final do indivíduo e, conseqüentemente, o peso adulto.

Aos 550 dias de idade, devido ao início da maturidade dos órgãos sexuais, como os testículos, haveria menor crescimento linear, o que poderia levar a menor relação do perímetro escrotal com outras características. Além disso, como mencionado anteriormente, trabalhos de Bergmann et. al. (1998) e Gressler (1998) relataram que o crescimento do perímetro escrotal apresentou-se de forma linear até aos 12

meses de idade, com tendência à curvilinearidade após esta idade e redução do crescimento, próximo aos 18 meses de idade. Segundo os autores, tal fato evidenciaria o maior crescimento do parênquima testicular ocorrendo próximo aos 12 meses de idade, sugerindo o início do período pré-pubere. Esses achados justificariam as diferenças nas correlações genéticas envolvendo ganho de peso e o perímetro escrotal medido aos 550 dias de idade (modelo 16), em relação ao medido em idades mais jovens (modelos 10 e 13).

Tabela – 4.5. Estimativas de herdabilidade, correlações genéticas e componentes de (co)variância, provenientes das análises conjuntas entre o ganho de peso entre as idades padrão (GM, variável 1) e o perímetro escrotal ajustado para 365, 455 e 550 dias de idade (PE365, PE455 e PE550, variável 2) por meio de diversos modelos (entre parênteses)

Parâmetro genético ¹	GM365 (23)			GM455 (24)			GM550 (25)		
	PE365 (10)	PE365 (11)	PE365 (12)	PE455 (13)	PE455 (14)	PE455 (15)	PE550 (16)	PE550 (17)	PE550 (18)
σ^2_{A1}	48,19	48,92	48,20	21,30	20,78	21,36	36,21	36,57	36,21
$\sigma_{A1,2}$	24,34	-5,22	3,11	27,26	1,32	17,17	-5,40	-40,45	0,10
σ^2_{A2}	143,69	104,16	131,86	291,63	222,12	270,39	328,06	302,08	327,24
σ^2_{E1}	178,58	178,02	178,59	127,43	127,84	127,39	166,28	166,01	166,26
$\sigma_{E1,2}$	44,64	-7,04	-34,10	18,49	-28,22	-42,24	60,17	-1,51	85,43
σ^2_{E2}	137,60	99,54	132,74	243,76	188,74	255,08	301,05	203,78	323,30
h^2_1	0,21	0,22	0,21	0,14	0,14	0,14	0,18	0,18	0,18
h^2_2	0,51	0,51	0,50	0,54	0,54	0,51	0,52	0,60	0,50
r_A	0,29	-0,07	0,04	0,35	0,02	0,23	-0,05	-0,38	0,00

¹/ $\sigma_{Ai,j}$ = (co)variância genética aditiva;

$\sigma_{Ei,j}$ = (co)variância do resíduo;

h^2_i = herdabilidade;

r_A = correlação genética;

Para as variâncias $i = j$; para as covariâncias $i \neq j$; $i, j = 1, 2$ (variáveis).

Diferentemente da maior associação genética entre a idade ao primeiro parto ajustada para peso e o próprio peso corporal, as correlações genéticas entre perímetro escrotal, a partir de modelos ajustados para peso, e as expressões de crescimento foram de pequena magnitude (tabela 4.4). Igualmente baixas foram algumas correlações genéticas com o ganho de peso (tabela 4.5). Portanto, menor grau de associação genética entre as características de precocidade sexual e de crescimento poderia permitir, dependendo do objetivo da seleção, maior ênfase

seletiva na precocidade sexual, sem elevar, em demasia, a taxa de crescimento e o tamanho adulto. Cabe ressaltar, entretanto, que parte destas associações genéticas que proporcionaram a inversão dos sinais poderia decorrer do ajuste do perímetro escrotal para o peso corporal.

Praticamente, todas as estimativas de correlação genética entre características reprodutivas com modelos ajustados para o peso e o peso corporal propriamente dito sofreram inversão de sinal, quando comparadas às correlações entre modelos

não ajustados para o peso corporal. As mudanças das correlações ocorreram tanto para as características medidas nos machos quanto nas fêmeas. Além disso, de modo geral, verificou-se mudança das estimativas de covariâncias genéticas, de modo imprevisível entre as características, quando alguma delas foi ajustada para peso corporal.

Esses resultados foram semelhantes aos descritos por Mariante e Zancaner (1985) e Ortiz-Peña et al. (2001), quando estimaram correlações genéticas utilizando-se de modelos para características diferentes, que continham ajustes para peso corporal. Do ponto de vista prático, o uso de estimativas a partir de modelos ajustados para o peso corporal ou para características geneticamente associadas deveria ser cautelosamente avaliado, antes de sua adoção.

Na tabela 4.6, são apresentadas as estimativas das correlações genéticas entre a idade ao primeiro parto e o perímetro escrotal, e suas médias aritméticas estão resumidas.

Para o primeiro grupo (arquivo IPP), as correlações genéticas entre a idade ao primeiro parto e o perímetro escrotal foram todas favoráveis e houve tendência de serem equivalentes para o perímetro escrotal ajustado às idades de 365 e 455 dias (média de -0,27 e -0,25, respectivamente), e estas maiores do que as correlações genéticas entre idade ao primeiro parto completo e o perímetro escrotal ajustado para a idade de 550 dias (média de -0,11), média 2,45 vezes menor do que a observada para a correlação genética entre idade ao primeiro parto e o perímetro escrotal ajustado para 365 dias de idade.

Para a idade ao primeiro parto tradicional (arquivo IPPT), as correlações genéticas foram favoráveis e as mesmas médias aritméticas quando se considera o perímetro escrotal ajustado às idades de 365 e 455 dias (médias de -0,33) e estas 4,7 vezes maiores do que a média das correlações genéticas envolvendo o perímetro escrotal ajustado para a idade de 550 dias (-0,07). Além disso, a correlação genética entre o perímetro escrotal ajustado para a idade de 550 dias, modelo 16, e a idade ao primeiro parto tradicional, modelo 5, apresentou-se desfavorável (0,03).

Diferentemente do primeiro grupo, nem todas as correlações genéticas entre a idade ao primeiro parto precoce e os perímetros escrotais foram favoráveis no terceiro grupo (arquivo IPPP), pois correlações desfavoráveis foram estimadas para o modelo 8.

As correlações genéticas médias entre a idade ao primeiro parto precoce (arquivo IPPP) e o perímetro escrotal ajustado para as idades de 365, 455 e 550 dias (médias de -0,18, -0,13 e -0,04, respectivamente) foram ligeiramente maiores nos modelos que envolveram o perímetro escrotal ajustado para 365 dias de idade, comparados com o perímetro escrotal ajustado para 455 dias de idade, e essas foram maiores do que a média das correlações genéticas do perímetro escrotal ajustado para a idade de 550. Esta última média foi, aproximadamente, 4,5 vezes menor do que a observada para a correlação entre idade ao primeiro parto e o perímetro escrotal ajustado para 365 dias de idade.

De modo geral, os resultados obtidos neste estudo para as correlações genéticas entre o perímetro escrotal e a idade ao primeiro parto (tabelas 4.6) são favoráveis e semelhantes aos citados na literatura (capítulo 1, tabela 1.5). Contudo, alguns resultados, aparentemente contraditórios, foram encontrados para as correlações genéticas entre estas características. As médias das correlações genéticas entre o perímetro escrotal ajustado para 365, 455 e 550 dias de idade e as expressões de idade ao primeiro parto (IPPT e IPPP) foram, respectivamente, -0,33 e -0,18, -0,33 e -0,13, -0,07 e -0,04 e sugerem a existência de maior associação genética entre o perímetro escrotal e a idade ao primeiro parto tradicional.

Como foi mencionado anteriormente, o interesse da inclusão da característica perímetro escrotal nos programas de seleção estaria relacionado, dentre outros, à sua favorável associação genética com a idade à puberdade e com o início da atividade reprodutiva dos animais (Bourdon e Brinks, 1986; Notter, 1988, Gressler, 1998). Sabe-se que o perímetro escrotal está mais relacionado com a idade ao primeiro parto precoce do que com a idade ao primeiro parto tradicional; logo, seria lógico esperar maior estimativa para a correlação genética envolvendo a idade ao primeiro parto precoce. A aparente

contradição observada no presente estudo encontra suporte na literatura. Notter et. al. (1993) e Gressler (1998), estimando as correlações genéticas entre perímetro escrotal e as datas do primeiro e do segundo partos, obtiveram resultados de correlações genéticas menos favoráveis para as características

reprodutivas de fêmeas que são indicadoras de precocidade sexual. Os autores argumentaram que, aparentemente, o perímetro escrotal de touros jovens estaria associado a aspectos reprodutivos das fêmeas bovinas que vão além da idade à puberdade.

Tabela – 4.6. Estimativas de correlação genética entre o perímetro escrotal e a idade ao primeiro parto obtidas por meio de diversos modelos (entre parênteses)

Caracterís- ticas e modelo	Correlações genéticas e médias aritméticas ¹											Média Geral	
	IPP (1)	IPP (2)	IPP (3)	IPP (4)	Média	IPPT (5)	IPPT (6)	Média	IPPP (7)	IPPP (8)	IPPP (9)		Média
PE365 (10)	-0,26	-0,24	-0,34	-0,31		-0,27	-0,39		-0,19	-0,18	-0,25		-0,25
PE365 (11)	-0,29	-0,24	-0,29	-0,24		-0,35	-0,33		-0,20	-0,11	-0,21		
PE365 (12)	-0,22	-0,20	-0,30	-0,26		-0,28	-0,38		-0,14	-0,11	-0,19		
Média					-0,27			-0,33				-0,18	
PE455 (13)	-0,26	-0,22	-0,33	-0,28		-0,28	-0,38		-0,16	-0,10	-0,20		-0,23
PE455 (14)	-0,27	-0,19	-0,27	-0,19		-0,34	-0,33		-0,13	0,02	-0,14		
PE455 (15)	-0,25	-0,20	-0,32	-0,26		-0,27	-0,36		-0,15	-0,08	-0,19		
Média					-0,25			-0,33				-0,13	
PE550 (16)	-0,14	-0,03	-0,21	-0,10		0,03	-0,08		-0,16	0,05	-0,19		-0,08
PE550 (17)	-0,15	-0,02	-0,14	-0,02		-0,12	-0,11		-0,05	0,24	-0,03		
PE550 (18)	-0,15	-0,03	-0,22	-0,10		-0,01	-0,11		-0,15	0,08	-0,17		
Média					-0,11			-0,07				-0,04	
Média geral			-0,21				-0,24			-0,11			

^{1/} Médias aritméticas em negrito.

Possivelmente, a maior associação entre o perímetro escrotal, medido em idade jovem, e a idade ao primeiro parto tradicional em relação à idade ao primeiro parto precoce poderia indicar maior associação genética do perímetro escrotal com a fertilidade do que com a precocidade sexual das fêmeas, o que, de qualquer forma, é compatível com a função testicular. Assim, esse achado não inviabilizaria o perímetro escrotal como critério de seleção, principalmente medido aos 365 dias de idade, que apresentou estimativas de correlações genéticas mais favoráveis do que aquelas obtidas para o perímetro escrotal medido aos 550 dias de idade.

Contudo, algumas estimativas de correlações genéticas entre o perímetro escrotal ajustado para 550 dias de idade e a idade ao primeiro

parto apresentaram-se mais favoráveis para a idade ao primeiro parto precoce do que a tradicional. Assim, foram observados para a correlação genética entre o perímetro escrotal ajustado para 550 dias de idade (modelo 16) e a idade ao primeiro parto tradicional (modelo 6) e precoce (modelo 9), valores de -0,08 e -0,19, respectivamente. Resultados semelhantes a esse, porém de maior magnitude, foram relatados por Pereira et al. (2002) também para o perímetro escrotal medido aos 550 dias e expressões de idade ao primeiro parto de fêmeas acasaladas precoce e tradicionalmente.

Algumas estimativas da correlação genética entre a idade ao primeiro parto e o perímetro escrotal aos 550, e mesmo aos 455 dias de idade, apresentaram ainda valores mais surpreendentes. O valor obtido para a correlação

genética envolvendo a idade ao primeiro parto precoce (modelo 8) e o perímetro escrotal ajustado para 455 dias (modelo 14) foi desfavorável (0,02), porém de baixa magnitude.

Mais surpreendentes foram as correlações genéticas entre perímetro escrotal ajustado para 550 dias de idade e idade ao primeiro parto. Essas correlações genéticas desfavoráveis variaram de valores de média (0,24) a baixa magnitude (0,03). A seleção para o perímetro escrotal nas idades de 455 e 550 dias seria, assim, ineficiente para promover, indiretamente, a redução da idade ao primeiro parto.

Resultados semelhantes foram relatados por Dias (2000) para a correlação genética entre o perímetro escrotal ajustados para a idade e o peso aos 550 dias com a idade ao primeiro parto, sob diferentes definições de grupos de contemporâneos. As correlações genéticas desfavoráveis variaram de 0,03 a 0,07. Também, Morris e Cullen (1994) e Gressler (1998) encontraram correlações genéticas desfavoráveis entre o perímetro escrotal medido, respectivamente, próximo ao ano (em taurinos) e aos 550 dias (na raça Nelore) e outras características reprodutivas indicadoras de precocidade sexual das fêmeas.

Em relação à aparente inconsistência deste último resultado, algumas hipóteses podem ser aventadas à luz das intrínsecas associações entre precocidade e maturidade sexual, taxas de crescimento corporal e perímetro escrotal. Se o objetivo é determinar acuradamente o início da puberdade, deve-se ter conhecimento das alterações fisiológicas e anatômicas que ocorrem na fase pré-púbere, e utilizar características para detectar as diferenças entre os animais, considerando-se simplicidade e viabilidade. Nesse sentido, o perímetro escrotal tem sido preconizado como característica indicadora da puberdade em machos e fêmeas que apresentam algum parentesco com eles. Existe suporte na literatura para se concluir que os fatores hormonais que promovem o desenvolvimento testicular inicial nos machos são os mesmos que promovem o desenvolvimento ovariano inicial nas fêmeas, e que a seleção para a puberdade precoce em um sexo resultará em associada redução da idade à puberdade do outro sexo (Land, 1973; Lunstra et. al., 1978; Mackinnon et. al., 1990; Vargas et

al., 1998). Além disso, existe consenso de que, na fase pré-púbere, ocorre grande diferenciação do parênquima testicular que coincide com um rápido crescimento do testículo (Foote, 1969; Cardoso, 1977; Castro et al., 1989; Fonseca, 1989; Bergmann et al., 1998; Gressler, 1998) e que o aparecimento da puberdade de machos zebus ocorre entre 10 e 12 meses de idade (Cardoso, 1977; Castro et al., 1989; Fonseca, 1989; Bergmann et al., 1998; Gressler, 1998; Unanian e Martinez, 2000).

Portanto, é fato que, aos 365 dias de idade, é possível detectar diferenças entre os machos Nelore púberes e os não púberes por meio de medidas do perímetro escrotal. Após essa idade, as diferenças testiculares estariam provavelmente mais associadas à maturidade sexual. De fato, trabalhos recentes têm corroborado essa afirmação. Silva et al. (1999) reportaram puberdade aos $365,39 \pm 1,13$ dias e maturidade sexual aos $487,38 \pm 3,08$ dias de idade, com 18,5% machos Nelore, de um total de 79, exibindo os primeiros espermatozoides no ejaculado próximo aos 300 dias de idade. Também Unanian e Martinez (2000), em estudo com 200 machos Nelore, relataram que 25% dos animais atingiram a puberdade entre 10,7 e 12,8 meses de idade e, inclusive, 1,3 % já apresentavam níveis de testosterona muito elevados e características de maturidade sexual.

Entretanto, próximo dos 550 dias de idade, devido ao início da maturidade sexual, ocorreria menor taxa de crescimento testicular (Quirino et al., 1996; Gressler, 1998; Quirino e Bergmann, 1999 e Silva et al., 1999), o que seria traduzido como uma menor relação com outras características, em especial a precocidade sexual. Resultados apresentados no capítulo 2 indicam que 74% do crescimento testicular observado aos 550 dias ocorreu até o ano de idade, o que sustenta essa hipótese.

Portanto, os resultados do presente estudo, referentes às correlações genéticas entre o perímetro escrotal e a idade ao primeiro parto, poderiam indicar que a seleção de animais com maior perímetro escrotal aos 365 dias de idade estaria mais associada à escolha de animais mais precoces e férteis. Aos 550 dias de idade, a maioria dos animais já estaria em período pós-púbere e a seleção praticada para maiores perímetros escrotais estaria mais associada à

fertilidade do que à precocidade sexual, componentes reprodutivos expressos pelas fêmeas por meio da idade ao primeiro parto. A sustentação dessa conjectura seriam as correlações genéticas médias de -0,33 e -0,18 *versus* -0,07 e -0,04, respectivamente, entre perímetros escrotais ajustados para 365 e 550 dias de idade e a idade ao primeiro parto tradicional e precoce. Além disso, a média geral denota maior associação genética entre perímetro escrotal medido aos 365 dias de idade e as expressões da idade ao primeiro parto (média geral de -0,25) em relação às outras duas idades (médias de -0,23 e -0,08). Observa-se, também, que as nove estimativas de correlações genéticas entre perímetro escrotal aos 365 dias de idade e idade ao primeiro parto precoce foram favoráveis, o que não ocorreu para as outras duas idades. Para essas houve, respectivamente, uma e três estimativas de correlação genética desfavoráveis, entre o perímetro escrotal ajustado para 455 e para 550 dias de idade com a idade ao primeiro parto precoce.

Nessa linha, o trabalho pioneiro de Gressler (1998) sugeriu a idade de 12 meses como a mais apropriada para a seleção pelo perímetro escrotal de animais da raça Nelore, contrariando as recomendações descritas na literatura nacional, até então, que enfatizavam a seleção do perímetro escrotal aos 18 meses de idade.

O aprofundamento das questões relacionadas à eficiência da resposta correlacionada sobre características reprodutivas das fêmeas decorrentes da seleção direta para perímetro escrotal, e sobre qual a melhor idade para a seleção pelo perímetro escrotal, será discutido mais adiante.

Na tabela 4.7, estão resumidas as médias aritméticas das correlações genéticas entre o perímetro escrotal e a idade ao primeiro parto, enfatizando as diferenças entre os diferentes modelos adotados para o ajuste do perímetro escrotal.

Comparando-se os modelos 10, 11 e 12, para perímetro escrotal ajustado para 365 dias de idade, conclui-se que as correlações genéticas médias foram ligeiramente maiores para o modelo 10 (-0,27), sem a covariável peso, em relação ao modelo 11 (-0,25), que incluía essa

covariável, e essas foram maiores do que a obtida a partir do modelo 12 (-0,23), que incluía o ganho de peso como covariável.

As médias das estimativas de correlação genética entre perímetro escrotal (arquivo PE455), para os modelos 13, 14 e 15, e idade ao primeiro parto também evidenciaram como mais favoráveis as correlações sem a covariável peso, modelo 13 (-0,25), e ligeiramente maiores que as do modelo 15 (-0,23), que incluía a covariável ganho de peso, e essas um pouco maiores que as correlações médias do modelo 14 (-0,20), que incluía a covariável peso.

Entretanto, para o arquivo PE550, as correlações genéticas médias foram ligeiramente maiores para o modelo 18 (-0,10), que incluía o ganho de peso como covariável, em relação ao modelo 16 (-0,09) sem a covariável peso, e essas foram maiores que o modelo 17 (-0,04), que incluía a covariável peso.

Aparentemente, as associações genéticas entre a idade ao primeiro parto precoce e o perímetro escrotal ajustado para as três idades indicam que, ao ser incluído como covariável no modelo para ajuste do perímetro escrotal, o peso corporal leva à redução da estimativa de correlação genética, principalmente para os perímetros escrotais ajustados nas idades de 455 e 550 dias (médias de -0,08 e 0,05).

Bourdon e Brinks, (1986), Bergmann (1993) e Quirino e Bergmann (1997) consideraram inadequado o ajuste para peso corporal, pois este poderia estar removendo diferenças de origem genética. Como foi dito anteriormente, o objetivo de se incluir o peso padronizado no modelo para o perímetro escrotal seria o de ajustar as características de forma a eliminar diferenças de manejo alimentar que pudessem influenciar na correta identificação de animais mais precoces. Além disso, a inclusão do peso corporal poderia ter como escopo reduzir o tamanho adulto dos machos e fêmeas (Brito, 1997; Dal-Farra et al. 1998b; Ortiz-Peña, 1998; Teixeira et al., 1998; Queiroz et al., 1999; Dias, 2000; Ortiz-Peña et al., 2001; Karsburg et al., 2002). Entretanto, no presente estudo, o efeito da inclusão do peso corporal não influenciou as estimativas de herdabilidade tanto das análises com uma como com duas características.

Tabela – 4.7. Médias das estimativas de correlação genética entre o perímetro escrotal e a idade ao primeiro parto mediante diversos modelos (entre parênteses)

Características e modelo	Médias aritméticas ^{1/}				
	IPP (1, 2, 3, 4)	IPPT (5, 6)	IPPP (7, 8, 9)	Média	Média Geral
PE365 (10)	-0,29	-0,33	-0,21	-0,27	-0,25
PE365 (11)	-0,27	-0,34	-0,17	-0,25	
PE365 (12)	-0,25	-0,33	-0,15	-0,23	
PE455 (13)	-0,27	-0,33	-0,15	-0,25	-0,23
PE455 (14)	-0,23	-0,34	-0,08	-0,20	
PE455 (15)	-0,26	-0,32	-0,14	-0,23	
PE550 (16)	-0,12	-0,03	-0,10	-0,09	-0,08
PE550 (17)	-0,08	-0,12	0,05	-0,04	
PE550 (18)	-0,13	-0,06	-0,08	-0,10	

^{1/} Médias aritméticas em negrito.

As médias das correlações genéticas evidenciam que as estimativas não ajustadas para peso ou ganho de peso tenderam a ser mais favoráveis em relação às correlações genéticas quando o perímetro escrotal foi ajustado. Ou seja, a inclusão do peso corporal no modelo do perímetro escrotal estaria removendo covariância genética e causando redução das correlações genéticas, além de não causar aumentos importantes nas estimativas de herdabilidade.

Aparentemente, quando ambas as características são ajustadas para o peso corporal, as correlações genéticas são maiores em relação às análises quando apenas uma das característica foi ajustada. Além disso, a inclusão do manejo reprodutivo, nos modelos da idade ao primeiro parto, também ocasionou menores estimativas de correlações genéticas.

Na tabela 4.8, estão resumidas as médias aritméticas das estimativas de correlações genéticas entre o perímetro escrotal e a idade ao primeiro parto, enfatizando as diferenças entre os modelos adotados para a idade ao primeiro parto.

Houve diferenças entre as estimativas de correlações genéticas envolvendo a idade ao

primeiro parto (arquivo IPP) com os modelos 1 e 2 - ajustados para peso (médias de -0,22 e -0,15) em relação com os modelos 3 e 4 - não ajustado para o peso (médias de -0,27 e -0,20). O mesmo ocorreu quando se comparou as estimativas de correlações genéticas para os modelos 1 e 3 (IPP) - sem manejo reprodutivo, com os modelos 2 e 4 (IPP) - com manejo reprodutivo.

Comparando-se as médias das estimativas de correlações entre o perímetro escrotal nas três idades e a idade ao primeiro parto tradicional (IPPT), modelos 5 e 6 (-0,21 e -0,27), conclui-se que as estimativas de correlações genéticas foram menores quando o modelo da idade ao primeiro parto foi ajustado para peso corporal, semelhante ao que ocorreu anteriormente (arquivo IPP).

Também, ao se comparar as médias das correlações entre o perímetro escrotal nas três idades e a idade ao primeiro parto precoce (IPPP), concluiu-se que as estimativas foram menores quando o modelo da idade ao primeiro parto precoce foi ajustado para peso corporal (modelo 7), ou incluiu o manejo reprodutivo (modelo 8).

Tabela – 4.8. Médias das estimativas de correlação genética entre o perímetro escrotal e a idade ao primeiro parto por meio de diversos modelos (entre parênteses)

Características e modelo	Médias aritméticas ¹								
	IPP (1)	IPP (2)	IPP (3)	IPP (4)	IPPT (5)	IPPT (6)	IPPP (7)	IPPP (8)	IPPP (9)
PE365									
(10, 11, 12)	-0,26	-0,23	-0,31	-0,27	-0,30	-0,37	-0,18	-0,13	-0,22
PE455									
(13, 14, 15)	-0,26	-0,20	-0,31	-0,24	-0,30	-0,36	-0,15	-0,05	-0,18
PE550									
(16, 17, 18)	-0,15	-0,03	-0,19	-0,07	-0,03	-0,10	-0,12	0,12	-0,13
Média	-0,22	-0,15	-0,27	-0,20	-0,21	-0,27	-0,15	-0,02	-0,17
Média geral	-0,21			-0,24			-0,11		

^{1/} Média aritmética em negrito.

Considerando-se as expressões da idade ao primeiro parto sob os diversos modelos, as maiores correlações genéticas médias foram obtidas por meio dos modelos que não incluíram o manejo reprodutivo e o peso corporal.

Finalmente, deve-se salientar a possibilidade de que estas estimativas de correlações genéticas estejam associadas a substanciais erros padrão (Koots et. al., 1994). Também, de acordo com Meyer (1991), para análises realizadas sob modelo animal envolvendo características diferentes e mensuradas em animais de sexo diferentes, como é o caso do perímetro escrotal e das características reprodutivas das fêmeas, deve-se ter em mente que as informações referentes às covariâncias genéticas são resgatadas apenas pela relação de parentesco entre os animais. Estas estimativas estão sujeitas a grandes erros padrão, a menos que os animais apresentem estreita relação de parentesco, ou ainda, que o volume de informações seja considerável.

Para as análises conjuntas, considerando-se as idades ao primeiro parto precoce e tradicional como duas características diferentes, as estimativas de herdabilidade foram sempre maiores para a idade ao primeiro parto precoce (arquivo IPPP) em relação à idade ao primeiro parto tradicional (arquivo IPPT). Essas diferenças poderiam ser explicadas pela inclusão

no arquivo IPPT das fêmeas mais velhas, possivelmente já púberes, o que excluiria as diferenças genéticas para precocidade sexual da expressão da característica idade ao primeiro parto. O mesmo não ocorreu para o arquivo IPPP, que continha fêmeas que foram acasaladas mais jovens. Esses resultados confirmam a influência e a importância da idade na qual as fêmeas são desafiadas pela primeira vez na estimação de parâmetros genéticos. Gressler (1998) e Pereira et al. (2002) reportaram resultados semelhantes.

Parâmetros genéticos distintos poderiam sugerir que grupos de genes diferentes estariam atuando para as duas expressões da idade ao primeiro parto, indicando a possibilidade de serem essas características distintas, dependendo da forma como são expressas nos arquivos IPPT e IPPP. A hipótese se justifica pelas alterações anatômicas e fisiológicas que ocorrem com o avançar da idade do animal. Além disso, a atividade de alguns genes pode ser diferente, dependendo da idade e do ambiente. Parece lógico supor que a idade ao primeiro parto, para fêmeas que tiveram a oportunidade de acasalamento precoce, estaria mais relacionada à expressão da precocidade sexual. Contudo, quando as fêmeas foram acasaladas mais velhas, sexualmente maduras, a idade ao primeiro parto estaria mais relacionada à expressão da fertilidade. Ou seja, a expressão da idade ao primeiro parto poderia ser, de certa

forma, decorrente de interação genótipo-ambiente. Neste caso, a idade ao primeiro parto seria o resultado da expressão genética de características diferentes em ambientes diferentes.

Reis e Lôbo (1991) comentam que a existência de diferenças significativas nas estimativas de herdabilidade de uma mesma característica em dois ambientes diferentes poderia ser indicativa de interação genótipo-ambiente. Também, segundo Torres (1998), o reconhecimento das diferenças entre estimativas de herdabilidade, de acordo com as médias fenóticas dos rebanhos, indicaria algum componente genético na heterogeneidade de variância observada entre rebanhos.

De acordo com Torres (1998), têm sido observadas com frequência maiores estimativas de herdabilidade em rebanhos com as melhores médias de produção de leite, possivelmente como resultado do melhor ambiente, possibilitando a mais completa expressão do verdadeiro potencial genético.

De acordo com Falconer (1987), uma mesma característica avaliada em ambientes diferentes poderia ser considerada, na realidade, como características diferentes. Mecanismos fisiológicos seriam distintos e diferentes genes poderiam estar envolvidos com a expressão da característica. O autor propôs que, se não houver efeito da interação genótipo-ambiente, ou se ele for de pequena magnitude, as mesmas bases genéticas contribuiriam de forma semelhante para a expressão dos fenótipos em ambos os ambientes. Nesse caso, as correlações genéticas entre as características deveriam ser próximas da unidade.

Diferenças ambientes e de manejos entre rebanhos que desafiam tradicional e precocemente suas fêmeas poderiam resultar na existência de interação-genótipo-ambiente para a característica idade ao primeiro parto. De acordo com Houri Neto (1996), existem algumas citações na literatura sobre interação genótipo-ambiente resultantes das variações de estação de parição, níveis nutricionais e manejo entre rebanhos.

No intuito de verificar a validade destas suposições, foram realizadas análises conjuntas

entre a idade ao primeiro parto tradicional e idade ao primeiro parto precoce, e estimada a correlação genética entre essas duas expressões da característica (tabela 4.9). Pode-se observar que a correlação genética entre as duas expressões da idade ao primeiro parto foi de pequena magnitude, mas quase sempre em sentido favorável, variando de 0,00 até 0,11. Entretanto, a correlação entre a idade ao primeiro parto dos modelos 5 (IPPT) e 8 (IPPP) foi desfavorável, mas igualmente de pequena magnitude (-0,10). As correlações envolvendo a idade ao primeiro parto observada no modelo 5 (IPPT) foram sempre inferiores àquelas observadas para o modelo 6 (IPPT). Neste caso, a provável explicação está relacionada à inclusão do peso corporal como covariável no modelo 5. O peso corporal, apesar de não ter causando alterações nas estimativas de herdabilidade, estaria removendo parte da covariância genética entre as características e, dessa forma, causando redução equivalente da estimativa de correlação genética.

A partir das correlações genéticas entre a idade ao primeiro parto tradicional e precoce, pode-se supor que a expressão da característica, quando as fêmeas são acasaladas tradicionalmente, estaria mais associada à fertilidade e, quando as fêmeas são desafiadas mais jovens, à precocidade sexual.

De acordo com Notter (1995), a idade ao primeiro parto e a idade à puberdade são relacionadas quando as fêmeas iniciam a vida reprodutiva ainda jovens, próximo de dois anos, para zebus. Contudo, semelhante às conclusões do presente estudo, Notter (1995) alerta que a idade ao primeiro parto poderia ser um critério inadequado para aumentar a precocidade sexual em países tropicais, como o Brasil, quando esta ocorre tardiamente e é deliberadamente atrasada pelo criador.

Segundo Houri Neto (1996), a literatura não é unânime em estabelecer um valor limite de correlação genética para indicar a inexistência da interação genótipo-ambiente. Contudo, a maioria dos autores parece aceitar o valor de 0,75 como mínimo. As correlações genéticas estimadas neste estudo, entre a idade ao primeiro parto tradicional e a precoce, indicariam a existência de interação genótipo-ambiente. Neste caso, a diferença de ambiente seria representada pelo

conjunto de fatores de variação não genéticos encontrados nos rebanhos que desafiam diferentemente suas fêmeas.

Do ponto de vista prático, a existência da interação genótipo-ambiente pode sugerir que as avaliações genéticas da idade ao primeiro parto deveriam ser realizadas em separado, para fêmeas que são desafiadas precocemente e para fêmeas acasaladas em idade tradicional, ou seja,

seria importante definir idade ao primeiro parto diferentemente do que ocorre atualmente, como tradicional ou precoce. Além disso, quando o objetivo da seleção for melhorar a precocidade sexual, as fêmeas deveriam ser acasaladas em idade precoce. A inclusão dessas duas expressões de idade ao primeiro parto nas avaliações genéticas poderia comprometer o ganho genético para precocidade sexual.

Tabela – 4.9. Estimativas de herdabilidade, correlações genéticas e componentes de (co)variância, provenientes da análise conjunta da idade ao primeiro parto incluída nos arquivos IPPT (variável 1) e IPPP (variável 2), por meio de diversos modelos¹ (entre parênteses)

Parâmetro genético ²	IPPT (5)			IPPT (6)		
	IPPP (7)	IPPP (8)	IPPP (9)	IPPP (7)	IPPP (8)	IPPP (9)
σ^2_{A1}	1,09	1,12	1,10	1,22	1,24	1,23
$\sigma_{A1,2}$	0,11	-0,20	0,01	0,26	0,08	0,21
σ^2_{A2}	4,13	3,27	4,07	4,13	3,27	4,07
σ^2_{E1}	11,42	11,40	11,41	11,51	11,50	11,51
$\sigma_{E1,2}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
σ^2_{E2}	10,13	5,36	10,26	10,13	5,36	10,26
h^2_1	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10
h^2_2	0,29	0,38	0,28	0,29	0,38	0,28
r_A	0,05	-0,10	0,00	0,11	0,04	0,09

¹/ modelos definidos na tabela 4.2.

²/ $\sigma_{Ai,j}$ = (co)variância genética aditiva;

$\sigma^2_{Ei,j}$ = (co)variância do resíduo;

h^2_i = herdabilidade;

r_A = correlação genética;

Para as variâncias $i = j$; para as covariâncias $i \neq j$; $i, j = 1, 2$ (variáveis).

Como foi observado anteriormente, as estimativas de correlações genéticas entre perímetro escrotal e expressões da idade ao primeiro parto foram favoráveis, na sua maioria. Dessa forma, o desempenho reprodutivo dos machos refletiu positivamente na atividade reprodutiva das fêmeas bovinas. Além disso, outras vantagens da inclusão do perímetro escrotal como característica indicadora da fertilidade e precocidade sexual relacionam-se à sua fácil e econômica mensuração e à possibilidade de sua observação em animais relativamente jovens. A partir deste fato, e de acordo com os resultados deste estudo, surgem algumas questões relacionadas à eficiência da resposta correlacionada sobre características reprodutivas das fêmeas decorrentes da seleção direta para perímetro escrotal e à idade mais

adequada para a seleção pelo perímetro escrotal dos animais zebus.

Na tabela 4.10, são apresentadas as estimativas da eficiência relativa da resposta indireta para a idade ao primeiro parto, decorrentes da seleção para o perímetro escrotal sob vários modelos. Neste exemplo hipotético, considerou-se, para efeito de resposta correlacionada, que 2% dos machos de maior perímetro escrotal fossem selecionados aos 365, 455 ou aos 550 dias de idade, correspondendo à uma intensidade de seleção (i) de 1,21 desvios padrão fenotípicos, factível para a maioria dos rebanhos de raça pura em sistema de monta natural. Por outro lado, deve-se salientar, que neste exercício, as pressuposições para a seleção direta para características reprodutivas observadas nas

fêmeas são de improvável aplicação prática, ou seja, de que a seleção de 65% das melhores fêmeas ($i = 0,285$ desvios padrão fenotípicos) para a idade ao primeiro parto fosse feita após a expressão da mesma, não sendo considerada a seleção para qualquer outra característica.

A eficiência relativa da seleção indireta para o perímetro escrotal em relação à seleção direta para idade ao primeiro parto reflete as estimativas de correlações genéticas e herdabilidades entre essas características, obtidas no presente estudo.

Os resultados apresentando na tabela 4.10 indicariam que a seleção para o perímetro escrotal aos 365 e 455 dias de idade seria mais eficiente do que a seleção direta para a idade ao primeiro parto, considerando-se os arquivos IPP e IPPT e para todos os modelos utilizados. Contudo, a seleção para o perímetro escrotal aos 550 dias de idade seria mais eficiente do que a seleção direta apenas para os modelos 1 e 3, considerando-se o arquivo IPP, e apenas em alguns modelos para a idade ao primeiro parto de fêmeas acasaladas tradicionalmente (arquivo IPPT). Deve-se salientar que, indubitavelmente, esta resposta seria menor do que a obtida a partir da seleção indireta do perímetro escrotal medido em idades mais jovens.

Em relação à eficiência relativa da seleção indireta para perímetro escrotal sobre a idade ao primeiro parto precoce, o perímetro escrotal medido aos 365 dias de idade teria a maior eficiência para todas as combinações de modelos. A seleção para o perímetro escrotal aos 455 e 550 dias de idade comprometeria, em alguns modelos, a seleção para o aumento da precocidade sexual das fêmeas acasaladas precocemente, resultado de estimativas de correlação genética desfavorável com a idade ao primeiro parto. De modo geral, o perímetro escrotal medido nas idades de 365 e 455 dias apresentaria eficiência relativa da seleção indireta equivalente à da seleção direta para idade ao primeiro parto de fêmeas acasaladas precocemente. Por outro lado, a seleção para o perímetro escrotal medido aos 550 dias mostrou-se pouco eficiente.

Possivelmente, a menor média da eficiência da seleção para perímetro escrotal sobre a idade ao

primeiro parto das fêmeas acasaladas precocemente se deve às maiores estimativas de herdabilidade e menores estimativas de correlações genéticas com essa expressão da idade ao primeiro parto. De acordo com Falconer (1987), a seleção indireta é vantajosa quando a característica indireta apresenta estimativa de herdabilidade substancialmente maior do que a característica desejada, a correlação genética entre as duas é alta e a intensidade de seleção é maior para a característica indireta. Assim, com base nesses parâmetros, este resultado era esperado.

Aparentemente, se o objetivo é a redução da idade ao primeiro parto precoce, seria recomendada a seleção conjunta de machos e fêmeas, esta de forma direta ou por meio de outra característica como a data do primeiro parto. Contudo, se o objetivo for reduzir a idade ao primeiro parto tradicional, a seleção indireta para o perímetro escrotal poderia ser suficiente.

A resposta correlacionada para a idade ao primeiro parto decorrente da seleção feita para o perímetro escrotal seria favorável, apesar de algumas exceções. A resposta da seleção indireta para o perímetro escrotal medido aos 550 dias de idade seria especialmente menor, em relação às outras respostas correlacionadas. Além das vantagens práticas, a inclusão nos programas de seleção do perímetro escrotal ajustado, para 365 dias de idade (modelo 10) seria, em média, 3,23 e 1,12 vezes mais eficientes do que a seleção direta para a idade ao primeiro parto de fêmeas acasaladas, respectivamente, tradicional e precocemente.

Embora a resposta correlacionada da seleção para o perímetro escrotal aos 365 dias de idade fosse, em alguns modelos, menos eficiente do que a seleção direta para a idade ao primeiro parto de fêmeas acasaladas precocemente (arquivo IPPP), deve-se levar em consideração a maior facilidade de implementação da seleção para o perímetro escrotal. Além disso, o perímetro escrotal medido aos 365 dias seria, em média, mais eficiente do que o perímetro escrotal medido aos 550, e mesmo aos 455 dias de idade, em decorrência das correlações genéticas sempre favoráveis com as características reprodutivas das fêmeas.

Tabela – 4.10. Estimativa da eficiência relativa da resposta indireta decorrente da seleção para perímetro escrotal¹ versus resposta direta decorrente da seleção² para características reprodutivas observadas em fêmeas bovinas da raça Nelore e médias aritméticas (modelos entre parênteses)

Caracterís- ticas e modelo	Eficiência relativa da seleção indireta <i>versus</i> seleção direta ³ , e médias aritméticas ⁴												
	IPP (1)	IPP (2)	IPP (3)	IPP (4)	Média IPP	IPPT (5)	IPPT (6)	Média IPPT	IPPP (7)	IPPP (8)	IPPP (9)	Média IPPP	Média geral
PE365 (10)	2,09	1,93	2,73	2,40	2,29	2,56	3,90	3,23	1,06	0,88	1,42	1,12	<i>2,11</i>
PE365 (11)	2,35	1,94	2,35	1,88	2,13	3,36	3,34	3,35	1,13	0,54	1,20	0,96	<i>2,01</i>
PE365 (12)	1,80	1,64	2,45	2,06	1,99	2,71	3,88	3,30	0,80	0,55	1,10	0,82	<i>1,89</i>
PE365	2,08	1,84	2,51	2,11	2,14	2,88	3,71	3,29	1,00	0,66	1,24	0,96	2,00
PE455 (13)	2,17	1,83	2,75	2,26	2,25	2,76	3,95	3,36	0,93	0,51	1,18	0,87	<i>2,04</i>
PE455 (14)	2,23	1,57	2,23	1,52	1,89	3,32	3,40	3,36	0,75	-0,10	0,82	0,49	<i>1,75</i>
PE455 (15)	2,07	1,65	2,64	2,07	2,11	2,64	3,71	3,18	0,86	0,40	1,11	0,79	<i>1,91</i>
PE455	2,16	1,68	2,54	1,95	2,08	2,91	3,69	3,30	0,85	0,27	1,04	0,72	1,90
PE550 (16)	1,15	0,25	1,72	0,79	0,98	-0,29	0,82	0,27	0,91	-0,25	1,10	0,59	<i>0,69</i>
PE550 (17)	1,31	0,17	1,22	0,17	0,72	1,24	1,20	1,22	0,30	-1,27	0,18	-0,26	<i>0,50</i>
PE550 (18)	1,26	0,25	1,85	0,81	1,04	0,10	1,15	0,63	0,88	-0,41	1,01	0,49	<i>0,77</i>
PE550	1,24	0,22	1,60	0,59	0,91	0,35	1,06	0,70	0,70	-0,64	0,76	0,27	0,65
Média geral	1,83	1,25	2,22	1,55	1,71	2,04	2,82	2,43	0,85	0,09	1,01	0,65	

^{1/} 2% dos machos (i = 1,21) de maior perímetro escrotal na idade correspondente, assumindo-se população infinita;

^{2/} 65% das fêmeas (i = 0,285) de melhor desempenho após a observação da característica, assumindo-se população infinita;

^{3/} (Falconer, 1989);

^{4/} Médias aritméticas em negrito.

Na Tabela 4.11, são apresentadas as respostas correlacionadas sobre a idade ao primeiro parto decorrentes de uma geração de seleção de tourinhos para o perímetro escrotal aos 365, 455 ou 550 dias de idade, sob vários modelos.

Comparando-se as três idades para medição e seleção pelo perímetro escrotal, e levando-se em consideração os efeitos desta seleção sobre o desempenho reprodutivo das fêmeas bovinas jovens, os resultados deste estudo indicam vantagem da seleção para o perímetro escrotal medido na idade de 365 dias. A seleção de 2% dos animais de maior perímetro escrotal nesta idade representaria, em média, na geração de filhas destes touros, redução de 14,4 dias na idade ao primeiro parto precoce e 12,9 dias para as fêmeas desafiadas tradicionalmente. Esta vantagem seletiva da característica perímetro escrotal aos 365 dias sobre 550 dias de idade esta de acordo com as conclusões obtidas por Gressler (1998), Gressler et al. (1998) e Gressler

et al. (2000) e contradizem as indicações de Bergmann et. al. (1996), Quirino e Bergmann (1998) e Unanian e Martinez (2000), os quais recomendaram que a seleção para perímetro escrotal deveria ser feita aos 18 meses de idade. Entretanto, estes autores não consideraram os reflexos desta seleção sobre características reprodutivas das fêmeas.

Os resultados do presente estudo indicam não ser recomendado o ajuste do perímetro escrotal para peso corporal, principalmente na idade de 550 dias, o que discorda das conclusões de Brito (1997), Dal-Farra et al. (1998a), Dal-Farra et al. (1998b), Teixeira et al. (1998), Ortiz-Peña et al. (2001) e Karsburg et al. (2002). Entretanto, esses autores, também, não consideraram os eventuais reflexos do ajuste sobre características reprodutivas das fêmeas.

Tabela – 4.11. Estimativa da resposta indireta¹ e direta decorrente de uma geração de seleção de animais da raça Nelore (modelos entre parênteses)

Características e modelo	Estimativa da resposta indireta (meses)								
	IPP (1)	IPP (2)	IPP (3)	IPP (4)	IPPT (5)	IPPT (6)	IPPP (7)	IPPP (8)	IPPP (9)
PE365 (10)	-0,39	-0,36	-0,51	-0,48	-0,31	-0,43	-0,37	-0,40	-0,48
PE365 (11)	-0,44	-0,36	-0,44	-0,38	-0,41	-0,37	-0,39	-0,25	-0,40
PE365 (12)	-0,34	-0,31	-0,46	-0,41	-0,33	-0,43	-0,28	-0,25	-0,37
PE455 (13)	-0,41	-0,34	-0,52	-0,45	-0,34	-0,44	-0,32	-0,23	-0,40
PE455 (14)	-0,42	-0,29	-0,42	-0,30	-0,41	-0,37	-0,26	0,05	-0,27
PE455 (15)	-0,39	-0,31	-0,50	-0,42	-0,32	-0,41	-0,30	-0,18	-0,37
PE550 (16)	-0,21	-0,05	-0,32	-0,16	0,04	-0,09	-0,32	0,11	-0,37
PE550 (17)	-0,25	-0,03	-0,23	-0,03	-0,15	-0,13	-0,11	0,58	-0,06
PE550 (18)	-0,24	-0,05	-0,35	-0,16	-0,01	-0,13	-0,30	0,19	-0,34
Estimativa da resposta direta									
	-0,19	-0,19	-0,19	-0,20	-0,12	-0,11	-0,35	-0,45	-0,34

^{1/} 2% dos machos de maior perímetro escrotal na idade correspondente, assumindo-se população infinita.

De acordo com Bergmann (1993), resultados práticos descritos em ovinos por Land et al. (1980) dão suporte à inadequação do ajuste do perímetro escrotal para o peso corporal; os autores observaram que a seleção para perímetro escrotal, ajustada para peso, reduziu a idade à puberdade e aumentou a taxa de ovulação, mas, também, reduziu as taxas de crescimento das ovelhas. Dessa forma, a seleção para tamanho testicular relativo ao peso corporal seria efetiva, mas poderia levar à redução do peso corporal.

Se o objetivo for aumentar a precocidade sexual das fêmeas por meio da seleção para o perímetro escrotal, o ideal seria utilizar como critério de seleção medidas de perímetro escrotal em idades mais jovens.

Além disso, se for eventualmente importante reduzir o tamanho adulto, a seleção com base no perímetro escrotal em idade jovem, sem ajustes, talvez contemple igualmente esse escopo, visto ser o início precoce da puberdade e o menor tamanho dos ossos longos, altura do indivíduo e peso adulto, possivelmente, associados (Guyton, 1986).

Resultados de Abrahão et al. (2002), utilizando amostras do programa de melhoramento genético da raça Nelore, sugerem que a

precocidade sexual está realmente relacionada às precocidades de crescimento e terminação. Segundo Abrahão et al. (2002) as mudanças hormonais que determinam a maturidade sexual são igualmente responsáveis por mudanças na composição corporal típicas da maturidade e acabamento e, quanto mais cedo ocorrerem, menor será o tamanho adulto e menor a taxa de crescimento relativo. Abrahão et al. (2002) concluíram, finalmente, que a seleção a favor da precocidade sexual, efetuada pela idade ao primeiro parto, levaria à redução no tamanho do animal adulto e aumento da precocidade de crescimento.

Lôbo e Martins Filho (2002) mencionaram correlações genéticas negativas entre peso adulto e taxa de maturação em animais da raça Nelore, concluindo que animais de maior peso adulto requerem mais energia para manutenção e alcançam a puberdade mais tardiamente.

Segundo Bourdon e Brinks (1986), a fertilidade pode ser pensada como duas características, ou seja, fertilidade inerente e expressa. A fertilidade inerente seria função dos genes que influenciam diretamente o sistema endócrino e outros mecanismos fisiológicos que agem na fertilidade, não sendo diretamente mensurável. Já a fertilidade expressa pode ser medida, por exemplo, pela idade à puberdade e a taxa de

concepção. A correlação genética favorável entre crescimento corporal e perímetro escrotal deve indicar associação favorável entre crescimento corporal e fertilidade inerente do indivíduo. Essa associação só é concebível se os genes responsáveis para melhor fertilidade inerente favorecem ações fisiológicas em geral, e, dessa forma, aumentam o crescimento corporal. A expressão desta fertilidade depende do meio ambiente. A associação entre fertilidade inerente e peso corporal sempre é favorável. Já a associação entre crescimento e fertilidade expressa nem sempre o é. Aumentos no potencial de crescimento significariam maiores exigências nutricionais para manutenção. Se esses requerimentos não são atingidos, a expressão da fertilidade é prejudicada. De acordo com essa hipótese, a seleção para o crescimento poderia aumentar a fertilidade inerente e, em ambientes com baixos níveis de estresse, a expressão da fertilidade. Por outro lado, em ambientes com altos níveis de estresse, a seleção para o crescimento poderia diminuir a expressão da fertilidade. Ainda, segundo Bourdon e Brinks (1986), em ambientes sob estresse, a seleção para fertilidade expressa poderia reduzir o tamanho corporal.

Manter o peso adulto é economicamente importante, o que pode estar ocorrendo fenotipicamente a partir do aumento da precocidade sexual das fêmeas. Rosa (1999), para amostras do mesmo conjunto de dados deste estudo, relatou tendências fenotípicas negativas (-8 kg/ano) para peso adulto sem, contudo, determinar suas causas. Não obstante o Programa de Melhoramento da raça Nelore da qual foram extraídos os dados desse trabalho e também os dados utilizados por Rosa (1999), vem obtendo ganho genético modestos para a idade ao primeiro parto, têm sido observados ganhos medianos para peso adulto e perímetro escrotal e ganhos consistentes para pesos aos 120, 365 e 450 dias de idade (Lôbo et al. 2003). Talvez, a solução seja selecionar para precocidade sexual e também obter ganho genético correlacionado para menor peso adulto. Contudo, os resultados desse estudo limitam conclusões a respeito de tamanho adulto, sendo necessários estudos detalhados para conclusão definitiva da sua associação com a precocidade sexual.

Se for necessário promover algum ajuste do perímetro escrotal para o peso, seria recomendado ajustar o perímetro aos 365 dias de idade ao invés do perímetro aos 550 dias. As correlações genéticas mais favoráveis com a idade ao primeiro parto e menos desfavoráveis com o peso estariam relacionadas ao perímetro escrotal medido aos 365 dias de idade ajustado para o peso. Entretanto, é possível que a solução adequada para promover o aumento da precocidade sexual e manter o desenvolvimento corporal sem aumentar em demasia o tamanho adulto seja a adoção de um índice que contemple todos esses aspectos, ao invés de ajustar as características, correndo-se o risco de causar modificações imprevisíveis nas covariâncias genéticas.

4.4. CONCLUSÕES

A idade mais apropriada para a seleção pelo perímetro escrotal de animais da raça Nelore é 365 dias.

Quando o peso corporal for incluído como covariável e houver redução da variância genética, sem alteração da estimativa de herdabilidade, podem ocorrer eventuais mudanças nas covariâncias genéticas com outras características.

Em análises conjuntas entre peso corporal e características reprodutivas ajustadas para o peso, existe tendência da inversão dos sinais nas estimativas das correlações genéticas.

A idade ao primeiro parto pode comportar-se como característica distinta, se as fêmeas forem acasaladas precoce ou tardiamente, caracterizando interação genótipo-ambiente. Dever-se-ia, portanto, considerar essa diferença nas avaliações genéticas da idade ao primeiro parto.

Recomenda-se avaliar a idade ao primeiro parto como características diferentes, quando houver simultaneamente fêmeas desafiadas precoce e tardiamente.

Novos estudos envolvendo a idade ao primeiro parto, especialmente quando houver diferenças de manejo reprodutivo, são recomendados,

inclusive para melhor caracterizar a natureza da interação genótipo-ambiente citadas no presente estudo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIEC. **Balanço da pecuária bovina de corte 2003**. Disponível em: <http://www.abiec.com.br/abiec/estatisticas/corte.htm>. Acesso em: 11 mai 2004.
- ABRAHÃO, A. R. et al. Correlações entre parâmetros da curva de crescimento e características de crescimento e reprodução em fêmeas da raça Nelore. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE CRIADORES E PESQUISADORES, 11., 2002, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: ANCP, 2002. 1 CD-ROM.
- ABREU, U. G. P. et al. Sistema de criação de bovino de corte no Pantanal – sub-região da Nhecolândia, MS – idade à primeira cria e intervalo entre partos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p. 683-685.
- ALENCAR, M. M.; CORRÊA, L. A.; COSTA, L.; BUGNER, M. Desempenho produtivo de fêmeas das raças Canchim e Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 23., Campo Grande, 1986. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1986. p. 307.
- ALENCAR, M. M.; RUZZA, F. J.; PORTO, E. J. S. Desempenho reprodutivo de fêmeas das raças Canchim e Nelore. III Produção de leite. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 11, n. 4, p. 317-328, 1988.
- ALENCAR, M. M.; BUGNER, M. Desempenho produtivo de fêmeas das raças Canchim e Nelore. II Primeiro parto. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 22, n. 8, p. 867-872, 1987.
- ANDRADE, V. J. Manejo alternativo da reprodução em bovinos de corte. **Cad. Téc. Esc. Vet.**, Belo Horizonte, UFMG, n. 6: p. 29-54, 1991.
- APARICIO RUIZ, N. **Influência de fatores não genéticos sobre a eficiência reprodutiva em um rebanho Nelore**. 1988. 83 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte.
- AROEIRA, J. A. D. C. e ROSA, A. N. Desempenho reprodutivo de um rebanho Nelore criado no planalto Sul-Mato-Grossense. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 337-343, 1982.
- BARBOSA, P. F. **Análise genético-quantitativa de características de crescimento e fertilidade em fêmeas Canchim**. 1991. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.
- BARROS, A. J. et al. Estudo da influência de fatores não genéticos sobre a idade ao primeiro parto e dias para o parto de vacas da raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, SBZ, 1996. p. 150-151.
- BERGMANN, J. A. G. et al. Avaliação das associações genéticas entre perímetro escrotal e características seminais em touros da raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. 1 CD-ROM.
- BERGMANN, J. A. G. et al. Estimativas de parâmetros genéticos do perímetro escrotal e do peso corporal em animais da raça Nelore. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 48, n. 1, p. 69-78, 1996.
- BERGMANN, J. A. G. Melhoria genética da eficiência reprodutiva em bovinos de corte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL, 10., 1993, Belo Horizonte, **Suplemento**. Belo Horizonte: CBRA, 1993. p. 70-86.
- BERGMANN, J. A. G.; HOHENBOKEN, W. D. Prediction of fertility from calfhood traits of Angus and Simmental heifers. **J. Anim. Sci.**, v. 70, p. 2611-2621, 1992.

BERGMANN, J. A. G.; QUIRINO, C. R.; VALE FILHO, V. R.; ANDRADE, V. J.; PEREIRA, J. C. C. Evaluation of four mathematical functions to describe scrotal circumference maturation in Nelore bulls. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 6., 1998.

BEZERRA L. A. F. Reprodução programada – quem acredita, ganha! In: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Avaliação genética de animais jovens, touros e matrizes**. Ribeirão Preto: Departamento de Genética – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, 2003 (Sumário de touros). p. 28.

BIFFANI, S. et al. Características reprodutivas de fêmeas da raça Nelore criadas na região Nordeste do Brasil. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. p. 202.

BOCCHI, A. L.; TEIXEIRA, R.; ALBUQUERQUE, L. G. Efeito da idade da vaca ao parto sobre o peso ao desmame na raça Nelore em diferentes estados brasileiros. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD-ROM.

BOLDMAN, K. G.; KRIESE, L. A.; VAN VLECK, L. D.; KACHMAN, S. D. **A manual for use for MTDFREML**: A set of programs to obtain estimates of variance and covariance [DRAFT]. Lincoln, Department of Agriculture / Agricultural Research Service, 1995. 120p.

BORJAS, A. R., et al. Variabilidade genética de medidas alternativas do perímetro escrotal em gado de Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. 1 CD-ROM.

BOURDON, R. M., BRINKS, J. S. Scrotal circumference in yearling Hereford bulls: adjustment factors, herdsabilities and genetic, environmental and phenotypic relationships with growth traits. **J. Anim. Sci.**, v. 62, p. 958-967, 1986.

BOURDON, R. M.; BRINKS, J. S. Genetic, environmental e phenotypic relationships among gestation length, birth weight, growth traits and age at first calving in beef cattle. **J. Anim. Sci.** v. 55, n. 3, p. 543-553, 1982.

BRINKS, J. S. Relationships of scrotal circumference to puberty and subsequent reproductive performance in male and female offspring. In: FIELDS, M. J.; SAND, R. S. (Ed.) **Factors affecting calf crop**. Boca Raton, Florida: CRCPRESS, 1994. p. 363-370.

BRITO, F. V. Influência da idade e peso corporal sobre o perímetro escrotal em touros Hereford- estimativas de fatores de correção. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. p. 130-132.

BRITO, R.A.M. et al. Estimativas de herdabilidade, DEP'S e correlação entre DEP'S para peso e perímetro escrotal aos 365 dias de idade na raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. 1 CD-ROM.

CAMPOS, F. A. A. **Alguns aspectos da eficiência reprodutiva do rebanho Nelore da estação experimental de Uberaba**. 1974. Dissertação (Mestrado) – Escola de Veterinária, UFMG, Belo Horizonte.

CARDOSO, F.M. **Desenvolvimento dos órgãos genitais masculinos de zebus (*Bos indicus*), da raça Nelore, do período fetal aos 36 meses de idade**. 1977. 113 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Veterinária, UFMG, Belo Horizonte.

CARNEIRO, G. G.; BROWN, P. P.; MEMORIA, J. M. P. Aspectos da função reprodutiva do gado Zebu. **Ard. Esc. Sup. Vet.**, Belo Horizonte, v. 11, p. 81-87, 1958.

CARTWRIGHT, T.C. Selection criteria for beef cattle for the future. **J. Anim. Sci.** v., 30, p. 706-711, 1970.

CASTRO, V. M.; VALE FILHO, V. R.; REIS, S. R.; OLIVEIRA, H. N. Circunferência escrotal e diâmetro dos túbulos seminíferos de touros Nelore, de 10 aos 24 meses de idade, criados a pasto, na região de Montes Claros-MG. **Cong. Mineiro Med. Vet.**, Belo Horizonte, n. 4, , p. 18-19, 1990.

CASTRO, V. M.; VALE FILHO, V. R.; REIS, S. R.; OLIVEIRA, H. N. Puberdade e início de maturação sexual em touros Nelore, de 10-14 meses de idade. **Rev. Bras. Reprod. Anim**, Supl. v. 1, p. 183, 1989.

CNA. **Indicadores rurais – Dezembro 2003**. Disponível em: <http://www.cna.org.br/IndicadoresRurais/2003/Dez/PIB.htm>. Acesso em: 02 mar. 2004.

DAL-FARRA, R. A.; LOBATO, J. F. P.; FRIES, L. A. Fatores de correção de perímetro escrotal para efeitos de idade e peso ao sobreano de tourinhos Nelore. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 27, n.6, p.1092-1096, 1998a.

DAL-FARRA, R. A.; LOBATO, J. F. P.; FRIES, L. A. Relação do perímetro escrotal com a média de peso do grupo contemporâneo para estimação de um modelo de ajuste. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 27, n. 6, p.1097-1101, 1998b.

DAVIS, G. P.; COBET, N. J.; MACKINNON, M. J. et al. Response in female fertility and calf growth to selection for pregnancy rate in tropical beef cattle. **Aust. J. Agric. Res.**, v. 44 , p. 1509-1521, 1993.

DIAS, D. S. O. **Análise genética de características de crescimento e de reprodução de animais da raça Nelore criados na região Centro-Oeste do Brasil**. 2001. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

DIAS, D.O. et al. Estimativas de correlação genética entre perímetro escrotal e idade ao primeiro parto na raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. 1 CD-ROM.

DIAS, F. M. G.; OLIVEIRA, H. N. Efeito da consangüinidade sobre o primeiro intervalo de partos (IEP1) e a idade ao primeiro parto (idade1) de fêmeas da raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: SBZ, 1994. p. 172.

DIAS, J. C. **Características andrológicas, biometrias testiculares e estimativas de parâmetros genéticos de características reprodutivas de touros da raça nelore, de dois e três anos de idade, criados extensivamente**. 2004. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

DIAS, L. T. **Estimativa de parâmetros genéticos e de ambiente para perímetro escrotal e idade ao primeiro parto em animais da raça Nelore**. 2000. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

DIAS, L. T.; EL FARO, L.; ALBUQUERQUE, L. G. Estimativas de herdabilidade para idade ao primeiro parto em novilhas Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 670-671.

DIAS, L. T.; FRIES, L. A.; ALBUQUERQUE, L. G. Influência dos efeitos de idade e peso ao sobreano sobre medidas de perímetro escrotal em animais da raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. 1 CD-ROM.

DIAS, L. T.; TEIXEIRA, R. A.; EL FARO, L.; ALBUQUERQUE, L. G. Fatores de correção para perímetro escrotal para efeitos de idade e peso ao sobreano para bovinos Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 671-672.

DICKERSON, G. E. Animal size and efficiency: basic concepts. **Anim. Prod.**, v. 27, p. 367, 1978.

DICKERSON, G. E. Efficiency of animal production: molding the biological components. **J. Anim. Sci.**, v. 30, p. 849-859, 1970.

DRUMOND, A. M. **Efeito da endogamia sobre a idade ao primeiro parto e intervalo entre partos de um rebanho Nelore do estado de São Paulo**. 1988. Dissertação (Mestrado) – Escola de Veterinária, UFMG, Belo Horizonte.

DRUMOND, A. M.; OLIVEIRA, H. N. Efeito da endogamia sobre a idade ao primeiro parto e o primeiro intervalo entre partos em bovinos da raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 24., Brasília, 1987. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1987. p.304. (Resumo).

ELER, J. P.; FERRAZ, J. B. S.; SILVA, P. Estimação simultânea de parâmetros genéticos para características de importância econômica na raça Nelore, com utilização de modelos animais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBZ, 1996. p. 199-101.

EUCLIDES FILHO, K. **A pecuária de corte brasileira no terceiro milênio**. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília. Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos cerrados. **Anais...** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. p.118-120.

EUCLIDES FILHO, K. **Produção de bovinos de corte e o trinômio genótipo-ambiente-mercado**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2000a, 61p.

EUCLIDES FILHO, K. Retrospectiva e desafios da produção de ruminantes no Brasil. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999 Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. p. 15-48.

EVERLING, D. M.; et al. Estimativas de correlação genética entre o peso à desmama e circunferência escrotal ao sobreano ajustada e não ajustada para peso corporal em bovinos Angus e cruzados Nelore In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 678-679.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Trad. Martinho, A. S. e Silva, J.C. Viçosa: Imprensa Universitária Federal de Viçosa, 1987. 279 p.

FITZHUGH, H. A. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. **J. Anim. Sci.** v. 30, p. 706-711, 1976.

FITZHUGH, H. A. Animal size and efficiency, with special reference to the breeding female. **Anim. Prod.**, v. 27, p. 393-401, 1978.

FONSECA, V. O. Puberdade, adolescência e maturidade sexual: aspectos histopatológico e comportamentais. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 8., 1989, Belo Horizonte, **Anais...** Belo Horizonte: SBZ, 1989, p. 77. Resumo.

FOOT, R. H. Physiological aspect of artificial insemination. In: COLE, H.H. and CUPPS, P. (Org.). **Reproduction in Domestic Animals**. 2nd. New York: Academic Press, 1969.

FORNI, S.; ALBUQUERQUE, L. G. Estimativas de correlações genéticas entre dias para o parto e outras características reprodutivas na raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. 1CD-ROM.

FREITAS, A. R. et al. Taxa de crescimento da circunferência escrotal de machos Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. p. 218-220.

FREITAS, A. R.; SILVA, A. E. D. F.; UNANIAM, M. Estimativa do tamanho amostral em medidas repetidas de circunferência escrotal de bovinos Nelore. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 28, n. 2, p. 279-287, 1999.

FRIES, L. A.; ROSO, V. M. Conectabilidade em avaliações genéticas de gado de corte: uma proposta heurística. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. p. 159-161.

GARNERO, A.V. et al. Estimativas de parâmetros genéticos de características de reprodução na raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. 1 CD-ROM.

GARNERO, A.V. et al. Comparación entre criterios de selección para características de crecimiento correlacionados con edad al primer parto en la raza Nelore. **Livestock Research for Rural Development**, v. 13, n. 2, 2001. Disponível em: <http://www.cipav.org.co/lrrd13/2/garn132.htm>. Acesso em: 12 jan. 2003.

GIMENEZ, J. N. et al. Desempenho da idade ao primeiro parto de fêmeas Nelore submetidas a um programa de seleção. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. 1 CD-ROM.

GRESSLER, M. G. M. **Estudo genético de algumas características reprodutivas de fêmeas Nelore e suas relações com o peso ao desmama**. 2003. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

GRESSLER, S. L. et al. Estudo das associações genéticas entre perímetro escrotal e características reprodutivas de fêmeas Nelore. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 29, n. 2, p.427-437, 2000.

GRESSLER, S. L. et al. Estudo das associações genéticas entre perímetro escrotal e características reprodutivas de fêmeas da raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p. 368-370.

GRESSLER, S. L. **Estudo de fatores de ambiente e parâmetros genéticos de algumas características reprodutivas em animais da raça Nelore**. 1998. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

GUYTON, A. C. **Tratado de fisiologia médica**. Tradução de A. Kraemer. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1986.

HAWKING, S. **O universo numa casca de noz**. São Paulo: Mandarin Editora, 2001.

HOURI NETO, M. **Interação genótipo-ambiente e avaliação genética de reprodutores da raça Holandesa, usados no Brasil e nos Estados Unidos da América**. 1996. Tese (Doutorado) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

KARRSBURG, J. H. et al. Estimação da herdabilidade do perímetro escrotal usando diferentes modelos em análises uni-características e bi-características em animais da raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD-ROM.

KOCH, R. M. the role of maternal effects in animal breeding. IV. Maternal effects in beef cattle. **J. Anim. Sci.** v. 35, p. 1316-1323, 1972.

KOLB, E. (Ed.). **Fisiologia Veterinária**. Tradução de W. Gandolfi. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1987.

KOOTS, K. R.; GIBSON, J. P.; SMITH, C.; WILTON, J. W. Analyses of published genetic parameters estimates for beef production traits. 2-Phenotypic and genetics correlations. **Anim. Breed. Abstr.**, v. 62, p. 825-853, 1994b.

KOOTS, K. R.; GIBSON, J. P.; SMITH, C.; WILTON, J. W. Analyses of published genetic parameters estimates for beef production traits. 2- Herdability. **Anim. Breed. Abstr.**, v. 62, p. 309-338, 1994a.

LACKI P. Rentabilidade na agricultura: com mais subsídios ou com mais profissionalismo? In: CONGRESSO BRASILEIRO DAS RAÇAS ZEBUÍNAS, 4., 2000, Uberaba. **Anais...** Uberaba: ABCZ, 2000. p. 167-183.

LAND, R. B. The expression of female, sex-limited characters in the male. **Nature.**, v. 241, p. 208, 1973.

LAND, R. B.; CARR, W. R.; LEE, G. J. A consideration of physiological criteria of reproductive merit in sheep. In: **A. Robertson (Ed.) Selection Experimentes in Laboratory and Domestical Animals**, Commonwealth agricultural Bureaux, Edinburg, 1980. p. 147-160.

LANNA, D. P. **Impacto da Nutrição na Produção de Carne Bovina de Qualidade**. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/html/curso_28_1_0_03_2.htm. Acesso em: 02 nov. 2003.

LÔBO R. N. B.; MADALENA, F. E.; VIEIRA, A. R. Average estimates of genetic parameters for beef and dairy cattle in tropical regions. **Anim. Breed. Abstr.**, v. 68, p. 433-461, 2000.

LÔBO, R. B. (Coord). **Programa de Melhoramento Genético da Raça Nelore**. Ribeirão Preto, PMGRN, 1996.

LÔBO, R. B. et al. **Avaliação genética de animais jovens, touros e matrizes**. Ribeirão Preto: Departamento de Genética – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – USP, 2003 (Sumário de touros).

LÔBO, R.B. et al. Parâmetros fenotípicos e genéticos de pesos e perímetro escrotal às idades-padrão em animais da raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32., 1995, Brasília. **Anais...** Brasília: SBZ, 1995. p. 625-627.

LÔBO, R.N.B.; MARTINS FILHO, R. Avaliação de curvas de crescimento de bovinos da raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD-ROM.

LUNSTRA, D. D.; FORD, J. J.; ECHTERNKAMP, S. E. Puberty in beef bulls: hormone concentration, growth, testicular development, sperm production and sexual aggressiveness in bulls of different breeds. **J. Anim. Sci.**, v. 54, p. 473, 1978.

MACKINNON, M. J.; TAYLOR, J.F.; HETZEL, D. J. S. Genetic variation and covariation in beef cow and bull fertility. **J. Anim. Sci.**, v. 68, p. 1208-1214, 1990.

MAGNABOSCO, C. U. et al. Estudo genético quantitativo do perímetro escrotal em análise multicausal utilizando dados de campo de bovinos da raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. 1 CD-ROM.

MARIANTE, A. S.; ZANCANER, A. **Crescimento e reprodução em gado Nelore: Visão do criador e do pesquisador**. São Paulo: Ed. Criadores, 1985. 152 p.

MARTINS FILHO, R. **Estimativas de correlação genéticas entre circunferência escrotal em bovinos da raça Nelore e características reprodutivas em suas meias-irmãs paternas**. 1991. 92 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

MARTINS FILHO, R. et al. Estimativas de parâmetros genéticos para circunferência escrotal em bovinos da raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: SBZ 1994, p. 162.

MARTINS FILHO, R., LÔBO, R. B., Estimates of Genetic Correlations Between Sire Scrotal Circumference and Offspring Age at First Clving in Nelore Cattle. **Revista Brasileira de Genética**, v. 14, n. 1, p. 209-212, 1991.

MARTINS FILHO, R.; LÔBO, R. B.; SILVA, P. R. Coeficiente da herdabilidade da circunferência escrotal de animais da raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 27., Campinas, 22-27 jul. 1990. **Anais...** Viçosa, Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1990. p. 485.

MATTOS, S.; ROSA, A. N. Desempenho reprodutivo de fêmeas de raças zebuínas. **Inf. Agropec.**, v. 10, n. 112, p. 29-33, 1984.

MERCADANTE, M.E.Z. **Estudo das relações genético-quantitativas entre características de reprodução, crescimento e produção em fêmeas da raça Nelore**. 1995. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

METSDORF, H. Hoden von wild-und Hausschwein. **Zeitschr. F. anat.**, n. 110, p. 492-532, 1940.

MEYER, K. Estimating variances and covariances for multivariate animal models by restricted maximum likelihood. **Genet. Sel. Evol.**, v. 23, p. 67-83, 1991.

MICHATSCH, G. **Die entwicklung des rinderhodens von der geburt bis sur geschlechtsreife**. Berlin, 1933. (Inaugural Dissertation).

MILC.FOR- DMGA-UNESP, 1998.

MIRANDA, J. J. F.; CARNEIRO, G. G.; PENNA, V. M.; FONSECA, C. G. Estudo dos fatores ambientes relacionados com a idade à primeira cria na raça Nelore. **Arq. Esc. Vet.**, Belo Horizonte, v. 34, n. 2 : p. 375-380, 1982.

MORRIS, C. A.; CULLEN, N. G. A note on genetic correlation between pubertal traits of males or females and lifetime pregnancy rate in beef cattle. **Livest. Prod. Sci.**, v. 39, p. 291-297, 1994.

MOURA, A. A. A.; RODRIGUES, G. C.; MARTINS FILHO, R. Desenvolvimento ponderal e testicular, concentrações periféricas de testosterona e características de abate em touros Nelore. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 31, n. 2 (Suplemento), p. 934-943, 2002.

NÁJERA, AYALA. J. M. **Efeitos genéticos e não genéticos sobre características reprodutivas e ponderais de duas populações de bovinos da raça Nelore**. 1990. 150 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Veterinária, UFMG, Belo Horizonte.

NAVES, A. C. **Parâmetros produtivos e reprodutivos usados na seleção de fêmeas bovinas da raça Nelore**. 2001. Dissertação (Mestrado) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

NOLAN et al. Influence of dietary energy intake on prepubertal development of Brahman bulls. **J. Anim. Sci.**, v. 68, p. 1087-1096, 1990.

NOTTER, D. R. **Maximizing fertility in animal breeding programs**. Blacksburg: Virginia Polytechnic Institute State University, Department of Animal and Poultry Sciences, 1995. p. inreg. (XI Congresso Brasileiro de Reprodução Animal . Belo Horizonte, 1995 - pré-congresso).

NOTTER, D. R., MC FADDEN, L. G., BERGMANN, J. A. G. Relationship between yearling scrotal circumference and measures of female reproduction in Angus cattle. In: BEEF IMPROVEMENT FEDERATION, 25., 1993, Asheville, NC. **Proceedings**. Asheville, NC, 1993. p. 180-184.

NOTTER, D. R.; JOHNSON, M. H. Simulation of genetic control of reproduction in beef cows. IV. Within-herd breeding values estimation with pasture mating. **J. Anim. Sci.**, v. 66, p. 280, 1988.

OLIVEIRA FILHO, E. B.; MOREIRA, H. A.; CARNEIRO, G. G.; SZECHY, A. M. Idade à primeira cria em um rebanho Nelore. **Arq. Esc. Vet.**, Belo Horizonte, v. 27, n. 2, p. 141-153, 1975.

OLIVEIRA, H. N. et al. Estudo genético-quantitativo da idade à primeira concepção na raça nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. 1 CD – ROM.

ORTIZ PENÃ, C. D.; QUEIROZ, S. A.; FRIES, L. A. Comparação entre critérios de seleção de precocidade sexual e a associação destes com características de crescimento de bovinos Nelore. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 30, n. 1, p. 93-100, 2001.

ORTIZ PENÃ, C. D.; QUEIROZ, S. A.; FRIES, L. A. Estimativa de fatores de correção do perímetro escrotal para idade e peso corporal em touros jovens da raça Nelore. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 29, n. 6, p.1667-1675, 2000.

ORTIZ PENÃ, C. D.; QUEIROZ, S. A.; FRIES, L. A. Estimativas de fatores de correção do perímetro escrotal para idade e peso corporal em tourinhos Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. 1 CD-ROM.

ORTIZ-PENÃ, C. D. et al. Estimativas de herdabilidade do perímetro escrotal, peso corporal e suas relações em tourinhos da raça Nelore no Paraguai. In REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998, p. 365-370.

PANETTO, J. C. C. et al. Estudo de características quantitativas de crescimento dos 120 aos 550 dias de idade em gado Nelore. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 31, n. 2, p. 668-674, 2002.

PARANHOS, R. **Fatores que influem na idade à primeira cria, no intervalo entre partos e no peso ao nascer de animais Nelore.** 1982. 71p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PEREIRA, E.; ELER, J. P.; FERRAZ, J. B. S. Análise genética da idade ao primeiro parto na raça Nelore. In: SIMPÓSIO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 3., 2000, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBMA, 2000. p. 430-432.

PEREIRA, E.; ELER, J. P.; FERRAZ, J. B. S. Análise genética da relação perímetro escrotal (PE550)/ peso aos 550 dias (PES550) na raça Nelore. In: SIMPÓSIO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 3., 1998, Uberaba. **Anais...** Uberaba: SBMA, 1998. p. 325-326.

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

PEREIRA, E.; ELER, J. P.; FERRAZ, J. B. S. Correlação genética entre perímetro escrotal e algumas características reprodutivas na raça Nelore. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 29, n. 6, p. 1676-1683, 2000.

PEREIRA, J. C. C.; VALE FILHO, V. R.; OLIVEIRA, H. N. Herdabilidade da circunferência escrotal de uma população de bovinos da raça Nelore. **Rev. Bras. Reprod. Anim.**, Supl. n. 1, p. 150, 1989.

PEREIRA, J. C. C. **Melhoramento Genético Aplicado à Produção Animal.** 3. ed. Belo Horizonte: FEPMVZ Editora, 2001.

PEREIRA, J. C. C. **Melhoramento Genético Aplicado à Produção Animal.** 4. ed. Belo Horizonte: FEPMVZ Editora, 2004.

PINEDA, N. R. Influência do Zebu na produção de carne no Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 3., Belo Horizonte, 2000. p.130-149.

PINTO, P. A. **Análise da morfologia testicular e da produção e características do sêmen de reprodutores zebras da raça Nelore.** 1987. 87 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

PINTO, P. A. **O perímetro escrotal como critério de seleção em bovinos (*Bos taurus indicus*).** 1994. 54 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

PINTO, P. A.; LÔBO, R. B.; MADUREIRA, E. H. Seleção de tourinhos zebras, da raça Nelore, para reprodução, às idades de 12, 18 e 24 meses. Correlação da circunferência escrotal (PE) com peso dos animais. In: REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 28., João Pessoa, 26-26 jul. 1991. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1991. p. 447.

- PINTO, P. A.; SILVA, P. R.; ALBUQUERQUE, L. G.; BEZERRA, L. A. F. Avaliação da biometria testicular e capacidade de monta em bovinos das raças Guzerá e Nelore. **Rev. Bras. Reprod. Anim.**, v. 13, n. 3, p. 151-156, 1989.
- PITA, F. V. C.; FRIES, L. A.; ALBUQUERQUE, L. G. Influência do desenvolvimento ponderal sobre a precocidade de novilhas Nelore. In: SIMPÓSIO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 2., 1998, Uberaba. **Anais...** Uberaba: SBMA, 1998. p. 349-350.
- PRUIT, R. J.; CORAH, L. R.; STEVENSON, J. S.; KIRACOFÉ, G. H. Effect of energy intake after weaning on the sexual development of beef bulls. II. Age of first mating, age at puberty, testosterone and scrotal circumference. **J. Anim. Sci.**, v. 63, p. 579-585, 1986.
- QUEIROZ, S. A.; ORTIZ PENÃ, C. D.; FRIES, L. A. Estimativas de parâmetros genéticos do perímetro escrotal de bovinos Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. 1 CD-ROM.
- QUIRINO, C. R. **Herdabilidades e correlações genéticas entre medições testiculares, características seminais e libido em touros Nelore**. 1999. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- QUIRINO, C. R.; BERGMANN, J. A. G. Evaluation of four mathematical functions to describe scrotal circumference maturation in Nelore bulls. **Theriogenology**, v. 52, n. 1. p. 25-34, 1999.
- QUIRINO, C. R.; BERGMANN, J. A. G. Herdabilidade do perímetro escrotal ajustado e não ajustado para peso corporal usando modelo animal uni e bivariado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. p. 127-129.
- QUIRINO, C. R.; BERGMANN, J. A. G. Heritability of scrotal circumference adjusted and unadjusted for body weight in Nelore bulls using uni and bivariate animal models. **Theriogenology**, v. 49, n. 7. p. 1389-1396, 1998.
- QUIRINO, C. R.; BERGMANN, J. A. G.; OLIVEIRA, S. M. P. Taxa de crescimento relativo com critério para avaliar o desenvolvimento ponderal e testicular de animais Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, SBZ, 1996. p. 184-185.
- QUIRINO, C. R.; BERGMANN, J. A. G. Herdabilidade do perímetro escrotal ajustado e não ajustado para peso corporal usando modelo animal uni e bivariado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. p. 127-129.
- QUIRINO, C. R. **Herdabilidades e correlações genéticas entre medições testiculares, características seminais e libido em touros Nelore**. 1999. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- REIS J. C.; LÔBO R. B. **Interação genótipo-ambiente nos animais domésticos**. Ribeirão Preto: Reis J.C e Lôbo R.B., 1991.
- REYES, A et al. Estimativas de (co) variâncias e parâmetros genéticos para dias ao parto e características relacionadas em fêmeas Nellores. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD ROM.
- ROCHA, E. P.; VILARES, J. B.; BUSCHINELLI, A.; RAMOS, A. A. Biometria testicular em bovinos. I. Avaliação do peso dos testículos pela própria circunferência escrotal. In: REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 19., Piracicaba, 1982. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1982. p. 219-220.

- 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. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.
- ROSO, V. M.; SCHENKEL, F. S. Tendência genética ad idade ao primeiro parto de vacas Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999, p.138.
- SAMPAIO, I. B. M. **Estatística aplicada à experimentação animal**. 1.ed. Belo Horizonte: FEPMVZ Editora, 1998.
- SANCHES, A. C.; LÔBO, R. B.; BEZERRA, L. A. F.; DERAGÓN, L. A. G. Efeito do manejo nutricional sobre medidas lineares e níveis de testosterona em touros zebuínos jovens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998, p. 46-48.
- SANTORO, K. R.; BARBOSA, S. P. Influência de efeitos fixos e aleatórios sobre a idade ao primeiro parto de fêmeas Nelore e Nelore Mocho, criadas no Estado de Pernambuco. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. 1 CD-ROM.
- SARREIRO, L. C. **Estimativas de herdabilidade e correlações genéticas entre perímetro escrotal, características seminais e libido de touros da raça Nelore**. 2001. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- SAS, SAS-Stat User's Guide. SAS Inst., Inc., Cary, NC, 1998.
- SCHWARZE, E. Hoden und Nebenhoden. **Dtschtierärztl. Wschr.**, n. 37, p. 291-298. 1939.
- SCHWENGBER, E. B. **Produtividade acumulada e peso adulto como características alternativas na seleção de fêmeas da raça Nelore**. 2001. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.
- SILVA, A. E. D. F. et al. Relação da circunferência escrotal e parâmetros da qualidade do sêmen em touros da raça Nelore, PO. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 31, n. 3, p. 1157-1165, 2002.
- SILVA, A. E. D. F.; DODE, M. A. N.; UNANIAN, M. M. **Capacidade reprodutiva do touro de corte**: Funções, anormalidades e fatores que a influenciam. EMBRAPA – CNPG, DOC. 51, 1993.
- SILVA, A. E. D. F.; UNANIAN, M. M.; SILVA, A. A. M. Aspectos relacionados à precocidade sexual em bovinos machos da raça Nelore, PO. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 42, n. 4, p. 495-500, 1999.
- SILVA, J. A. V.; TONHATI. Estudo do perímetro escrotal e peso corporal de um rebanho da raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997, p. 257-159.
- SIMIONI, M.V. **Estudo genético-quantitativo de algumas características reprodutivas na raça Nelore**. 2002. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.
- TEIXEIRA, R. A. et al. A busca por precocidade. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE CRIADORES E PESQUISADORES, 11., 2002, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: ANCP, 2002. 1 CD-ROM.
- TEIXEIRA, R. A., DIAS, L. T., ALBUQUERQUE, L. G. et al. Efeito do peso e idade à desmama e ao sobreano, sobre medidas de perímetro escrotal em touros Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu.: SBZ, 1998a. p. 443-445.

TEIXEIRA, R. A.; ALBUQUERQUE, L. G.; FRIES, L. A. Influência do peso à desmama, sobre medidas e avaliações do perímetro escrotal ao sobreano em touros Nelore. In: SIMPÓSIO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 3., 1998, Uberaba. **Anais...** Uberaba: SBMA, 1998b. p. 351-352.

TEIXEIRA, R. A.; DIAS, L. T.; ALBUQUERQUE, L. G. Efeitos da idade, peso ao sobreano e composição genética sobre medidas de perímetro escrotal em rebanhos comerciais envolvendo raças Angus, Hereford e Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECHNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 621-622.

TOELLE, V. D.; ROBISON, O. W. Estimates of genetic correlations between testicular measurements and female reproductive traits in cattle. **J. Anim. Sci.**, v. 60, p. 89-100, 1985.

TOLEDO L. R. Carne para viagem – pecuarista e frigoríficos investem na produção e processamento de carne bovina de melhor qualidade para exportação, obtêm mais renda e o país lidera o comércio internacional. **Revista Globo Rural**. Rio de Janeiro, n. 218, p. 26-34, 2003.

TONHATI, H.; GIANNONI, M. A.; CAMPOS, B. E. S. Idade à primeira cria e intervalo entre partos de um rebanho da raça Nelore. **Ars. Vet.**, Jaboticabal, v. 2 n. 1, p. 121-124, 1986.

TORRES, R. A. **Efeito da heterogeneidade de variância na avaliação genética de bovinos da raça Holandesa no Brasil**. 1998. Tese (Doutorado) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

UNANIAN, M. M. e MARTINEZ M. L. Importância dos marcadores na seleção: o reprodutor precoce. **ABCZ Informativo**, n. 154, 2000. Disponível em: <http://www.abcz.com.br/noticias/informat/infol54/notic820.html>. Acesso em: 17 nov. 2003.

UNANIAN, M. M. et al. Características biométricas testiculares para avaliação de touros zebuínos da raça Nelore. **Rev. Bras. Zootec.** v. 29, n.1, p.136-144, 2000.

VALVASORI, E.; TROVO, J. B. F.; PROCKNOR, M.; RAZOOK, A. G. Biometria testicular em tourinhos Gir, Nelore, e Caracu. **B. Industr. Anim.**, Nova Odessa, SP., v. 42, n. 2, p. 155, 1985.

VAN MELIS, M. H. et al. Efeito das classes à desmama e herdabilidade para idade ao primeiro parto em novilhas da raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECHNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 526-524.

VARGAS, C. A.; ELZO, M. A.; CHASE JR., C. C.; CHENOWETH P. J.; OLSON, T. A. Estimation of genetic parameters for scrotal circumference, age at puberty in heifers and hip height in Brahman cattle. **J. Anim. Sci.**, v. 76, p. 2536-2541, 1998.

VEIGA, J. S.; CHIEFFI, A.; PAIVA, O. M. Duração do período de gestação em fêmeas da raça Nelore e idade na época da primeira cria. **Rev. Fac. Med. Vet. USP**, São Paulo, v. 3, n. 3, p. 55-59, 1946.

VILARES, J. B.; JOSAHKIAN, L. A. Contribuição para o estudo do padrão testicular dos zebuínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA DO ZEBU, 1., Uberaba. **Anais...** Uberaba, 1988, p. 405-413.

WOLF, F. R.; ALMQUIST, J. O.; HALE, E. B. Prepuberal behavior and puberal characteristic of beef bulls on high nutrient allowance. **J. Anim. Sci.**, v. 24, p. 761-, 1965.

ZILLO, L. R.; OLIVEIRA FILHO, E. B.; DUARTE, F. A. M. Aspectos de desempenho reprodutivo de um rebanho Nelore ligados à precocidade sexual e duração da gestação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECHNIA, 23., Campo Grande, 1986, **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1986. p. 360.

ZIMMER. A.H. et al. **Considerações sobre índices de produtividade da pecuária de corte em Mato Grosso do Sul.** Embrapa-CNPGC, 1998. Disponível em: <http://www.cnpgc.embrapa.br/publicações/doc/doc70/caracteris.html>. Acesso em: 12 jan. 2003.

APENDICES

APENDICE A - ANÁLISES DAS VARIÂNCIAS DA IDADE AO PRIMEIRO PARTO

Tabela – A.1. Análise da variância correspondente a 4983 observações para idade ao primeiro parto, modelo 1, em animais da raça Nelore do arquivo IPP

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QM	F	Pr<F
Grupo de contemporâneo	348	59,23	4,77	< 0,0001
Peso padronizado aos 365 dias (linear)	1	127,42	10,25	0,0014
Peso padronizado aos 365 dias (quadrático)	1	71,17	5,73	0,0167
Touro	250	20,82	1,68	< 0,0001
Resíduo	4382	12,43		

$R^2 = 0,50$ CV = 9,46%.

Tabela – A.2. Análise da variância correspondente a 4983 observações para idade ao primeiro parto, modelo 2, em animais da raça Nelore do arquivo IPP

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QM	F	Pr<F
Grupo de contemporâneo	348	45,54	4,29	< 0,0001
Manejo Reprodutivo	1	7905,93	744,05	< 0,0001
Peso padronizado aos 365 dias (linear)	1	267,38	25,16	< 0,0001
Peso padronizado aos 365 dias (quadrático)	1	207,49	19,53	< 0,0001
Touro	250	18,78	1,70	< 0,0001
Resíduo	4381	10,63		

$R^2 = 0,57$ CV = 8,75%.

Tabela – A.3. Análise da variância correspondente a 4983 observações para idade ao primeiro parto, modelo 3, em animais da raça Nelore do arquivo IPP

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QM	F	Pr<F
Grupo de contemporâneo	348	65,05	5,18	< 0,0001
Touro	250	21,39	1,70	< 0,0001
Resíduo	4384	12,56		

$R^2 = 0,49$ CV = 9,51%.

Tabela – A.4. Análise da variância correspondente a 4983 observações para idade ao primeiro parto, modelo 4, em animais da raça Nelore do arquivo IPP

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QM	F	Pr<F
Grupo de contemporâneo	348	48,02	4,48	< 0,0001
Manejo Reprodutivo	1	8030,10	748,57	< 0,0001
Touro	250	18,52	1,73	< 0,0001
Resíduo	4383	10,73		

$R^2 = 0,57$ CV = 8,79%.

Tabela – A.5. Análise da variância correspondente a 3373 observações para idade ao primeiro parto, modelo 5, em animais da raça Nelore do arquivo IPPT

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QM	F	Pr<F
Grupo de contemporâneo	251	44,38	3,66	< 0,0001
Peso padronizado aos 365 dias (linear)	1	211,71	17,44	< 0,0001
Peso padronizado aos 365 dias (quadrático)	1	152,33	12,55	0,0004
Touro	210	16,06	1,32	0,0018
Resíduo	2909	12,14		

$R^2 = 0,43$ CV = 9,08%.

Tabela – A.6. Análise da variância correspondente a 3373 observações para idade ao primeiro parto, modelo 6, em animais da raça Nelore do arquivo IPPT

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QM	F	Pr<F
Grupo de contemporâneo	251	44,94	3,65	< 0,0001
Touro	210	16,70	1,35	0,0008
Resíduo	2911	12,33		

$R^2 = 0,42$ CV = 9,15%.

Tabela – A.7. Análise da variância correspondente a 1533 observações para idade ao primeiro parto, modelo 7, em animais da raça Nelore do arquivo IPPP

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QM	F	Pr<F
Grupo de contemporâneo	92	53,60	4,15	< 0,0001
Peso padronizado aos 365 dias (linear)	1	97,28	7,54	0,0061
Touro	94	30,61	2,37	< 0,0001
Resíduo	1345	12,91		

$R^2 = 0,36$ CV= 10,16%.

Tabela – A.8. Análise da variância correspondente a 1533 observações para idade ao primeiro parto, modelo 8, em animais da raça Nelore do arquivo IPPP

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QM	F	Pr<F
Grupo de contemporâneo	92	37,97	4,83	< 0,0001
Manejo Reprodutivo	1	6888,19	876,53	< 0,0001
Touro	94	20,87	2,66	< 0,0001
Resíduo	1345	7,86		

$R^2 = 0,61$ CV = 7,92%.

Tabela – A.9. Análise da variância correspondente a 1533 observações para idade ao primeiro parto, modelo 9, em animais da raça Nelore do arquivo IPPP

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QM	F	Pr<F
Grupo de contemporâneo	92	55,65	4,29	< 0,0001
Touro	94	30,65	2,36	< 0,0001
Resíduo	1346	12,97		

$R^2 = 0,36$ CV = 10,18%.

APENDICE B - ANÁLISES DAS VARIÂNCIAS DO PERÍMETRO ESCROTAL

Tabela – B.1. Análise da variância correspondente a 8564 observações para perímetro escrotal, modelo 1, em animais da raça Nelore do arquivo PE365

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QM	F	Pr<F
Grupo de contemporâneo	355	2220,39	9,16	< 0,0001
Idade da vaca ao parto (linear)	1	11561,79	47,68	< 0,0001
Idade da vaca ao parto (quadrático)	1	11087,22	45,72	< 0,0001
Touro	384	654,23	2,70	< 0,0001
Resíduo	7822	242,50		

$R^2 = 0,52$ CV = 8,04.

Tabela – B.2. Análise da variância correspondente a 8564 observações para perímetro escrotal, modelo 2, em animais da raça Nelore do arquivo PE365

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QM	F	Pr<F
Grupo de contemporâneo	355	1162,97	6,67	< 0,0001
Peso padrão aos 365 dias (linear)	1	17244,75	98,88	< 0,0001
Peso padrão aos 365 dias (quadrático)	1	1443,54	8,28	0,0040
Touro	384	519,46	2,98	< 0,0001
Resíduo	7822	174,40		

$R^2 = 0,65$ CV = 6,82.

Tabela – B.3. Análise da variância correspondente a 8564 observações para perímetro escrotal, modelo 3, em animais da raça Nelore do arquivo PE365

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QM	F	Pr<F
Grupo de contemporâneo	355	1844,95	8,21	< 0,0001
Idade da vaca ao parto (linear)	1	14571,65	64,81	< 0,0001
Idade da vaca ao parto (quadrático)	1	13295,78	59,13	< 0,0001
Ganho de peso entre 210 e 365 dias de idade (linear)	1	138253,92	614,86	< 0,0001
Touro	384	599,97	2,67	< 0,0001
Resíduo	7821	224,85		

$R^2 = 0,55$ CV = 7,74.

Tabela – B.4. Análise da variância correspondente a 7563 observações para perímetro escrotal, modelo 4, em animais da raça Nelore do arquivo PE455

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QM	F	Pr<F
Grupo de contemporâneo	311	3830,67	8,41	< 0,0001
Idade da vaca ao parto (linear)	1	16251,73	35,69	< 0,0001
Idade da vaca ao parto (quadrático)	1	16144,54	35,45	< 0,0001
Touro	343	1464,89	3,22	< 0,0001
Resíduo	6906	455,40		

$R^2 = 0,52$ CV = 9,33.

Tabela – B.5. Análise da variância correspondente a 7563 observações para perímetro escrotal, modelo 5, em animais da raça Nelore do arquivo PE455

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QM	F	Pr<F
Grupo de contemporâneo	311	1771,44	5,10	< 0,0001
Idade da vaca ao parto (linear)	1	3743,69	10,79	0,0010
Idade da vaca ao parto (quadrático)	1	3041,75	8,76	0,0031
Peso padrão aos 455 dias (linear)	1	20820,42	59,99	< 0,0001
Peso padrão aos 455 dias (quadrático)	1	1652,83	4,76	0,0291
Touro	343	1192,90	3,44	< 0,0001
Resíduo	6904	347,04		

$R^2 = 0,63$ CV = 8,15.

Tabela – B.6. Análise da variância correspondente a 7563 observações para perímetro escrotal, modelo 6, em animais da raça Nelore do arquivo PE455

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QM	F	Pr<F
Grupo de contemporâneo	311	3243,82	7,28	< 0,0001
Idade da vaca ao parto (linear)	1	17534,23	39,37	< 0,0001
Idade da vaca ao parto (quadrático)	1	17474,59	39,24	< 0,0001
Ganho de peso entre 365 e 455 dias de idade (linear)	1	70042,53	157,29	< 0,0001
Touro	343	1428,32	3,21	< 0,0001
Resíduo	6905	445,32		

$R^2 = 0,53$ CV = 9,23.

Tabela – B.7. Análise da variância correspondente a 4447 observações para perímetro escrotal, modelo 7, em animais da raça Nelore do arquivo PE550

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QM	F	Pr<F
Grupo de contemporâneo	200	5098,79	9,43	< 0,0001
Idade da vaca ao parto (linear)	1	14660,83	27,12	< 0,0001
Idade da vaca ao parto (quadrático)	1	15229,83	28,18	< 0,0001
Touro	226	1581,43	2,93	< 0,0001
Resíduo	4018	540,52		

$R^2 = 0,52$ CV = 8,87.

Tabela – B.8. Análise da variância correspondente a 4447 observações para perímetro escrotal, modelo 8, em animais da raça Nelore do arquivo PE550

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QM	F	Pr<F
Grupo de contemporâneo	200	1926,47	4,57	< 0,0001
Idade da vaca ao parto (linear)	1	6495,31	15,39	< 0,0001
Idade da vaca ao parto (quadrático)	1	5486,56	13,00	0,0003
Peso padrão aos 550 dias (linear)	1	476893,59	1130,25	< 0,0001
Touro	226	1363,54	3,23	< 0,0001
Resíduo	4017	421,94		

$R^2 = 0,63$ CV = 7,84.

Tabela – B.9. Análise da variância correspondente a 4447 observações para perímetro escrotal, modelo 9, em animais da raça Nelore do arquivo PE550

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QM	F	Pr<F
Grupo de contemporâneo	200	3696,40	7,07	< 0,0001
Idade da vaca ao parto (linear)	1	16643,33	31,83	< 0,0001
Idade da vaca ao parto (quadrático)	1	16851,00	32,23	< 0,0001
Ganho de peso entre 455 e 550 dias de idade (linear)	1	71569,35	136,89	< 0,0001
Touro	226	1582,25	3,03	< 0,0001
Resíduo	4017	522,84		

$R^2 = 0,54$ CV = 8,73.

APENDICE C - Parâmetros genéticos das características estudadas

Tabela – C.1. Estimativas de herdabilidades, correlações genéticas e componentes de (co)variância, provenientes da análise conjunta, entre o perímetro escrotal ajustado aos 365 dias de idade (PE365, variável 1) e a idade ao primeiro parto (IPP, IPPT e IPPP, variável 2) por meio de diversos modelos (entre parênteses)

Parâmetro genético ¹	PE365 (10)								
	IPP (1)	IPP (2)	IPP (3)	IPP (4)	IPPT (5)	IPPT (6)	IPP (7)	IPP (8)	IPP (9)
σ^2_{A1}	141,30	141,50	141,38	141,64	141,85	142,10	141,12	141,02	141,09
$\sigma_{A1,2}$	-4,14	-3,64	-5,70	-4,87	-3,51	-5,43	-4,71	-3,87	-6,00
σ^2_{A2}	1,84	1,58	1,94	1,70	1,16	1,37	4,16	3,29	4,13
σ^2_{E1}	139,27	139,14	139,23	139,05	138,89	138,72	139,41	139,49	139,42
$\sigma_{E1,2}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
σ^2_{E2}	11,21	9,51	11,28	9,53	11,36	11,40	10,11	5,34	10,21
h^2_1	0,50	0,50	0,50	0,50	0,51	0,51	0,50	0,50	0,50
h^2_2	0,14	0,14	0,15	0,15	0,09	0,11	0,29	0,38	0,29
r_A	-0,26	-0,24	-0,34	-0,31	-0,27	-0,39	-0,19	-0,18	-0,25

^{1/} $\sigma_{Ai,j}$ = (co)variância genética aditiva;
 $\sigma_{Ei,j}$ = (co)variância do resíduo;
 h^2_i = herdabilidade;
 r_A = correlação genética;
Para as variâncias $i = j$; para as covariâncias $i \neq j$; $i, j = 1, 2$ (variáveis).

Tabela – C.2. Estimativas de herdabilidades, correlações genéticas e componentes de (co)variância, proveniente da análise conjunta, entre o perímetro escrotal ajustado aos 365 dias de idade (PE365, variável 1) e a idade ao primeiro parto (IPP, IPPT e IPPP, variável 2) por meio de diversos modelos (entre parênteses)

Parâmetro genético ¹	PE365 (11)								
	IPP (1)	IPP (2)	IPP (3)	IPP (4)	IPPT (5)	IPPT (6)	IPP (7)	IPP (8)	IPP (9)
σ^2_{A1}	104,53	104,62	104,46	104,56	104,45	104,36	104,26	104,13	104,31
$\sigma_{A1,2}$	-4,15	-3,18	-4,22	-3,22	-3,94	-3,92	-4,20	-1,96	-4,43
σ^2_{A2}	1,89	1,62	1,96	1,72	1,22	1,37	4,23	3,32	4,18
σ^2_{E1}	99,10	99,03	99,14	99,08	99,15	99,23	99,29	99,39	99,26
$\sigma_{E1,2}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
σ^2_{E2}	11,17	9,48	11,26	9,52	11,31	11,40	10,06	5,32	10,18
h^2_1	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
h^2_2	0,14	0,15	0,15	0,15	0,10	0,11	0,30	0,38	0,29
r_A	-0,29	-0,24	-0,29	-0,24	-0,35	-0,33	-0,20	-0,11	-0,21

^{1/} $\sigma_{Ai,j}$ = (co)variância genética aditiva;
 $\sigma_{Ei,j}$ = (co)variância do resíduo;
 h^2_i = herdabilidade;
 r_A = correlação genética;
Para as variâncias $i = j$; para as covariâncias $i \neq j$; $i, j = 1, 2$ (variáveis).

Tabela – C.3. Estimativas de herdabilidades, correlações genéticas e componentes de (co)variância, provenientes das análises conjuntas, entre o perímetro escrotal ajustado aos 365 dias de idade (PE365, variável 1) e a idade ao primeiro parto (IPP, IPPT e IPPP, variável 2) por meio de diversos modelos (entre parênteses)

Parâmetro genético ¹	PE365 (12)								
	IPP (1)	IPP (2)	IPP (3)	IPP (4)	IPPT (5)	IPPT (6)	IPP (7)	IPP (8)	IPP (9)
σ^2_{A1}	134,68	134,84	134,68	134,87	135,12	135,32	134,67	134,55	134,66
$\sigma_{A1,2}$	-3,48	-2,88	-4,87	-3,98	-3,49	-5,10	-3,35	-2,34	-4,56
σ^2_{A2}	1,83	1,57	1,93	1,69	1,17	1,37	4,15	3,28	4,12
σ^2_{E1}	125,97	125,86	125,97	125,84	125,65	125,52	125,97	126,06	125,98
$\sigma_{E1,2}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
σ^2_{E2}	11,22	9,52	11,29	9,54	11,36	11,40	10,12	5,35	10,22
h^2_1	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
h^2_2	0,14	0,14	0,15	0,15	0,09	0,11	0,29	0,38	0,29
r_A	-0,22	-0,20	-0,30	-0,26	-0,28	-0,38	-0,14	-0,11	-0,19

^{1/} $\sigma_{Ai,j}$ = (co)variância genética aditiva;

$\sigma_{Ei,j}$ = (co)variância do resíduo;

h^2_i = herdabilidade;

r_A = correlação genética;

Para as variâncias $i = j$; para as covariâncias $i \neq j$; $i, j = 1, 2$ (variáveis).

Tabela – C.4. Estimativas de herdabilidades, correlações genéticas e componentes de (co)variância, provenientes das análises conjuntas, entre o perímetro escrotal ajustado aos 455 dias de idade (PE455, variável 1) e a idade ao primeiro parto (IPP, IPPT e IPPP, variável 2) por meio de diversos modelos (entre parênteses).

Parâmetro genético ¹	PE455 (13)								
	IPP (1)	IPP (2)	IPP (3)	IPP (4)	IPPT (5)	IPPT (6)	IPP (7)	IPP (8)	IPP (9)
σ^2_{A1}	291,89	291,68	292,41	291,96	292,27	292,85	291,31	291,15	291,49
$\sigma_{A1,2}$	-6,06	-4,78	-7,98	-6,25	-5,22	-7,45	-5,52	-3,13	-7,11
σ^2_{A2}	1,87	1,58	1,96	1,69	1,16	1,34	4,22	3,29	4,19
σ^2_{E1}	243,62	243,75	243,25	243,60	243,32	242,92	243,98	244,14	243,85
$\sigma_{E1,2}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
σ^2_{E2}	11,19	9,51	11,26	9,54	11,37	11,42	10,07	5,34	10,17
h^2_1	0,55	0,54	0,55	0,55	0,55	0,55	0,54	0,54	0,54
h^2_2	0,14	0,14	0,15	0,15	0,09	0,11	0,30	0,38	0,29
r_A	-0,26	-0,22	-0,33	-0,28	-0,28	-0,38	-0,16	-0,10	-0,20

^{1/} $\sigma_{Ai,j}$ = (co)variância genética aditiva;

$\sigma_{Ei,j}$ = (co)variância do resíduo;

h^2_i = herdabilidade;

r_A = correlação genética;

Para as variâncias $i = j$; para as covariâncias $i \neq j$; $i, j = 1, 2$ (variáveis).

Tabela – C.5. Estimativas de herdabilidades, correlações genéticas e componentes de (co)variância, provenientes das análises conjuntas, entre o perímetro escrotal ajustado aos 455 dias de idade (PE455, variável 1) e a idade ao primeiro parto (IPP, IPPT e IPPP, variável 2) por meio de diversos modelos (entre parênteses)

Parâmetro genético ¹	PE455 (14)								
	IPP (1)	IPP (2)	IPP (3)	IPP (4)	IPPT (5)	IPPT (6)	IPP (7)	IPP (8)	IPP (9)
σ^2_{A1}	219,84	219,61	219,78	219,50	219,77	219,60	219,16	218,50	219,31
$\sigma_{A1,2}$	-5,41	-3,53	-5,50	-3,56	-5,56	-5,62	-4,12	0,65	-4,31
σ^2_{A2}	1,90	1,59	1,96	1,68	1,19	1,33	4,25	3,25	4,20
σ^2_{E1}	189,22	189,37	189,26	189,48	189,26	189,40	189,70	190,16	189,59
$\sigma_{E1,2}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
σ^2_{E2}	11,17	9,51	11,26	9,54	11,34	11,43	10,04	5,37	10,16
h^2_1	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,53	0,54
h^2_2	0,15	0,14	0,15	0,15	0,10	0,10	0,30	0,38	0,29
r_A	-0,27	-0,19	-0,27	-0,19	-0,34	-0,33	-0,13	0,02	-0,14

^{1/} $\sigma_{Ai,j}$ = (co)variância genética aditiva;

$\sigma_{Ei,j}$ = (co)variância do resíduo;

h^2_i = herdabilidade;

r_A = correlação genética;

Para as variâncias $i = j$; para as covariâncias $i \neq j$; $i, j = 1, 2$ (variáveis).

Tabela – C.6. Estimativas de herdabilidades, correlações genéticas e componentes de (co)variância, provenientes das análises conjuntas, entre o perímetro escrotal ajustado aos 550 dias de idade (PE455, variável 1) e a idade ao primeiro parto (IPP, IPPT e IPPP, variável 2) por meio de diversos modelos (entre parênteses)

Parâmetro genético ¹	PE455 (15)								
	IPP (1)	IPP (2)	IPP (3)	IPP (4)	IPPT (5)	IPPT (6)	IPP (7)	IPP (8)	IPP (9)
σ^2_{A1}	276,46	276,32	277,02	276,57	276,66	277,25	275,96	275,62	276,17
$\sigma_{A1,2}$	-5,58	-4,20	-7,40	-5,61	-4,80	-6,90	-5,14	-2,48	-6,61
σ^2_{A2}	1,86	1,57	1,95	1,68	1,15	1,33	4,22	3,29	4,19
σ^2_{E1}	244,50	244,60	244,12	244,46	244,35	243,95	244,84	245,08	244,68
$\sigma_{E1,2}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
σ^2_{E2}	11,20	9,52	11,27	9,54	11,38	11,43	10,07	5,34	10,17
h^2_1	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
h^2_2	0,14	0,14	0,15	0,15	0,09	0,10	0,30	0,38	0,29
r_A	-0,25	-0,20	-0,32	-0,26	-0,27	-0,36	-0,15	-0,08	-0,19

^{1/} $\sigma_{Ai,j}$ = (co)variância genética aditiva;

$\sigma_{Ei,j}$ = (co)variância do resíduo;

h^2_i = herdabilidade;

r_A = correlação genética;

Para as variâncias $i = j$; para as covariâncias $i \neq j$; $i, j = 1, 2$ (variáveis).

Tabela – C.7. Estimativas de herdabilidades, correlações genéticas e componentes de (co)variância, provenientes das análises conjuntas, entre o perímetro escrotal ajustado aos 550 dias de idade (PE550, variável 1) e a idade ao primeiro parto (IPP, IPPT e IPPP, variável 2) por meio de diversos modelos (entre parênteses)

Parâmetro genético ¹	PE550 (16)								
	IPP (1)	IPP (2)	IPP (3)	IPP (4)	IPPT (5)	IPPT (6)	IPP (7)	IPP (8)	IPP (9)
σ^2_{A1}	327,60	327,32	327,82	327,47	326,85	328,39	325,57	328,00	325,26
$\sigma_{A1,2}$	-3,49	-0,68	-5,25	-2,42	0,48	-1,72	-5,97	1,56	-6,93
σ^2_{A2}	1,81	1,54	1,89	1,64	1,10	1,27	4,14	3,28	4,08
σ^2_{E1}	301,34	301,55	301,25	301,45	301,90	300,79	302,87	301,07	303,12
$\sigma_{E1,2}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
σ^2_{E2}	11,23	9,55	11,31	9,57	11,42	11,48	10,13	5,35	10,26
h^2_1	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
h^2_2	0,14	0,14	0,14	0,15	0,09	0,10	0,29	0,38	0,28
r_A	-0,14	-0,03	-0,21	-0,10	0,03	-0,08	-0,16	0,05	-0,19

^{1/} $\sigma_{Ai,j}$ = (co)variância genética aditiva;

$\sigma_{Ei,j}$ = (co)variância do resíduo;

h^2_i = herdabilidade;

r_A = correlação genética;

Para as variâncias $i = j$; para as covariâncias $i \neq j$; $i, j = 1, 2$ (variáveis).

Tabela – C.8. Estimativas de herdabilidade, correlações genéticas e componentes de (co)variância, provenientes das análises conjuntas, entre o perímetro escrotal ajustado aos 550 dias de idade (PE550, variável 1) e a idade ao primeiro parto (IPP, IPPT e IPPP, variável 2) por meio de diversos modelos (entre parênteses)

Parâmetro genético ¹	PE550 (17)								
	IPP (1)	IPP (2)	IPP (3)	IPP (4)	IPPT (5)	IPPT (6)	IPP (7)	IPP (8)	IPP (9)
σ^2_{A1}	297,57	298,16	297,32	298,06	299,19	299,07	297,55	302,01	297,62
$\sigma_{A1,2}$	-3,47	-0,48	-3,29	-0,53	-2,21	-2,21	-1,62	7,54	-1,14
σ^2_{A2}	1,82	1,54	1,88	1,63	1,13	1,27	4,13	3,28	4,07
σ^2_{E1}	205,63	205,21	205,80	205,27	204,46	204,52	205,63	202,43	205,57
$\sigma_{E1,2}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
σ^2_{E2}	11,22	9,55	11,32	9,58	11,39	11,47	10,14	5,35	10,26
h^2_1	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,60	0,59
h^2_2	0,14	0,14	0,14	0,15	0,09	0,10	0,29	0,38	0,28
r_A	-0,15	-0,02	-0,14	-0,02	-0,12	-0,11	-0,05	0,24	-0,03

^{1/} $\sigma_{Ai,j}$ = (co)variância genética aditiva;

$\sigma_{Ei,j}$ = (co)variância do resíduo;

h^2_i = herdabilidade;

r_A = correlação genética;

Para as variâncias $i = j$; para as covariâncias $i \neq j$; $i, j = 1, 2$ (variáveis).

Tabela – C.9. Estimativas de herdabilidades, correlações genéticas e componentes de (co)variância, provenientes das análises conjuntas, entre o perímetro escrotal ajustado aos 550 dias de idade (PE550, variável 1) e a idade ao primeiro parto (IPP, IPPT e IPPP, variável 2) por meio de diversos modelos (entre parênteses)

Parâmetro genético ¹	PE550 (18)								
	IPP (1)	IPP (2)	IPP (3)	IPP (4)	IPPT (5)	IPPT (6)	IPP (7)	IPP (8)	IPP (9)
σ^2_{A1}	334,90	334,97	334,88	335,15	335,30	336,56	333,27	336,60	332,80
$\sigma_{A1,2}$	-3,82	-0,78	-5,48	-2,44	-0,19	-2,33	-5,55	2,50	-6,39
σ^2_{A2}	1,82	1,54	1,90	1,65	1,10	1,27	4,13	3,28	4,07
σ^2_{E1}	279,79	279,70	279,83	279,60	279,47	278,56	280,97	278,52	281,31
$\sigma_{E1,2}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
σ^2_{E2}	11,23	9,55	11,31	9,57	11,41	11,47	10,14	5,35	10,27
h^2_1	0,54	0,54	0,54	0,55	0,55	0,55	0,54	0,55	0,54
h^2_2	0,14	0,14	0,14	0,15	0,09	0,10	0,29	0,38	0,28
r_A	-0,15	-0,03	-0,22	-0,10	-0,01	-0,11	-0,15	0,08	-0,17

^{1/} $\sigma_{Ai,j}$ = (co)variância genética aditiva;

$\sigma_{Ei,j}$ = (co)variância do resíduo;

h^2_i = herdabilidade;

r_A = correlação genética;

Para as variâncias $i = j$; para as covariâncias $i \neq j$; $i, j = 1, 2$ (variáveis).

Tabela – C.10. Estimativas de herdabilidades, correlações genéticas e componentes de (co)variância, provenientes das análises conjuntas, entre o perímetro escrotal ajustado aos 365 dias de idade (PE365, variável 1) e o perímetro escrotal ajustado para 455 e 550 dias (PE455 e PE550, variável 2) por meio de diversos modelos (entre parênteses)

Parâmetro genético ¹	PE365 (10)					
	PE455 (13)	PE455 (14)	PE455 (15)	PE550 (16)	PE550 (17)	PE550 (18)
σ^2_{A1}	150,32	150,09	149,96	151,56	151,08	151,66
$\sigma_{A1,2}$	205,66	194,10	201,32	201,00	180,81	202,91
σ^2_{A2}	310,16	286,38	298,34	337,58	307,29	345,30
σ^2_{E1}	110,38	110,54	110,63	109,42	109,80	109,37
$\sigma_{E1,2}$	105,74	98,74	107,84	84,53	68,08	80,56
σ^2_{E2}	209,28	186,98	210,71	289,34	226,40	268,88
h^2_1	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
h^2_2	0,60	0,60	0,59	0,54	0,58	0,56
r_A	0,95	0,94	0,95	0,89	0,84	0,89

^{1/} $\sigma_{Ai,j}$ = (co)variância genética aditiva;

$\sigma_{Ei,j}$ = (co)variância do resíduo;

h^2_i = herdabilidade;

r_A = correlação genética;

Para as variâncias $i = j$; para as covariâncias $i \neq j$; $i, j = 1, 2$ (variáveis).

Tabela – C.11. Estimativas de herdabilidades, correlações genéticas e componentes de (co)variância, provenientes das análises conjuntas, entre o perímetro escrotal ajustado aos 365 dias de idade (PE365, variável 1) e o perímetro escrotal ajustado para 455 e 550 dias (PE455 e PE550, variável 2) por meio de diversos modelos (entre parênteses)

Parâmetro genético ¹	PE365 (11)					
	PE455 (13)	PE455 (14)	PE455 (15)	PE550 (16)	PE550 (17)	PE550 (18)
σ^2_{A1}	134,91	113,53	135,29	125,90	113,50	126,06
$\sigma_{A1,2}$	197,34	161,98	194,55	185,39	164,82	188,64
σ^2_{A2}	313,61	255,90	302,64	340,24	312,89	349,42
σ^2_{E1}	97,37	87,94	97,68	90,55	86,95	90,22
$\sigma_{E1,2}$	94,00	71,96	95,52	61,01	38,16	56,34
σ^2_{E2}	209,86	161,04	210,65	289,13	193,62	267,18
h^2_1	0,58	0,56	0,58	0,58	0,57	0,58
h^2_2	0,60	0,61	0,59	0,54	0,62	0,57
r_A	0,96	0,95	0,96	0,90	0,87	0,90

^{1/} $\sigma_{Ai,j}$ = (co)variância genética aditiva;

$\sigma_{Ei,j}$ = (co)variância do resíduo;

h^2_i = herdabilidade;

r_A = correlação genética;

Para as variâncias $i = j$; para as covariâncias $i \neq j$; $i, j = 1, 2$ (variáveis).

Tabela – C.12. Estimativas de herdabilidades, correlações genéticas e componentes de (co)variância, provenientes das análises conjuntas, entre o perímetro escrotal ajustado aos 365 dias de idade (PE365, variável 1) e o perímetro escrotal ajustado para 455 e 550 dias (PE455 e PE550 variável 2) por meio de diversos modelos (entre parênteses)

Parâmetro genético ¹	PE365 (12)					
	PE455 (13)	PE455 (14)	PE455 (15)	PE550 (16)	PE550 (17)	PE550 (18)
σ^2_{A1}	148,44	146,29	148,29	148,55	146,02	148,69
$\sigma_{A1,2}$	204,59	188,55	200,69	198,85	176,08	200,89
σ^2_{A2}	311,23	280,39	299,52	339,77	307,36	347,07
σ^2_{E1}	106,76	104,39	107,12	103,38	101,98	103,65
$\sigma_{E1,2}$	102,73	91,90	104,69	78,68	59,46	74,93
σ^2_{E2}	208,53	179,95	209,86	287,74	217,56	267,74
h^2_1	0,58	0,58	0,58	0,59	0,59	0,59
h^2_2	0,60	0,61	0,59	0,54	0,59	0,56
r_A	0,95	0,93	0,95	0,89	0,83	0,88

^{1/} $\sigma_{Ai,j}$ = (co)variância genética aditiva;

$\sigma_{Ei,j}$ = (co)variância do resíduo;

h^2_i = herdabilidade;

r_A = correlação genética;

Para as variâncias $i = j$; para as covariâncias $i \neq j$; $i, j = 1, 2$ (variáveis).

Tabela – C.13. Estimativas de herdabilidades, correlações genéticas e componentes de (co)variância, provenientes das análises conjuntas, entre o perímetro escrotal ajustado aos 455 dias de idade (PE455, variável 1) e o perímetro escrotal ajustado para 550 dias (PE550, variável 2) por meio de diversos modelos (entre parênteses)

Parâmetro genético ¹	PE455(13)			PE455(14)			PE455(15)		
	PE550 (16)	PE550 (17)	PE550 (18)	PE550 (16)	PE550 (17)	PE550 (18)	PE550 (16)	PE550 (17)	PE550 (18)
σ^2_{A1}	310,17	310,13	310,30	290,49	255,11	291,01	309,13	304,15	309,96
$\sigma_{A1,2}$	309,95	299,02	313,91	299,72	268,25	304,59	309,43	294,93	313,69
σ^2_{A2}	335,29	317,23	341,73	334,90	305,61	341,72	335,33	314,96	341,65
σ^2_{E1}	209,24	209,26	209,13	190,65	163,65	191,11	208,96	208,92	209,10
$\sigma_{E1,2}$	189,87	174,27	182,99	177,51	123,60	170,64	189,58	171,38	182,96
σ^2_{E2}	291,07	254,53	273,01	291,36	203,31	272,93	291,03	249,81	273,10
h^2_1	0,60	0,60	0,60	0,60	0,61	0,60	0,60	0,59	0,60
h^2_2	0,54	0,55	0,56	0,53	0,60	0,56	0,54	0,56	0,56
r_A	0,96	0,95	0,96	0,96	0,96	0,97	0,96	0,95	0,96

^{1/} $\sigma_{Ai,j}$ = (co)variância genética aditiva;

$\sigma_{Ei,j}$ = (co)variância do resíduo;

h^2_i = herdabilidade;

r_A = correlação genética;

Para as variâncias $i = j$; para as covariâncias $i \neq j$; $i, j = 1, 2$ (variáveis).