

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS JABOTICABAL

**ANÁLISE GENÉTICA DA IDADE AO PRIMEIRO PARTO E DA PRODUTIVIDADE
ACUMULADA EM BOVINOS DA RAÇA NELORE**

Daniela do Amaral Grossi
Médica Veterinária

JABOTICABAL – SÃO PAULO
Dezembro de 2006

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS JABOTICABAL

**ANÁLISE GENÉTICA DA IDADE AO PRIMEIRO PARTO E DA PRODUTIVIDADE
ACUMULADA EM BOVINOS DA RAÇA NELORE**

Daniela do Amaral Grossi

Orientador: Prof. Dr. Danísio Prado Munari

Co-Orientadora: Pesq. Dra. Claudia Cristina Paro de Paz

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

JABOTICABAL – SÃO PAULO
Dezembro de 2006

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

DANIELA DO AMARAL GROSSI – nascida em 07 de dezembro de 1980, na cidade de Lins, São Paulo, filha de Paulo Grossi e Delva do Amaral Grossi. Iniciou o curso de Medicina Veterinária na Faculdade de Ciência Agrárias, Universidade de Marília (UNIMAR) em fevereiro de 1999 e obteve o título de Médica Veterinária em dezembro de 2003. Em março de 2005, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento Animal na Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias – UNESP – Campus Jaboticabal, sob orientação do Prof. Dr. Danísio Prado Munari e co-orientação da Pesq. Dra. Claudia Cristina Paro de Paz. Foi bolsista CAPES no período de julho de 2005 a dezembro de 2006.

“Mudanças rápidas são frequentemente temporárias, mas o crescimento lento transforma profundamente”

(M.W. Baker)

*Aos meus pais - Paulo e Delva - por serem exemplo de vida
e fonte inesgotável de amor, confiança e estímulo.*

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. **Danísio**, meu orientador e amigo, por oferecer oportunidade única de enriquecimento, não somente por sua visão otimista e motivadora como também por seu empenho em valorizar o tempo todo, nossas conquistas.

A Pesq. **Claudia** pela co-orientação e pelas valiosas sugestões e críticas apresentadas que muito contribuíram na condução das análises e na interpretação dos resultados.

Ao Prof. **João Ademir** pela imensurável contribuição em minha formação e especialmente pelo apoio e amizade.

A Profa. **Sandra** e ao Prof. **Raysildo** - membros da banca examinadora - pelas críticas e sugestões que enriqueceram meu trabalho.

Aos **professores e funcionários do departamento de ciências exatas**, pela confiança e por proporcionarem um ambiente de estudo agradável e familiar.

Ao Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento Animal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias “Julio de Mesquita Filho” – UNESP, **aos funcionários do Setor de Pós-Graduação** pela atenção e a CAPES pela concessão de bolsa de estudos.

Ao Programa de Melhoramento Genético da Raça Nelore (PMGRN – Nelore Brasil) e a Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP) juntamente com os programas de apoio financeiro FAPESP, CNPq E PRONEX.

Aos **meus pais** (Paulo e Delva) pelos princípios de amor, honestidade e tolerância, por acreditarem nos meus sonhos e por terem me ensinado que sempre posso fazer melhor. Pela tranquilidade e orientação nos momentos decisivos e por me ensinarem os "valores" da vida.

As **minhas irmãs** (Paula, Renata e Fernanda) e **meus cunhados** (Luiz Gustavo e Luiz Augusto) pelo carinho incondicional, pela nossa união e por torcerem sempre para meu sucesso pessoal e profissional.

Ao **Guilherme** (Tosketo), meu amigo e irmão de coração, pela ajuda com as análises e principalmente pela companhia, paciência - "Amigos são anjos que nos deixam de pé quando nossas asas têm problemas em se lembrar como voar"

A **Amanda, Julia e Mariana** pela amizade, entusiasmo e convivência. A melhor coisa depois de um dia inteiro "tentando" escrever era chegar em casa e encontrar estas *meninas*, sempre sorrindo e cheias de novidades.

Aos **meus familiares**, simplesmente por existirem e estarem sempre ao meu lado me incentivando. Especialmente a Tia Judith, pelas orações e pedidos.

Aos **meus amigos**, principalmente ao Olavo, Vanessa, Martha, Luciana, André (Catatau), Felipe (Pega), Daniel, Tati, Raquel e Naiara. Obrigada pela confiança, companhia e pela oportunidade de aprender com vocês.

A Deus que mostra sua presença constante em minha vida e por tornar tudo isso possível!

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
INTRODUÇÃO	1
REVISÃO DE LITERATURA	3
Peso Corporal	3
Associação dos Pesos com Características Reprodutivas	7
Perímetro Escrotal (PE)	8
Associações das Medidas de Perímetro Escrotal com Características de Crescimento	9
Associações das Medidas de Perímetro Escrotal com Características Reprodutivas	10
Idade ao Primeiro Parto (IPP)	11
Associação da Idade ao Primeiro Parto com Características Reprodutivas	13
Produtividade Acumulada (PAC)	14
REFERÊNCIAS	17
 CAPÍTULO 2 – ASSOCIAÇÕES GENÉTICAS ENTRE A IDADE AO PRIMEIRO PARTO E CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS E DE CRESCIMENTO EM BOVINOS DA RAÇA NELORE.....	22
RESUMO	22
INTRODUÇÃO	23
MATERIAL E MÉTODOS	25
Análises Estatísticas	26
Ajuste dos Pesos e do Perímetro Escrotal em Função da Idade	31
RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
CONCLUSÕES	39
REFERÊNCIAS	40
ANEXOS	45
Anexo 1. Resumo das análises de variância das características estudadas em bovinos da raça Nelore	45
Anexo 2. Pesos observados e corrigidos em função da idade pelas funções não-lineares de Brody (A), Von Bertalanffy (B), Logística (C) e Logística modificada(D)	47

Anexo 2. Pesos observados e corrigidos em função da idade pelas funções não-lineares de Brody (A), Von Bertalanffy (B), Logística (C) e Logística modificada(D).	47
Anexo 3. Idade em dias da pesagem (ID) e fator de correção (FC) para peso aos 210 dias de idade, obtido por regressão linear quadrática do peso observado em função da idade.	48
CAPÍTULO 3 – ASSOCIAÇÕES GENÉTICAS ENTRE A PRODUTIVIDADE ACUMULADA E CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS E DE CRESCIMENTO EM BOVINOS DA RAÇA NELORE	49
RESUMO.	49
INTRODUÇÃO	50
MATERIAL E MÉTODOS.....	51
Análises Estatísticas.....	52
Ajuste dos Pesos e do Perímetro Escrotal em Função da Idade.....	56
RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
CONCLUSÕES	68
REFERÊNCIAS.....	69
ANEXOS	75
Anexo 1. Resumo da análise de variância da produtividade acumulada (PAC) estudada em animais da raça Nelore.	75

ANÁLISE GENÉTICA DA IDADE AO PRIMEIRO PARTO E DA PRODUTIVIDADE ACUMULADA EM BOVINOS DA RAÇA NELORE

RESUMO – A idade ao primeiro parto (IPP) e a produtividade acumulada (PAC) são características utilizadas para avaliar o desempenho reprodutivo dos bovinos de corte. Com o objetivo de estudar a variação fenotípica destas características e as associações genéticas existentes com outras de interesse econômico, dados de animais do Programa de Melhoramento Genético da Raça Nelore (PMGRN - Nelore Brasil) foram utilizados para estimar, pelo método de máxima verossimilhança restrita, parâmetros genéticos e tendências genéticas de IPP e PAC. Análises bi-característica foram efetuadas entre IPP e PAC e entre estas e peso corporal das fêmeas corrigido para 365 (P365) e 450 (P450) dias de idade, e perímetro escrotal dos machos corrigidos para 365 (PE365), 450 (PE450), 550 (PE550) e 730 (PE730) dias de idade. As tendências genéticas de PAC e IPP foram favoráveis indicando que os critérios de seleção adotados nestas fazendas estão favorecendo estas características. As médias de herdabilidades estimadas para IPP e PAC foram de 0,03 e 0,19, respectivamente. A seleção baseada no P365 ou P450 visando melhorar a IPP seria mais eficiente do que a seleção direta para esta característica. A seleção com base na PAC poderá favorecer as fêmeas com maiores P365, P450 e menores IPP. Nestes rebanhos, o perímetro escrotal não está associado geneticamente a IPP e ao índice PAC.

Palavras-Chave: bovinos de corte, correlação genética, herdabilidade, modelos não-lineares, seleção indireta

GENETIC ANALYSIS OF AGE AT FIRST CALVING AND ACCUMULATED PRODUCTIVITY IN NELORE CATTLE

SUMMARY – Age at First Calving (AFC) and Accumulated Productivity (ACP) are traits used to evaluate the reproductive performance of the beef cattle. The knowledge of the existing genetic relationships between these traits and those that respond to the selection can aid the selective process. Data of a Brazilian Nelore cattle breeding program were used to estimate via REML the genetic, phenotypic and environmental parameters as well as the genetic trends of AFC and ACP. Bi-trait analyses were performed between AFC and ACP and between these traits and the heifers' body weight adjusted to 365 (W365) and 450 (W450) days of age, and the males' scrotal circumference adjusted to 365 (P365), 450 (P450), 550 (P550) and 730 (P730) days of age. The genetic trends of the AFC and ACP were favorable, indicating genetic gains of -0.011 days per year for AFC and 0.1655 kg of weaned calves per year for ACP. The means of estimated heritabilities for AFC and ACP were 0.03 and 0.19, respectively. The indirect selection for AFC by W365 and W450 is more efficient than the direct selection. The estimated genetic correlations indicated that the heavier heifers at these ages were the ones that produced more kilograms of weaned calves per year and had earlier AFC. In these herds, the males' scrotal circumference was not genetically associated with AFC and ACP.

Keywords: beef cattle, genetic correlation, heritability, non-linear models, indirect selection

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

INTRODUÇÃO

O principal objetivo da bovinocultura de corte - a produção de carne – depende de características ligadas à capacidade produtiva e reprodutiva dos animais. Estas características são quantitativas, ou seja, são influenciadas por vários pares de genes e apresentam variação fenotípica contínua. A metodologia de estudo que utiliza a semelhança entre parentes é o método mais adequado para estimar quanto desta variação é devido a efeitos aditivos dos genes e quanto é atribuído a efeitos genéticos não aditivos ou ambientais.

O controle dos efeitos ambientais, por meio do manejo, é um procedimento que pode melhorar a eficiência de produção dos rebanhos. Porém, estas mudanças não são genéticas e, assim, não são transmitidas de geração para geração. O processo mais eficiente para conseguir mudanças genéticas na população é a seleção. Características cuja variação fenotípica é devida, em grande parte, aos efeitos aditivos dos genes, respondem bem à seleção, proporcionando avanço genético da população.

Com um dos maiores rebanhos comerciais do mundo formado por raças adaptadas ao clima tropical e ao sistema de criação extensivo em regime de pastagens, a bovinocultura de corte brasileira é caracterizada pela produção a baixo custo. Entretanto, a taxa de mudança genética das características de importância econômica ainda é baixa. Isto pode ser um indicativo de que a disseminação do material genético superior é feita de forma desordenada, fazendo com que o ganho genético obtido por alguns produtores seja anulado pelo baixo desempenho dos outros (ALVES et al., 1999).

A identificação dos genótipos mais produtivos e adaptados ao sistema de produção em pastagens e a multiplicação deste material genético para os produtores comerciais deve contribuir para elevar a taxa de mudança genética dos rebanhos. Entretanto, para melhor identificação destes animais é necessário que, cada vez mais, os produtores participem dos programas de avaliação genética.

O foco de estudo dos programas de melhoramento genético de bovinos de corte, foi, durante anos, as características de crescimento, como peso corporal medido em várias idades ou ganho médio diário. Estas características são de grande importância econômica, apresentam facilidade de mensuração e herdabilidades de moderadas a altas. Acreditava-se que animais mais pesados seriam mais produtivos. Todavia, dependendo das condições ambientais, do manejo e do material genético, estas características podem apresentar relações desfavoráveis com outras, tais como tamanho da matriz, precocidade reprodutiva e de deposição gordura.

Desta forma, começaram a ser estudadas a variação fenotípica e associações genéticas existentes entre características de crescimento e reprodutivas, visando definir os critérios de seleção que possam melhor atender os objetivos de produção.

A idade ao primeiro parto (IPP) é uma característica reprodutiva de fácil observação, que depende diretamente da idade em que as fêmeas entram em reprodução. A precocidade reprodutiva dos animais permite avaliá-los em menor tempo, diminuindo o intervalo entre gerações e favorecendo o ganho genético anual. Além disso, a precocidade reprodutiva aliada à fertilidade eleva a taxa de nascimentos e o desfrute do rebanho. Isto resulta em maior quantidade de carne produzida ao ano e, conseqüentemente, maior rentabilidade ao produtor.

Visando avaliar a capacidade reprodutiva e produtiva dos animais, o Programa de Melhoramento Genético da Raça Nelore (PMGRN – Nelore Brasil), coordenado pela Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP), propôs um índice, denominado produtividade acumulada (PAC), que avalia a produtividade da fêmea considerando o peso do bezerro ao desmame e o número de progênes produzidas

durante a permanência desta no rebanho. A PAC expressa a capacidade da fêmea em parir regularmente, com menor idade e de desmamar animais com maior peso (LÔBO et al., 2004).

O objetivo do presente trabalho foi obter subsídios para a seleção de bovinos da raça Nelore, pertencentes ao PMGRN -Nelore Brasil, a partir do estudo da variação fenotípica e de tendências genéticas da idade ao primeiro parto e da produtividade acumulada e suas associações genéticas e ambientais com características reprodutivas e de crescimento.

REVISÃO DE LITERATURA

Peso Corporal

Os pesos corporais medidos em diferentes idades apresentam herdabilidades altas, ou seja, grande parte da variação observada é devida aos efeitos aditivos dos genes. Visando alcançar mudanças genéticas favoráveis no rebanho, os pesos medidos ao nascer (PN), aos 120 dias de idade (P120), ao desmame (PD), aos 210 (P210), 240 (P240), 365 (P365), 450 (P450) e 550 (P550) dias de idade são freqüentemente utilizados como critérios de seleção nos programas de melhoramento genético. A alta associação genética existente entre pesos medidos em diferentes idades torna possível a seleção em idades mais jovens.

As práticas de manejo e os custos de produção dificultam a obtenção de medidas de peso corporal na mesma idade, de todos os animais. Assim, a padronização das pesagens em função da idade é um procedimento que deve ser utilizado no estudo da variação fenotípica desta característica. Esta padronização pode ser feita por meio de

ajustes lineares ou não-lineares. Entretanto, grande parte dos trabalhos utiliza as correções lineares devido à simplicidade de execução.

O crescimento dos bovinos é representado por uma curva sigmóide e apresenta duas fases. Na primeira fase, que vai do nascimento à puberdade, a velocidade de crescimento aumenta exponencialmente. Na segunda fase (pós-puberdade), a velocidade de crescimento diminui à medida que o animal se aproxima da maturidade. Quando o objetivo é ajustar os pesos para idades iniciais, o ajuste linear dos pesos em função da idade mostra-se eficiente. Porém, quando se pretende obter pesos ajustados para idades mais avançadas, o ajuste não-linear é mais adequado. De um modo geral, espera-se que os ajustes não-lineares descrevam melhor o crescimento dos bovinos (LAIRD, 1965).

Em bovinos da raça Nelore, o ajuste dos pesos em função da idade influencia as estimativas dos parâmetros genéticos. Herdabilidades de maior magnitude são observadas para pesos padronizados por ganho médio diário, quando comparadas com as estimadas para pesos não padronizados obtidos em idades próximas as utilizadas para a padronização. Mudanças nas classificações dos animais quanto ao valor genético, utilizando pesos padronizados ou não padronizados foram relatadas MARCONDES et. al., (2002). Entretanto, GUNSKI et al. (2001) não relataram mudanças nas estimativas de herdabilidade quando consideraram o P120, P365 e P550 observados na idade real ou ajustados por ganho médio diário.

O peso dos bezerros ao nascimento é uma característica que responde à seleção, mas esta não deve favorecer os animais com maiores pesos. Animais pesados ao nascimento aumentam a dificuldade do parto e exigem mais (nutricionalmente) da vaca no período pré-desmama.

PEREIRA et al. (2001b) indicaram a seleção de animais com PN medianos, uma vez que menores pesos podem acarretar em um maior período de gestação e peso muito alto ocasiona partos distócicos. A herdabilidade direta estimada foi 0,36 e a materna de 0,07.

Quando o objetivo final de um ciclo de produção é a obtenção de bezerros, o PD pode ser utilizado como critério de seleção. A variação observada nesta característica é atribuída em grande parte aos efeitos genéticos diretos, efeitos maternos e de ambiente permanente.

O efeito materno refere-se à habilidade da vaca em proporcionar condições ambientais favoráveis para o desenvolvimento do seu produto, e depende do genótipo da vaca para produção de leite, comportamento e transmissão de imunidade biológica. O efeito de ambiente permanente está relacionado as condições que o fenótipo da vaca proporciona à sua progênie. Assim, é o mesmo para irmãos maternos, mas não é transmitido de geração para geração.

Observa-se que a ausência do efeito materno no modelo estatístico para avaliação genética, principalmente de pesos obtidos até 365 dias de idade, resulta em estimativas de herdabilidade de maior magnitude (BITTENCOURT et al., 2002). Portanto, o efeito materno deve ser considerado nos modelos das características obtidas até um ano de idade (RIBEIRO et al., 2001).

Nos trabalhos consultados na literatura sobre peso padronizado aos 120 dias de idade (P120), o efeito materno foi considerado no modelo estatístico. A proporção da variação devida a este efeito foi de 2 a 16%, com média igual a 8%. A herdabilidade direta para P210 apresentou média de 0,33, variando de 0,23 a 0,58 (GARNERO et al., 2001; GUNSKI et al., 2001; MARCONDES et al. 2002 e SIQUEIRA et al., 2003).

GRESSLER et al. (2005) não consideraram o efeito materno nas análises de P240 e estimaram herdabilidade de $0,48 \pm 0,20$ em um rebanho de fêmeas da raça Nelore. Quando foi considerado o efeito materno no modelo, as médias de herdabilidades encontradas na literatura para esta característica foram de 0,24 para o efeito direto e de 0,08 para o efeito materno (GARNERO et al., 2001; GUNSKI et al., 2001 e MARCONDES et al., 2002).

As médias das estimativas de herdabilidades diretas, verificadas na literatura, foram de 0,28 para P365, 0,45 para peso medido aos 455 dias de idade (P455) e 0,50 para P550 (PEREIRA et al. 2001b; MARCONDES et al., 2002; BITTENCOURT et al., 2002; SIQUEIRA et al., 2003 e BERTAZZO et al., 2004).

Os efeitos genéticos não-aditivos, e os ambientais, interferem mais na capacidade do animal ganhar e manter o peso nas fases iniciais de vida do que em idades mais avançadas. As médias gerais observadas para as estimativas de herdabilidade, direta e materna foram, respectivamente, de 0,32 e 0,09 para P365 (GUNSKI et al., 2001; MARCONDES et al., 2002; BITTENCOURT et al., 2002 e BERTAZZO et al., 2004), 0,38 e 0,06 para P455 (MARCONDES et al., 2002 e BITTENCOURT et al., 2002) e 0,41 e 0,02 para P550 (GARNERO et al., 2001; GUNSKI et al., 2001 e MARCONDES et al., 2002).

Ao estudarem bovinos da raça Nelore, GARNERO et al. (2001) observaram que, aos 550 dias de idade, não houve efeito dos genes maternos agindo sobre a característica e aos 120 e aos 240 dias o efeito materno foi responsável, respectivamente, por 7 e 1% da variação existente nas características. As herdabilidades, estimadas para o efeito direto, foram iguais a 0,56 para P550 dias de idade e 0,26 para P120 e P240.

Estimativas semelhantes foram relatadas por SIQUEIRA et al. (2003) para pesos corrigidos linearmente para 120, 455 e 550 dias de idade. As proporções de variância genética direta foram 0,29, 0,51 e 0,47, respectivamente, sendo que foi considerado efeito materno apenas para P120 e este foi responsável por 8% da variação fenotípica. Quando estes mesmos autores efetuaram análises bi-característica envolvendo os três pesos, as herdabilidades diretas médias foram de 0,54 para P120, 0,52 para P455 e 0,46 para P550 e a herdabilidade materna para P120 foi em média igual a 0,02.

BERTAZZO et al. (2004) estudaram pesos da vaca e do bezerro, corrigidos para 205 dias (P205), 365 e 550 dias de idade e verificaram que existe possibilidade de ganho genético para estas características. As estimativas de herdabilidade dos pesos

das vacas apresentaram valores de 0,44, 0,45 e 0,75, respectivamente, valores maiores do que geralmente é encontrado na literatura. Os autores associaram as altas herdabilidades ao fato do arquivo só conter dados de fêmeas. Para os pesos dos bezerros, as estimativas foram de 0,25, 0,24 e 0,35, concordando com outros autores. As herdabilidades maternas de P205 e P365 foram ambas próximas de 0,15 para as fêmeas e ao redor de 0,05 para os bezerros.

Os genes responsáveis pela expressão dos pesos em animais europeus ou cruzados parecem ter maior ação aditiva do que os genes responsáveis por estes fenótipos em zebuínos. Desta forma, espera-se que os animais europeus ou cruzados respondam melhor à seleção, pois a fração da variância fenotípica que é devida a efeitos genéticos não-aditivos e ambientais é menor. TALHARI et al. (2003) estudaram, na raça Canchim, pesos ajustados linearmente por ganho médio diário e estimaram herdabilidades médias de 0,37 para PD corrigido para 240 dias de idade, 0,31 para P365 e 0,35 para P550. Para PD, a média de herdabilidade materna foi de 0,13. Estas estimativas foram maiores do que as observadas em rebanhos da raça Nelore.

Associação dos Pesos com Características Reprodutivas

Estudos têm mostrado que a seleção para maiores pesos não deve ocasionar aumento na IPP e que, em alguns casos, os animais mais pesados são também os de maior precocidade reprodutiva. Entretanto, o manejo adotado pelos produtores em que um peso mínimo é pré-requisito para as fêmeas entrarem em reprodução pode estar induzindo esta relação favorável.

Na raça Nelore, a correlação genética negativa existente entre PD corrigido para 240 dias e IPP, indica existir sinergismo genético entre estas características. Desta forma, a seleção de bezerras mais pesadas ao desmame poderá levar a obtenção de animais mais jovens ao primeiro parto (GRESSLER et al., 2005).

GARNERO et al. (2001) estimaram correlações genéticas negativas e de baixa magnitude (-0,05 e -0,09) entre IPP e pesos corrigidos para 120 e 240 dias de idade, respectivamente. A correlação genética entre IPP e peso corrigido para 550 dias de idade foi a de maior magnitude (-0,31).

Perímetro Escrotal (PE)

O testículo é um órgão responsável pela produção de espermatozóides e de hormônios sexuais. Por este motivo, o tamanho testicular está relacionado com características reprodutivas dos machos, tais como, libido, precocidade reprodutiva e aspectos quantitativos e qualitativos do sêmen.

O perímetro escrotal (PE) é uma medida de fácil obtenção utilizada para prever o tamanho testicular. Outros parâmetros como volume, comprimento e formato testicular foram propostos para avaliar a capacidade de produção espermática (UNANIAN et al., 2000). Porém, devido à dificuldade de obtenção destas medidas, poucos estudos têm sido conduzidos com o propósito de avaliar a relação destes parâmetros testiculares com características reprodutivas e de crescimento.

Sabe-se que o PE medido próximo da idade à puberdade é um indicador da precocidade sexual dos animais, pois o aumento na produção de hormônios, que ocorre neste período, ocasiona crescimento acentuado do tamanho testicular. Após este período, espera-se que a diferença de PE entre os animais esteja mais associada ao tamanho corporal e não a parâmetros reprodutivos.

Estudando machos da raça Nelore, SILVA et al. (1999) observaram que a puberdade, definida como a fase em que aparecem os primeiros espermatozóides viáveis no ejaculado, ocorre próximo aos 365 dias de idade. Espera-se que os animais

com menores PE nesta idade sejam mais tardios quanto à precocidade reprodutiva, ou seja, levem mais tempo para atingir a puberdade.

Estudos têm mostrado que a variância observada no PE é devida, em grande parte, a aspectos genéticos aditivos. Assim, desde que apresente correlações favoráveis com características de interesse econômico, o PE pode ser utilizado como critério de seleção em programas de melhoramento genético.

Considerando-se que o PE está relacionado com o tamanho e o crescimento corporal, esta medida deve ser ajustada para efeitos como idade e peso dos animais quando se busca associação deste com características reprodutivas. ORTIZ PEÑA et al. (2000) observaram que os efeitos da idade e peso corporal do animal foram importantes fontes de variação sobre PE. Segundo estes autores, o PE corrigido para idade e peso do animal apresenta maior proporção de variância genética aditiva do que o PE corrigido apenas para idade.

Na raça Nelore, BORJAS et al. (2003) estimaram herdabilidades de 0,25 e MARTÍNEZ-VELÁZQUEZ et al. (2003) de 0,41 para PE medido aos 274 e 358 dias de idade, respectivamente.

As médias das estimativas de herdabilidades verificadas na literatura, na raça Nelore, foram de 0,31 para PE365 (GRESSLER et al., 2000 e BORJAS et al., 2003) e de 0,41 para PE550 (PEREIRA et al., 2000; GRESSLER et al., 2000; PEREIRA et al., 2001a, b; PEREIRA et al., 2002; BORJAS et al., 2003 e SILVEIRA et al., 2004).

Associações das Medidas de Perímetro Escrotal com Características de Crescimento

Correlações genéticas estimadas entre PE, obtido em várias idades, e medidas de peso corporal, têm indicado que os genes responsáveis pela variação genética deste são, em parte, os mesmos que influenciam os pesos destes animais.

Ao analisar a relação existente entre o perímetro escrotal medido próximo aos 550 dias de idade e pesos em diversas idades, PEREIRA et al. (2001b) constataram que a correlação genética existente entre este PE e os pesos é maior para PD. As estimativas foram de $-0,16$ com PN, $0,27$ com PD e de $0,25$ com P550. Quando a característica estudada foi o ganho médio diário da desmama ao sobreano, a correlação foi de $0,12$, e indicou que o PE está pouco relacionado com a velocidade de crescimento.

Correlações genéticas de $0,56$, $0,49$, $0,51$ e $0,42$ foram estimadas entre P120 e PE medido próximo aos 274, 365, 456 e 548 dias de idade, respectivamente (BORJAS et al., 2003). Estes mesmos autores obtiveram correlações de menores magnitudes quando, em vez de utilizar as medidas próximas às idades pré-estabelecidas, ajustaram o PE para 365, 456 e 548 dias de idade.

SILVEIRA et al. (2004) estudaram o perímetro escrotal medido aos 550 dias de idade (PE550) e observaram correlações genéticas de $0,80$ e $0,46$ desta característica com PD e P550, respectivamente.

Associações das Medidas de Perímetro Escrotal com Características Reprodutivas

Nas fêmeas, o início da puberdade não pode ser identificado por alterações fenotípicas. Por este motivo, buscam-se associações de medidas de precocidade entre machos e fêmeas. Estudos têm mostrado que maiores medidas de perímetro escrotal nos touros estão associadas à maior precocidade reprodutiva e menor IPP em suas filhas (PEREIRA et al., 2001a; PEREIRA et al., 2002 e SILVEIRA et al., 2004).

MARTINS FILHO & LÔBO (1991) estimaram correlação genética de $-0,44$ entre PE medido próximo aos 20 meses e IPP, medidos em meio-irmãos paternos, da raça Nelore.

Correlações genéticas negativas entre IPP e PE, observado em torno do 18 meses (14 a 22 meses), foram descritas por PEREIRA et al. (2002). Esta estimativa foi de $-0,39$, quando a IPP foi medida em fêmeas que foram expostas aos touros por volta dos 14 meses de idade. Todavia, quando as observações foram de fêmeas submetidas ao manejo tradicional, de serem expostas ao touro apenas aos 26 meses de idade, esta correlação foi metade da estimada anteriormente.

SILVEIRA et al. (2004) encontraram relações favoráveis entre PE550 e IPP, intervalo entre partos e dias para o parto. As correlações genéticas estimadas entre PE550 e estas características foram de $-0,23$, $-0,19$ e $-0,46$, respectivamente.

Idade ao Primeiro Parto (IPP)

A idade ao primeiro parto (IPP) deve ser obtida pela diferença entre a data do primeiro parto e a data de nascimento da fêmea e está diretamente relacionada com a puberdade dos animais. Esta característica tem grande importância econômica, pois a antecipação da entrada das novilhas em reprodução proporciona maior vida útil às vacas, além de ser a única maneira de diminuir o intervalo de gerações das fêmeas (PELICIONI et al., 1999). Além disso, é de fácil mensuração, observada precocemente na vida da matriz e sua obtenção não implica em custos extras para o sistema de produção.

A média geral observada de IPP na raça Nelore, obtida a partir dos valores encontrados na literatura foi de 37,12 meses e variou de 33,0 a 43,7 meses (PÁDUA et al., 1994; PELICIONI et al., 1999; MERCADANTE et al., 2000; GRESSLER et al., 2000; PEREIRA et al., 2000; PEREIRA et al., 2001a, b; PEREIRA et al., 2002; BERTAZZO et al., 2004; DIAS et al., 2004b e SILVEIRA et al., 2004).

PEREIRA et al. (2002) verificaram médias de 1006,61 dias (33 meses) para IPP de fêmeas que foram expostas ao touro pela primeira vez aos 14 meses e 1099,80 dias (36,06 meses) para fêmeas expostas ao touro pela primeira vez aos 26 meses de idade.

A IPP sofre influência direta do manejo adotado na fazenda. O manejo tradicional, de pré-estabelecer uma idade ou peso para as fêmeas entrarem em reprodução, diminui a variabilidade da característica, dificultando a identificação das fêmeas mais precoces. Desta forma, herdabilidades de diferentes magnitudes são relatadas para esta característica.

Diversos autores sugerem que a seleção de novilhas com base em menores IPP poderia levar a progressos genéticos consideráveis (MERCADANTE et al., 2000; BERTAZZO et al., 2004 e DIAS et al. 2004a, b). Sendo assim, esta característica poderia ser utilizada para avaliar a precocidade das fêmeas nos programas de melhoramento genético.

PEREIRA et al. (2002) observaram que a seleção para IPP pode apresentar maior resposta em populações nas quais as fêmeas entram na estação de monta em torno dos 14 meses de idade.

A média observada na literatura para herdabilidade de IPP foi de 0,14, sendo que o valor máximo foi de 0,37 (GRESSLER et al., 2000; MERCADANTE et al., 2000; PEREIRA et al., 2000; PEREIRA et al., 2001a, b; PEREIRA et al., 2002; BERTAZZO et al., 2004; SILVEIRA et al., 2004; DIAS et al., 2004a, b; GARNERO et al., 2005 e GRESSLER et al., 2005).

DIAS et al. (2004a) encontraram valores de herdabilidade iguais a zero (para novilhas expostas aos reprodutores apenas aos 24 meses de idade); 0,11 (para todas as fêmeas que tinham informação de IPP); 0,20 (para novilhas que tiveram manejo diferenciado na fazenda, em que todas as fêmeas pertencentes a este grupo foram expostas mais cedo à reprodução, aproximadamente 18 meses de idade) e 0,36

(registros de todas as fêmeas nascidas no rebanho). PEREIRA et al. (2002) relataram herdabilidades de IPP igual a 0,19 e 0,02, para fêmeas expostas pela primeira vez ao touro, em torno de 14 e 26 meses de idade, respectivamente.

Associação da Idade ao Primeiro Parto com Características Reprodutivas

MERCADANTE et al. (2000) estudaram as relações existentes entre IPP e características reprodutivas e observaram que a seleção de novilhas sexualmente mais precoces poderia levar a animais mais eficientes quanto à eficiência reprodutiva (ER) e com menor intervalo entre o primeiro e segundo partos (IEP). A ER é um índice que avalia a capacidade reprodutiva de um animal, pois concatena o número de partos, somatória do intervalo entre partos e idade ao primeiro parto da matriz. As estimativas de correlações genéticas estimadas por estes autores foram de -0,80 e 0,53, entre IPP e ER e IEP, respectivamente.

A fertilidade real (FR) é um índice que mede kg de bezerros desmamados por vaca por ano efetivo, ou seja, o peso ao desmame do bezerro a cada ano é ponderado pela razão entre 365 dias e o intervalo entre partos do período considerado. SILVEIRA et al. (2004) estimaram correlação genética favorável, igual a -0,89, entre IPP e FR.

Ao correlacionar IPP com índices que consideram kg e números de bezerros desmamados por vaca até 10 anos de idade e durante toda a sua permanência no rebanho, BALDI REY (2006) estimou correlações que variaram de -0,42 a -0,66.

Observa-se que a correlação entre IPP e índices reprodutivos tem sido de alta magnitude, diminuindo quando se considera o total de quilogramas de bezerros produzidos em vez de quilogramas de bezerros produzidos por ano. Isto se deve ao fato de que vacas que não conceberam em alguma estação de nascimento não são penalizadas quando se considera quilogramas de bezerros produzidos por ano. O

mesmo não ocorreu quando a unidade considerada foi quilogramas de bezerros produzidos durante toda a vida do animal.

Produtividade Acumulada (PAC)

A Produtividade Acumulada (PAC) é um índice que visa avaliar a produtividade da fêmea considerando o peso do bezerro ao desmame e o número de progênes produzidas durante a permanência desta no rebanho. Assim, depende diretamente da idade ao primeiro parto (IPP), do intervalo entre partos (IEP) e do tempo de permanência da vaca no rebanho. A PAC expressa a capacidade da fêmea em parir regularmente, com menor idade e de desmamar animais com maior peso (LÔBO et al., 2004).

O índice PAC é obtido com a seguinte expressão (LÔBO et al., 2000):

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

em que:

PAC = produtividade acumulada;

P_d = peso médio dos bezerros a desmama padronizado para 210 dias de idade;

n_p = número total de bezerros produzidos;

C_{365} = constante igual a 365 dias que permite expressar a fertilidade em base anual;

IVP_n = idade da vaca ao ultimo parto;

C_{550} = constante igual a 550 dias considerando que a meta do PMGRN - Nelore Brasil para IPP é de 30 meses.

As médias e os respectivos desvios-padrão de PAC, encontrados na literatura, foram 144 kg (ROSA, 1999), 130 ± 35 kg (SCHWENGBER et al., 2001) e $96,74 \pm 46,7$ kg (AZEVEDO et al., 2005).

Os resultados sobre PAC, encontrados por SCHWENGBER et al. (2001), indicam a existência de variabilidade genética e a relevância de incluí-la nos programas de melhoramento e seu uso na seleção de vacas, o que conduziria à obtenção de fêmeas mais produtivas, desmamando bezerros com maior peso (kg) por ano. Porém, o progresso genético seria lento.

São escassos os estudos sobre PAC. Os coeficientes de herdabilidade, estimados por ALVES et al. (1999), ROSA (1999), SCHWENGBER et al., (2001) e AZEVEDO et al. (2005) foram, respectivamente, de 0,15, 0,19, 0,15 e $0,11 \pm 0,06$.

BALDI REY (2006) estudou um índice semelhante à PAC, que mede quilogramas de bezerros desmamados por ano de permanência da vaca no rebanho, e verificou herdabilidades de $0,14 \pm 0,05$ em um rebanho da raça Canchim. O autor observou a existência de relação entre este índice e características de peso, tamanho e condição corporal das fêmeas.

Considerando a importância das características reprodutivas e de crescimento na exploração de bovinos de corte, critérios de seleção devem ser definidos a fim de se obter maior ganho genético para estas características.

A idade ao primeiro parto e a produtividade acumulada são características utilizadas para avaliar o desempenho reprodutivo dos animais. Porém, apresentam estimativas de herdabilidade de moderadas a baixas e são muito influenciadas por práticas de manejo e condições ambientais.

Ao contrário das características reprodutivas, o peso corporal e o perímetro escrotal respondem com maior eficiência à seleção. Desta forma, o conhecimento das relações genéticas existentes entre estas características irá auxiliar no processo seletivo.

REFERÊNCIAS

- ALVES, R.G.O.; SILVA, L.O.C.; FILHO, K.E.; FIGUEIREDO, G.R. Disseminação do melhoramento genético em bovinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.6, p.1219-1225, 1999.
- AZEVEDO, D.M.M.R.; FILHO, R.M.; LÔBO, R.N.B.; LÔBO R.B.; MOURA, A.A.A.N.; PIMENTA FILHO, E.C.; MALHADO, C.H.M. Produtividade acumulada (PAC) das matrizes em rebanhos Nelore do Norte e Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.54-59, 2005.
- BALDI REY, F.S. **Relação genética de características de tamanho corporal com características de eficiência reprodutiva e produtiva de fêmeas da raça Canchim**. 2006. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2006.
- BERTAZZO, R.P.; FREITAS, R.T.F.; GONÇALVES, T.M.; PEREIRA, I.G.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S.; OLIVEIRA, A.I.G.; ANDRADE, I.F. Parâmetros genéticos de longevidade e produtividade de fêmeas da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p.1118-1127, 2004.
- BITTENCOURT, T.C.C; ROCHA, J.C.M.C.; LÔBO, R.B.; BEZERRA, L.F. Estimação de componentes de (co)variâncias e predição de DEP's para características de crescimento pós-desmama de bovinos da raça Nelore, usando diferentes modelos estatísticos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.54, n.3, p. 303-308, 2002.
- BORJAS, A.R.B.; ELZO, M.A.; LÔBO, R.B.; BEZERRA, L.A.F.; MAGNABOSCO, C.U. Variabilidad genética de medidas alternativas del perímetro escrotal em ganado Nelore. **Livestock Research for Rural Development**, Colômbia, v.15, n.10, 2003

DIAS, L.T.; EL FARO, L.; ALBUQUERQUE, L.G. Efeito da idade de exposição de novilhas à reprodução sobre estimativas de herdabilidade da idade ao primeiro parto em bovinos Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.3, p.370-373, 2004a

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

GARNERO, A.D.V.; GUNSKI, R.J.; SCHWENGBER, E.B.; LÔBO, R.B. Comparación entre criterios de selección para características de crecimiento correlacionados con edad al primer parto em la raza Nelore. **Livestock Research for Rural Development**, v.13, n.2, 2001.

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

GRESSLER, S.L.; PEREIRA, J.C.C.; BERGMANN, J.A.G.; ANDRADE, V.J.; PAULINO, M.F.; GRESSLER, S.L. Aspectos genéticos do peso à desmama e de algumas características reprodutivas de fêmeas Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, n.4, p.533-538, 2005.

GUNSKI, R.J.; GARNERO, A.V.; BORJAS, A.R.; BEZERRA, L.A.F.; LÔBO, R.B. Estimativas de parâmetros genéticos para características incluídas em critérios de seleção em gado Nelore. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.4, p.603-607, 2001.

LAIRD, A.K. Dynamics of relative growth. **Growth**, Lakeland, v.29, p. 249-263, 1965.

LÔBO, R.B.; BEZERRA, L.A.F.; OLIVEIRA, H.N.; MAGNABOSCO, C.U.; ZAMBIANCHI, A.R.; ALBUQUERQUE, L.G.; BERGMANN, J.A.G.; SAINZ, R.D. **Avaliação genética de touros e matrizes da raça nelores: sumário 2004**. Ribeirão Preto, GEMAC – Departamento de Genética – FMRP – USP, 2004.

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

MARCONDES, C.R.; GAVIO, D.; BITTENCOURT, T.C.C.; ROCHA, J.C.M.C.; LÔBO, R.B.; BEZERRA, L.A.F.; TONHATI, H. Estudo de modelo alternativo para estimação de componentes de (co)variância e predição de valores genéticos de características de crescimento em bovinos da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.54, n.1, p. 93-99, 2002.

MARTÍNEZ-VELÁZQUEZ, G.; GREGORY, K.E.; BENNETT, G.L.; VAN VLECK, L.D. Genetic relationships between scrotal circumference and female reproductive traits. **Journal of Animal Science**, v.81, n.2, p.395-401, 2003.

MARTINS FILHO, R.; LÔBO, R.B. Estimates of genetic correlations between sire scrotal circumference and offspring age at first calving in Nelore cattle. **Brazilian Journal Genetics**, v.14, n.1, p. 209-212, 1991.

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

ORTIZ PEÑA, C.D.; QUEIROZ, S.A.; FRIES, L.A. Estimação de Fatores de Correção do perímetro escrotal para idade e peso corporal em touros jovens da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1667-1675, 2000.

PÁDUA, J.T.; MUNARI, D.P.; WATANABE, Y.F.; LEAL, C.L.V.; OLIVEIRA, J.A.L.; ALENCAR, M.M. Avaliação de efeitos de ambiente e da repetibilidade de características reprodutivas em bovinos da raça Nelore. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.23, n.1, p.126-132, 1994.

PELICIONI, L.C.; MUNIZ, C.A.S.D.; QUEIROZ, S.A. Avaliação do desempenho ao primeiro parto de fêmeas Nelore e F1. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.4, p.729-734, 1999.

PEREIRA, E.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S. Correlação genética entre perímetro escrotal e algumas características reprodutivas na raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1676-1683, 2000.

PEREIRA, E.; ELER, J.P.; COSTA, F.A.A.; FERRAZ, J.B.S. Análise genética da idade ao primeiro parto e do perímetro escrotal em bovinos da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.53, n.1, p.116-121, 2001a.

PEREIRA, E.; ELER J.P.; FERRAZ, J.B.S. Análise genética de algumas características reprodutivas e suas relações como o desempenho ponderal na raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.53, n.6, p.720-727, 2001b.

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

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

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. In: Avaliação genética de animais jovens, touros e matrizes, sumário 1999, Ribeirão Preto, SP., Seção Pesquisa. Ribeirão Preto, SP : GEMAC-Depto. de Genética, FMRP-USP, 1999. p. 77-78.

SCHWENGBER, E.B.; BEZERRA, L.A.F.; LÔBO, R.B. Produtividade acumulada como critério de seleção em fêmeas da raça Nelore. **Ciência Rural**, Belo Horizonte, v. 31, n.3, 2001.

SILVA, A.E.D.F.; UNANIAN, M.M.; SILVA, A.R. Aspectos relacionados à precocidade sexual em bovinos machos da raça Nelore, PO. **Brazilian Archives and Technology**, n.4, v.42, p.495-500, 1999.

SILVEIRA, J.C.; MCMANUS, C.; MASCIOLI, A.S.; SILVA, L.O.C.; SILVEIRA, A.C.; GARCIA, J.A.S.; LOUVANDINI, H. Fatores ambientais e parâmetros genéticos para características produtivas e reprodutivas em um rebanho nelore no estado do Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1432-1444, 2004.

SIQUEIRA, R.L.P.G.; OLIVEIRA, J.A.; LÔBO, R.B.; BEZERRA, L.A.F.; TONHATI, H. Análise da variabilidade genética aditiva de características de crescimento na raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.1, p.99-105, 2003.

TALHARI, F.M.; ALENCAR, M.M.; MASCIOLI, A.S.; SILVA, A.M.; BARBOSA, P.F. Correlações genéticas ente características produtivas de fêmeas em um rebanho da raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.880-886, 2003.

UNANIAN, M.M.; SILVA, A.E.D.F.; MCMANUS, C.; CARDOSO, E.P. Características biométricas testiculares para avaliação de touros Zebuínos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.1, n.29, p.136-144, 2000.

CAPÍTULO 2 – ASSOCIAÇÕES GENÉTICAS ENTRE A IDADE AO PRIMEIRO PARTO E CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS E DE CRESCIMENTO EM BOVINOS DA RAÇA NELORE.

RESUMO - As características reprodutivas são de grande importância na exploração de bovinos de corte, pois influenciam diretamente a produção de bezerros. A entrada das fêmeas em reprodução define a idade ao primeiro parto (IPP). Assim, esta característica pode ser utilizada como critério de seleção para melhorar a precocidade reprodutiva. Dados de bovinos do Programa de Melhoramento Genético da Raça Nelore (PMGRN - Nelore Brasil) foram analisados com o objetivo de obter subsídios para a seleção visando precocidade reprodutiva de fêmeas da raça Nelore. Utilizou-se o método de máxima verossimilhança restrita sob modelo animal para estimar parâmetros genéticos, fenotípicos e ambientais em análises bi-característica de IPP com peso das fêmeas corrigido para 365 (P365) e 450 (P450) dias de idade e, perímetro escrotal dos machos corrigido para 365 (PE365), 450 (PE450), 550 (PE550) e 730 (PE730) dias de idade. A média das estimativas de herdabilidade para IPP foi de 0,03. As herdabilidades e os erros-padrão estimados para P365, P450, PE365, PE450, PE550 e PE730, foram de $0,48 \pm 0,05$, $0,47 \pm 0,05$, 0,48, 0,65, 0,64, 0,42 e as correlações genéticas com IPP foram de -0,36, -0,31, 0,10, -0,13, -0,13 e 0,06, respectivamente. A seleção baseada no P365 ou P450, visando melhorar o desempenho reprodutivo quanto a IPP, seria mais eficiente do que a seleção direta para esta característica. No rebanho estudado, a seleção para PE365, PE450, PE550 ou PE730 não deve ocasionar mudanças genéticas em IPP.

Palavras-Chave: bovinos de corte, características reprodutivas, correlações genéticas, modelos não-lineares.

INTRODUÇÃO

A pecuária brasileira é composta principalmente por bovinos Zebu ou azebuados. Estes animais são adaptados ao clima tropical e sistema de criação extensivo em regime de pastagens, favorecendo a criação a baixo custo. As matrizes e novilhas absorvem a maior parte dos recursos financeiros e nutricionais da propriedade, concentrando as despesas do ciclo de produção na reposição e manutenção das fêmeas. Animais que demoram a entrar em reprodução e que não parem regularmente são inviáveis para o sistema de produção. Assim, torna-se evidente a necessidade da inclusão de características reprodutivas, além das produtivas, nos critérios de seleção.

A idade ao primeiro parto (IPP) é uma característica reprodutiva de fácil mensuração, medida precocemente nos animais e que pode ser utilizada como critério de seleção para precocidade sexual, uma vez que mede a entrada das novilhas no sistema de produção. Menores IPP diminuem o intervalo de gerações, contribuindo para o ganho genético anual, além de proporcionar um maior tempo de vida útil às vacas.

Segundo FRAZIER et al. (1999), MERCADANTE et al. (2000), BERTAZZO et al. (2004) e GRESSLER et al. (2005), a IPP é uma característica que pode responder a seleção individual. Entretanto, GRESSLER et al. (2000), PEREIRA et al., (2002), MARTÍNEZ-VELÁSQUEZ et al. (2003) e DIAS et al. (2004a) encontraram que a maior parte da variação fenotípica encontrada nesta característica é devido aos efeitos não aditivos dos genes e ao ambiente. Em geral, as características reprodutivas das fêmeas apresentam baixas herdabilidades e respondem melhor ao manejo adequado do que à seleção. Além disso, existe uma uniformidade na expressão das características ligadas ao desempenho reprodutivo, ocasionada pela seleção natural, que dificulta que os melhores animais sejam identificados. No entanto, PEREIRA et al. (2002) observaram que a utilização da IPP como critério de seleção pode apresentar maior resposta em populações nas quais as fêmeas entram na estação de monta em torno dos 14 meses de idade.

Outras características podem ser usadas como critério de seleção para precocidade nas fêmeas, desde que apresentem correlações favoráveis com as características de desempenho reprodutivo e sejam observadas precoce e facilmente. A precocidade está ligada ao crescimento e desenvolvimento dos animais. É comum a prática de seleção para precocidade de crescimento corporal visando precocidade reprodutiva. Porém, as associações genéticas e ambientais entre as características de crescimento corporal e precocidade reprodutiva devem ser definidas na população em estudo.

Sabe-se que a seleção para peso pode ter como consequência animais maiores e mais altos. Estes têm maiores exigências nutricionais para manutenção assim, quando as condições nutricionais e ambientais não são favoráveis, os mesmos tendem a ser tardios quanto ao desempenho reprodutivo. Entretanto, correlações negativas e favoráveis foram relatadas na raça Nelore entre IPP e peso das fêmeas aos 550 (GARNERO et al., 2001) e 365 (MERCADANTE et al., 2000) dias de idade.

O perímetro escrotal (PE) observado à puberdade é uma medida de crescimento de fácil obtenção e de herdabilidade moderada que vem sendo utilizada como critério de seleção para fertilidade e precocidade. Nos machos há um crescimento acentuado da massa testicular no início da puberdade, entretanto nas fêmeas não ocorrem alterações que auxiliem a identificação deste período fenotipicamente. Por este motivo, buscam-se associações de medidas de precocidade entre machos e fêmeas. Estudos têm mostrado que maiores medidas de perímetro escrotal nos touros estão associadas a maior precocidade reprodutiva e menor IPP em suas filhas (PEREIRA et al., 2001a; PEREIRA et al., 2002 e SILVEIRA et al., 2004).

O objetivo do presente trabalho foi obter subsídios para a seleção visando precocidade reprodutiva de fêmeas da raça Nelore, pertencentes ao Programa de Melhoramento Genético da Raça Nelore (PMGRN -Nelore Brasil). Assim, estudou-se a variação fenotípica da idade ao primeiro parto, a resposta à seleção indireta para esta

característica e suas associações genéticas com características reprodutivas e de crescimento.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram analisados dados de animais da raça Nelore, nascidos de 1976 a 2002, pertencentes a 22 fazendas localizadas no estado de São Paulo, participantes do Programa de Melhoramento Genético da Raça Nelore (PMGRN - Nelore Brasil), o qual é coordenado pela Associação Nacional dos Criadores e Pesquisadores (ANCP).

A maioria das fazendas manteve os animais em sistema de criação extensivo em regime de pastagens. O desmame ocorreu em torno de seis a oito meses de idade. O manejo reprodutivo consistiu de uma estação de acasalamento com duração de 60 a 120 dias utilizando inseminação artificial ou monta natural, com repasse de touros após o primeiro ou segundo serviço.

Pesos corporais, assim como observações de perímetro escrotal dos machos, foram medidos a cada três meses, no mínimo até os 18 meses de idade.

Um índice, desenvolvido pelo PMGRN – Nelore Brasil, foi indicado para a seleção de machos e fêmeas geneticamente superiores nas fazendas. O índice envolve características de peso corporal, perímetro escrotal e habilidade materna (LÔBO et al., 2000).

As características estudadas nas fêmeas foram: idade ao primeiro parto (IPP), peso corrigido para 365 (P365) e 450 (P450) dias de idade e nos machos: perímetro escrotal corrigido para 365 (PE365), 450 (PE450), 550 (PE550) e 730 (PE730) dias de idade.

Análises Estatísticas

Fizeram parte das análises apenas animais mantidos exclusivamente em pastagens, com pai, mãe e datas de nascimentos conhecidos. Nos arquivos utilizados para as análises bi-característica de IPP com P365 e P450 foram considerados somente os animais que possuíam medidas de ambas as características e nos demais arquivos foram considerados todos os animais com observações. Pais com menos de dois filhos em cada variável, grupos de contemporâneos (GC) com menos de quatro observações por característica e animais que morreram durante o controle zootécnico foram excluídos de todos os arquivos.

Os GC foram iguais para todas as características e constituíram-se de animais pertencentes à mesma fazenda e nascidos no mesmo ano e estação de nascimento. Definiram-se duas estações de nascimento: águas para animais nascidos de outubro a março e seca para animais nascidos de abril a setembro.

Análises de variância, utilizando o procedimento GLM do programa computacional SAS (2002), auxiliaram na definição dos efeitos ambientais considerados no modelo misto (Anexo 1). A idade da mãe ao parto não afetou significativamente as características em estudo. A normalidade dos resíduos foi verificada para cada variável e observações cujo resíduo padronizado apresentou-se acima de 3,5 ou abaixo de -3,5 desvios-padrão foram excluídas. A descrição dos arquivos finais encontra-se na Tabela 1. A matriz de parentesco foi constituída por 42734 animais.

Para IPP foram definidos dois modelos, um para as análises bi-característica com P365 e P450 considerando a classe de GC como efeito fixo e outro modelo para as análises bi-característica com PE365, PE450, PE550 e PE730 em que foi considerado, além do efeito fixo de classe de GC, o efeito do peso da fêmea corrigido para 210 dias (P210) como co-variável linear.

No modelo final de P365 e P450 considerou-se o efeito fixo de classe de GC. Para PE365, PE450, PE550 e PE730 foram considerados os efeitos fixos de classe de GC e da co-variável linear peso dos machos corrigido para 365 (PM365), 450 (PM450), 550 (PM550) e 730 (PM730) dias de idade, respectivamente.

Os efeitos maternos, direto e de ambiente permanente, não foram considerados nos modelos. A estrutura do arquivo não permitiu que o efeito de ambiente permanente fosse considerado nas análises, pois a maior parte das vacas possuía apenas uma progênie.

Tabela 1. Número de animais, pais, mães e de grupos de contemporâneos (GC) considerados para análises bi-característica de idade ao primeiro parto (IPP) com peso corporal das fêmeas corrigido para 365 (P365), 450 (P450) dias de idade e com perímetro escrotal (PE) corrigido para 365 (PE365), 450 (PE450), 550 (PE550) e 730 (PE730) dias de idade.

Características	Animais	Pais	Mães	GC
IPP e P365*	3064	256	2358	196
IPP e P450*	3055	257	2353	196
IPP**	3318	261	2561	207
PE365	2525	199	1951	110
PE450	2538	199	1962	110
PE550	2540	199	1963	110
PE730	2536	199	1961	110

*Estrutura igual de dados para ambas as características; **Dados de IPP utilizados nas análises bi-característica com PE em diferentes idades.

As análises para estimação dos parâmetros genéticos foram efetuadas pelo método de máxima verossimilhança restrita, em modelo animal bi-característica, utilizando o programa computacional MTDFREML (Multiple Trait Derivative-Free Restricted Maximum Likelihood), descrito por BOLDMAN et al. (1995). Os valores iniciais requisitados pelo programa procederam das análises de variância e da literatura.

As covariâncias ambientais entre IPP e PE365, PE450, PE550 e PE730 foram consideradas como zero. Depois de atingida a convergência, estipulada em 10^{-9} , as análises foram reiniciadas até que fosse confirmado que aquele resultado encontrado era o máximo global e não local. O modelo matricial utilizado foi o seguinte:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & 0 \\ 0 & X_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_1 & 0 \\ 0 & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}$$

em que:

y_1 = vetor de registros da variável 1 (IPP);

y_2 = vetor de registros da variável 2 (P365, P450, PE365, PE450, PE550, PE730);

b_1 = vetor de efeitos fixos para variável 1;

b_2 = vetor de efeitos fixos para a variável 2;

μ_1 = vetor de efeito aleatório de valor genético para a variável 1;

μ_2 = vetor de efeito aleatório de valor genético para a variável 2;

$X_1(X_2)$ = matriz de incidência associando os elementos de $b_1(b_2)$ a $y_1(y_2)$;

$Z_1(Z_2)$ = matriz de incidência associando os elementos de $\mu_1(\mu_2)$ a $y_1(y_2)$.

Para o modelo bi-característica em geral, $E(y_i) = X_i b_i$ para $i=1, 2$ e a matriz de variância e covariância dos elementos aleatórios no modelo é dada por:

$$Var \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ e_1 \\ e_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_{a1}^2 & A\sigma_{a1a2} & 0 & 0 \\ A\sigma_{a1a2} & A\sigma_{a2}^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I\sigma_{e1}^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I\sigma_{e2}^2 \end{bmatrix}$$

em que:

A = matriz de parentesco;

$\sigma_{a1}^2, \sigma_{a2}^2$ = variância genética aditiva para as características 1 e 2, respectivamente;

σ_{a1a2} = covariância genética aditiva entre as características 1 e 2;

$\sigma_{e1}^2, \sigma_{e2}^2$ = variância residual para as características 1 e 2, respectivamente.

A eficiência relativa de seleção indireta (Q) para IPP, baseada no P365 ou P450 foi obtida pela seguinte equação:

$$Q = \frac{RC_{IPP/Y}}{R_{IPP}} = \frac{r_A h_{IPP} h_Y i_Y}{h_{IPP}^2 i_{IPP}}$$

em que:

$RC_{IPP/Y}$ = resposta correlacionada da característica principal (IPP), quando a seleção foi aplicada para a característica secundária Y (P365 ou P450);

R_{IPP} = resposta à seleção direta para IPP;

r_A = correlação genética entre as características;

h_Y = raiz quadrada da herdabilidade da característica secundária (P365 ou P450);

h_{IPP} = raiz quadrada da herdabilidade da característica principal (IPP);

h_{IPP}^2 = herdabilidade da característica principal (IPP);

i_{IPP} = intensidade seletiva sobre a característica principal (IPP);

i_Y = intensidade seletiva sobre a característica secundária (P365 ou P450).

Considerando que as duas características estão sob mesma intensidade seletiva, porém em sentido oposto, a eficiência relativa de seleção foi obtida a partir da expressão:

$$Q = \frac{r_A h_{IPP} h_Y i}{h_{IPP}^2 (-i)} = -\frac{r_A h_Y}{h_{IPP}}$$

em que:

$$i = i_{IPP} = i_Y$$

O valor de $r_A h_Y$, definida como acurácia da seleção indireta, é a correlação entre os valores genéticos preditos da característica principal (IPP) e os valores fenotípicos da característica secundária selecionada (P365 e P450). O valor de h_{IPP} é a acurácia da seleção direta. Se o valor absoluto de Q for maior do que um, a seleção indireta é mais

eficiente do que a seleção direta para a característica principal (FALCONER & MACKAY, 1996).

Ajuste dos Pesos e do Perímetro Escrotal em Função da Idade

A regressão linear não foi eficiente no ajuste do peso corporal das fêmeas, para 365 e 450 dias de idade e do perímetro escrotal, para 365, 450, 550 e 730 dias de idade. Estes foram ajustados por meio de uma função não-linear Logística modificada, estudada por QUIRINO et. al (1999). FRIZZAS (2006), analisando o desempenho dos machos deste mesmo banco de dados, encontrou a função não-linear Logística modificada como a que melhor descrevia o crescimento testicular por unidade de tempo.

Estudos foram efetuados para identificar a função não-linear que melhor descreveria o crescimento corporal das fêmeas por unidade de tempo. A curva proposta por VON BERTALANFFY (1957) foi a que melhor ajustou o crescimento das fêmeas quando foi realizada uma única regressão para todos os animais (Anexo 2). Porém, quando foram conduzidas regressões individuais, por animal, esta curva apresentou baixa porcentagem de convergência devido ao número reduzido de pesagens por animal, principalmente nas idades adultas. Assim, a função Logística modificada foi escolhida para descrever individualmente o crescimento das vacas. A função Logística modificada é descrita por:

$$Y = \frac{A}{(1 + Be^{-kt})} + \varepsilon$$

em que:

Y = peso corporal em kg ou perímetro escrotal em cm corrigido para a idade " t ";

A = valor assintótico de " Y " quando " t " tende ao infinito e é interpretado como peso corporal ou tamanho testicular do animal adulto;

B = constante de integração relacionada aos pesos ou medidas iniciais;

e = base do logaritmo natural;

k = taxa de maturação;

t = idade do animal em dias;

ε = erro aleatório associado a cada pesagem ou medida.

O ajuste do P210, utilizado como co-variável da IPP nas análises bi-característica com o perímetro escrotal em diferentes idades, foi obtido pelo produto entre o peso observado e um fator de correção linear (FC). Para esta idade, o ajuste linear mostrou-se eficiente, pois o período considerado (de 150 a 350 dias) foi curto e nesta fase o crescimento dos animais foi linear. O FC resultou da razão entre o peso esperado em cada idade e o peso esperado aos 210 dias (Anexo 3). Os valores esperados de peso para cada idade foram obtidos por ajuste linear (regressão linear-quadrática) do peso em função da idade. Para isto foi considerada, dentro do intervalo de 150 a 305 dias de idade, a pesagem mais próxima de 210 dias de cada animal.

Foi adotada esta correção para manter um maior número de animais nas análises. Para a correção linear apenas uma pesagem próxima dos 210 dias seria suficiente para o ajuste, enquanto que para a correção não-linear seriam necessárias pelo menos três pesagens ao longo da vida de cada vaca.

Os PM365, PM450, PM550 e PM730 utilizados respectivamente como co-variáveis do PE365, PE450, PE550 e PE730, foram obtidos pela função não-linear Logística estudada por NELDER (1961). FRIZZAS (2006) observou que a função

Logística foi a curva que melhor descreveu o crescimento corporal dos machos neste banco de dados. A função Logística é descrita por:

$$Y = A(1 + e^{-k.t})^{-m} + \varepsilon$$

em que:

Y = peso corporal em kg corrigido para a idade “ t ”;

A = valor assintótico de “ Y ” quando “ t ” tende ao infinito e é interpretado como peso do animal adulto;

e = base do logaritmo natural;

k = taxa de maturação;

t = idade do animal em dias;

m = constante que define a forma da curva;

ε = erro aleatório associado a cada pesagem ou medida.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores observados de IPP variaram de 29 a 49 meses. As médias observadas, nos diferentes arquivos, oscilaram entre $36,11 \pm 4,52$ e $36,40 \pm 4,37$ meses. Estes resultados estão de acordo com os encontrados por PELICIONI et al. (1999), PEREIRA et al. (2000), GARNERO et al. (2001), PEREIRA et al. (2001a,b) e PEREIRA

et al. (2002), porém foram maiores do que os relatados por PÁDUA et al. (1994), MERCADANTE et al. (2000) e BERTAZZO et al. (2004). Alguns autores (PEREIRA et al., 2001b; PEREIRA et al., 2002; DIAS et al., 2004b e SILVA et al., 2005) demonstraram que, quando os animais são expostos precocemente (12-16 meses de idade) ao touro, as médias tendem a ser menores (de 33 a 34,33 meses). Menores IPP também foram relatadas para vacas de raças taurinas e cruzadas (ALENCAR et al., 1999; FRAZIER et al., 1999; PELICIONI et al., 1999 e WOLF et al., 2004).

As médias observadas, valores mínimos e máximos encontrados para peso corporal das fêmeas e perímetro escrotal corrigidos podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2. Médias observadas e respectivos desvios-padrão (DP), valores mínimo (Mín) e máximo (Máx) para peso corporal das fêmeas corrigido para 365 (P365) e 450 (P450) dias de idade e perímetro escrotal corrigido para 365 (PE365), 450 (PE450), 550 (PE550) e 730 (PE730) dias de idade.

Característica	Média±DP	Mín	Máx
P365 (kg)	226,0±27,0	118,0	341,0
P450 (kg)	262,0±31,0	141,0	390,0
PE365 (cm)	19,7±2,3	10,7	27,2
PE450 (cm)	23,2±2,6	13,1	31,6
PE550 (cm)	26,5±3,0	16,6	35,8
PE730 (cm)	30,7±3,7	17,2	42,3

As médias observadas para P365 e P450 foram muito próximas às relatadas por BERTAZZO et al. (2004) para P365 em fêmeas Nelore e por MARCONDES et al. (2002) para P365 e P455. MERCADANTE et al. (2000) e SIQUEIRA et al. (2003), estudando rebanhos de Nelore em todo o Brasil, encontraram médias de menor magnitude (187,1±26,35 e 250±44 kg) para P365 e P455, respectivamente. Esta variação nas médias encontradas na literatura era esperada, uma vez que o manejo é

extensivo e as condições climáticas e nutricionais de cada região interferem no crescimento e ganho de peso dos animais.

BORJAS et al. (2003) encontraram médias de $19,3 \pm 2,19$ cm, $22,4 \pm 2,83$ cm e $25,4 \pm 3,19$ cm para perímetro escrotal corrigido para 365, 456 e 548 dias de idade ao estudar 54 rebanhos Nelore participantes do PMGRN - Nelore Brasil. Médias próximas às observadas para PE550 foram descritas na literatura (ORTIZ PEÑA et al., 2000; PEREIRA et al., 2000; PEREIRA et al., 2001a; PEREIRA et al., 2002 e SILVEIRA et al., 2004).

As estimativas de herdabilidades e coeficientes de correlação estimados em análises bi-característica de IPP com P365 e P450 e de IPP com PE365, PE450, PE550 e PE730 estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3. Estimativas dos coeficientes de herdabilidades (h^2) e erros-padrão, correlações genéticas (r_g), fenotípicas (r_p) e ambientais (r_e) obtidas em análises bi-característica da idade ao primeiro parto (IPP) com peso corporal das fêmeas corrigido para 365 (P365) e 450 (P450) dias de idade e perímetro escrotal corrigido para 365 (PE365), 450 (PE450), 550 (PE550) e 730 (PE730) dias de idade.

Características 2	Característica 1 (IPP)				
	h_1^2	h_2^2	r_p	r_g	r_e
P365	0,04±0,02	0,48±0,05	-0,149	-0,36±0,238	-0,14±0,042
P450	0,04±0,02	0,47±0,05	-0,168	-0,31±0,254	-0,18±0,041
PE365	0,03	0,48	-0,010	0,10	0,00
PE450	0,02	0,65	-0,016	-0,13	0,00
PE550	0,02	0,64	-0,017	-0,13	0,00
PE730	0,03	0,42	0,006	0,06	0,00

A IPP foi muito influenciada por efeitos genéticos não aditivos e pelo ambiente, indicando que a expressão da característica depende principalmente de condições

adequadas de manejo. A grande influência do ambiente sobre esta característica já havia sido reportada por MERCADANTE et al. (2000), PEREIRA et al. (2001a, b), PEREIRA et al. (2002) e SILVEIRA et al. (2004), que encontraram herdabilidades de $0,01 \pm 0,03$, 0,02, 0,05, 0,09 e 0,10, respectivamente. Estimativas deste parâmetro variaram de 0,08 a 0,22 em diferentes raças (FRAZIER et al., 1999; MARTÍNEZ-VELÁZQUEZ et al., 2003 e TALHARI et al., 2003). Porém, o manejo tradicional adotado nas propriedades, em que a entrada das fêmeas em reprodução é definida pelo peso corporal e/ou idade, pode prejudicar a identificação das novilhas precoces, diminuindo a variabilidade da característica.

Com o objetivo de aumentar as estimativas de herdabilidade da IPP, PEREIRA et al. (2001b), PEREIRA et al. (2002), DIAS et al. (2004a, b), estudaram rebanhos em que as novilhas Nelore foram expostas ao reprodutor em idades mais jovens (14 a 18 meses), e obtiveram herdabilidades de maior magnitude, (0,19, 0,18, 0,20 e 0,12, respectivamente) quando comparadas às do presente trabalho. Entretanto, os maiores valores relatados para este parâmetro (0,36 e 0,27) foram estimados em populações em que as fêmeas não sofreram exposição precoce aos touros (BERTAZZO et al., 2004 e GRESSLER et al., 2005). As estimativas de parâmetros genéticos são relevantes à população em que foram obtidos. Esta variação nas estimativas obtidas na revisão de literatura reflete a diversidade de material genético encontrado nas diferentes regiões do Brasil. Diferenças nas frequências alélicas resultam em mudança na variância genética aditiva e, conseqüentemente, na herdabilidade.

Valores de estimativas de herdabilidade de menor magnitude quando comparados com as estimadas neste trabalho, para P365, foram relatados por GUNSKI et al. (2001) e MERCADANTE et al. (2000) ao estudarem rebanhos da raça Nelore.

As estimativas de herdabilidade, de P365 e P455, obtidas no presente trabalho foram condizentes com as estimadas por MARCONDES et al. (2002) e BITTENCOURT et al. (2002) quando não foram considerados os efeitos maternos, direto e de ambiente permanente, nos modelos. Entretanto, estes autores observaram que as estimativas de

herdabilidade diminuíram em magnitude quando foram considerados os efeitos maternos no modelo. A herdabilidade estimada neste trabalho para P450 está de acordo com as estimadas por SIQUEIRA et al. (2003) para P455 que variaram de 0,44 a 0,53.

As características relacionadas ao crescimento das fêmeas (P365 e P450) apresentaram correlações genéticas favoráveis com IPP. Assim, a seleção para peso não estaria prejudicando os animais quanto à precocidade reprodutiva, mas a baixa magnitude destas estimativas indica que um pequeno número de genes contribui para a expressão fenotípica de ambas as características. Entretanto, estas correlações genéticas devem ser interpretadas com cautela, pois o critério de seleção adotado pelas fazendas, que favorece os animais mais pesados e mais precoces, diminui a variabilidade fenotípica destas características. Além disso, as fêmeas que não entraram em reprodução não foram consideradas nas análises.

GARNERO et al. (2001) estudando as relações existentes entre IPP e peso corporal das fêmeas corrigido para 550 dias de idade, em um rebanho da raça Nelore, encontraram correlação genética idêntica à estimada neste trabalho entre IPP e P450.

De acordo com as estimativas de herdabilidade, a seleção individual para PE seria mais eficiente se esta fosse feita com base nas idades de 450 e 550 dias. Nestas idades as estimativas foram maiores do que aquelas para PE365 e PE730, indicando que a variação fenotípica observada no PE450 e PE550 sofre menor influência dos efeitos ambientais e dos efeitos genéticos não aditivos. Assim a seleção dos animais pelo PE deve ser efetuada próxima aos 450 ou 550 dias de idade.

GRESSLER et al. (2000) relataram herdabilidades inferiores, de 0,24 e 0,31, respectivamente para PE365 e PE550. As herdabilidades encontradas na literatura para PE, medido próximo aos 550 dias de idade, variaram de 0,31 a 0,51 (PEREIRA et al., 2000; PEREIRA et al., 2001a; PEREIRA et al., 2002 e SILVEIRA et al., 2004). BORJAS et al. (2003) estudando o perímetro escrotal corrigido para várias idades estimaram

herdabilidades de 0,38, 0,42 e 0,37, quando PE foi corrigido para 365, 456 e 548 dias de idade, respectivamente.

O fato de, neste estudo, ter sido utilizado o perímetro escrotal ajustado para idade e peso pode ter contribuído para estimativas de maior magnitude quando comparadas àquelas encontradas na literatura. Além disso, o ajuste do perímetro escrotal em função da idade foi efetuado por uma regressão não linear. As equações não lineares são mais indicadas para o ajuste das medidas corporais em função da idade, principalmente em fases em que o crescimento não é linear.

Os coeficientes de correlações genéticas entre IPP e PE foram de baixa magnitude indicando que, neste rebanho, a seleção para PE nos machos não ocasionará mudanças genéticas na IPP das fêmeas.

Estimativas de correlações genéticas desfavoráveis entre IPP e PE365 e PE730 obtidas no presente trabalho podem ser explicadas pelo fato de que aos 365 dias alguns animais ainda não atingiram a puberdade e aos 730 dias já passaram do início da vida reprodutiva. SILVA et al. (1999), estudando machos da raça Nelore, verificaram que, em média, a puberdade destes animais ocorreu aos $365,00 \pm 1,13$ dias de idade, enquanto que a maturidade aos $487,38 \pm 3,08$ dias de idade.

TOELLE & ROBISON (1985) observaram em bovinos europeus que uma única medida de PE, próxima dos 365 dias, seria um bom indicativo de precocidade nos machos. Medidas tomadas antes desta idade estariam mais ligadas ao tamanho corporal, pois o animal ainda não atingiu a puberdade. Assim, apesar da baixa magnitude das estimativas, os coeficientes de correlação genética permitiram inferir que o perímetro escrotal de bovinos da raça Nelore, medido aos 365 e 730 dias de idade, não estaria sob ação dos genes que atuam na precocidade reprodutiva dos animais e por este motivo não apresentaram associações favoráveis com a IPP das fêmeas.

Resultados semelhantes aos do presente trabalho foram relatados por TALHARI et al. (2003), ao estudarem bovinos da raça Canchim. MARTÍNEZ-VELÁZQUEZ et al.

(2003), estudando nove raças distintas de bovinos de corte, estimaram correlação genética de 0,15 entre IPP e PE358, porém no rebanho estudado a IPP não estava associada à idade à puberdade, definida como a idade em que é detectado o primeiro estro ovulatório.

Para a raça Nelore, as correlações genéticas encontradas na literatura para IPP e PE, medido em diversas idades, foram favoráveis, -0,23 entre IPP e PE365 (MERCADANTE et al., 2000) e de -0,15 a -0,31 entre IPP e PE550 (GARNERO et al., 2001 e PEREIRA et al., 2001b). Correlação genética de -0,44 foi estimada por MARTINS FILHO & LÔBO (1991) entre IPP e PE medido próximo aos 20 meses de idade.

Os valores absolutos encontrados para a eficiência relativa de seleção indireta (Q) para IPP, considerando P365 e P450, foram de 1,24 e 1,16, respectivamente. Estas estimativas de Q indicaram que, sob a mesma intensidade seletiva, a seleção baseada no P365 e P450 é 24% e 16% mais eficiente que a seleção direta para IPP, respectivamente.

CONCLUSÕES

A seleção baseada no P365 ou P450 visando melhorar o desempenho reprodutivo quanto a IPP seria mais eficiente do que a seleção direta para esta característica.

No rebanho estudado, a seleção para PE365, PE450, PE550 ou PE730 não deve ocasionar mudanças genéticas em IPP.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, M.M; OLIVEIRA, J.A.L.; ALMEIDA, M.A. Idade ao primeiro parto, peso ao parto e desempenho produtivo de vacas Nelores e cruzadas Charolês x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.4, p.681-686, 1999.

BERTAZZO, R.P.; FREITAS, R.T.F.; GONÇALVES, T.M.; PEREIRA, I.G.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S.; OLIVEIRA, A.I.G.; ANDRADE, I.F. Parâmetros genéticos de longevidade e produtividade de fêmeas da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p.1118-1127, 2004.

BITTENCOURT, T.C.C; ROCHA, J.C.M.C.; LÔBO, R.B.; BEZERRA, L.F. Estimação de componentes de (co)variâncias e predição de DEP's para características de crescimento pós-desmama de bovinos da raça Nelore, usando diferentes modelos estatísticos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.54, n.3, p. 303-308, 2002.

BOLDMAN, K.G.; KRIESE, L.A.; VAN VLECK, L.D.; KACHMAN, S.D. **A manual for use of MTDFREML**. Clay Center, NE:USDA-ARS, 1995, 121p.

BORJAS, A.R.B.; ELZO, M.A.; LÔBO, R.B.; BEZERRA, L.A.F.; MAGNABOSCO, C.U. Variabilidad genética de medidas alternativas del perímetro escrotal em ganado Nelore. **Livestock Research for Rural Development**, Colômbia, v.15, n.10, 2003.

DIAS, L.T.; EL FARO, L.; ALBUQUERQUE, L.G. Efeito da idade de exposição de novilhas à reprodução sobre estimativas de herdabilidade da idade ao primeiro parto em bovinos Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.3, p.370-373, 2004a.

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

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 3. ed. New York: Longman Scientific & Technical, 1996. 438 p.

FRAZIER, E.L.; SPROTT, L.R.; SANDERS, J.O.; DAHM, P.F.; CROUCH, J.R.; TURNER, J.W. Sire marbling score expected progeny difference and weaning weight maternal expected progeny difference associations with age at first calving and calving interval in angus beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.77, n.6, p. 1322-1328, 1999.

FRIZZAS, O.G. **Curva de desenvolvimento e parâmetros genéticos e fenotípicos para peso corporal e perímetro escrotal de bovinos da raça Nelore**. 2006. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2006.

GARNERO, A.D.V.; GUNSKI, R.J.; SCHWENGBER, E.B.; LÔBO, R.B. Comparación entre criterios de selección para características de crecimiento correlacionados con edad al primer parto em la raza Nelore. **Livestock Research for Rural Development**, v.13, n.2, 2001.

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

GRESSLER, S.L.; PEREIRA, J.C.C.; BERGAMANN, J.A.G.; ANDRADE, V.J.; PAULINO, M.F.; GRESSLER, S.L. Aspectos genéticos do peso à desmama e de algumas características reprodutivas de fêmeas Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, n.4, p.533-538, 2005.

GUNSKI, R.J.; GARNERO, A.V.; BORJAS, A.R.; BEZERRA, L.A.F.; LÔBO, R.B. Estimativas de parâmetros genéticos para características incluídas em critérios de seleção em gado Nelore. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.4, p.603-607, 2001.

LAIRD, A.K. Dynamics of relative growth. **Growth**, Lakeland, v.29, p. 249-263, 1965.

LÔBO, R.B.; BEZERRA, L.A.F.; OLIVEIRA, H.N.; MAGNABOSCO, C.U.; ALBUQUERQUE, L.G.; BERGMANN, J.A.G.; SAINZ, R.D.; BARROS, P.S. **Avaliação Genética de Touros e Matrizes da Raça Nelore: Sumário 2006**. Ribeirão Preto, ANCP, 124p, 2006.

MARCONDES, C.R.; GAVIO, D.; BITTENCOURT, T.C.C.; ROCHA, J.C.M.C.; LÔBO, R.B.; BEZERRA, L.A.F.; TONHATI, H. Estudo de modelo alternativo para estimação de componentes de (co)variância e predição de valores genéticos de características de crescimento em bovinos da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.54, n.1, p. 93-99, 2002.

MARTÍNEZ-VELÁZQUEZ, G.; GREGORY, K.E.; BENNETT, G.L.; VAN VLECK, L.D. Genetic relationships between scrotal circumference and female reproductive traits. **Journal of Animal Science**, v.81, n.2, p.395-401, 2003.

MARTINS FILHO, R.; LÔBO, R.B. Estimates of genetic correlations between sire scrotal circumference and offspring age at first calving in Nellore cattle. **Brazilian Journal Genetics**, v.14, n.1, p. 209-212, 1991.

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

NELDER, J. A. The fitting of a generalization of the logistic curve. **Biometrics**, v. 17, p. 89-110, 1961.

ORTIZ PEÑA, C.D.; QUEIROZ, S.A.; FRIES, L.A. Estimação de Fatores de Correção do perímetro escrotal para idade e peso corporal em touros jovens da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1667-1675, 2000.

PÁDUA, J.T.; MUNARI, D.P.; WATANABE, Y.F.; LEAL, C.L.V.; OLIVEIRA, J.A.L.; ALENCAR, M.M. Avaliação de efeitos de ambiente e da repetibilidade de características reprodutivas em bovinos da raça Nelore. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.23, n.1, p.126-132, 1994.

PELICIONI, L.C.; MUNIZ, C.A.S.D.; QUEIROZ, S.A. Avaliação do desempenho ao primeiro parto de fêmeas Nelore e F1. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.4, p.729-734, 1999.

PEREIRA, E.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S. Correlação genética entre perímetro escrotal e algumas características reprodutivas na raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1676-1683, 2000.

PEREIRA, E.; ELER, J.P.; COSTA, F.A.A.; FERRAZ, J.B.S. Análise genética da idade ao primeiro parto e do perímetro escrotal em bovinos da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.53, n.1, p.116-121, 2001a.

PEREIRA, E.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S. Análise genética de algumas características reprodutivas e suas relações como o desempenho ponderal na raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.53, n.6, p.720-727, 2001b.

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

QUIRINO, C.R.; BERGMANN, J.A.G.; VALE FILHO, V.R.; ANDRADE, V.J.; PEREIRA, J.C.C. Evaluation of four mathematical functions to describe scrotal circumference maturation in Nelore bulls. **Theriogenology**, v.52, n.1, p.25-34, 1999.

SAS, Statistical Analyses System Institute **"SAS User's Guide: Statistic"**. SAS Institute INC., Cary, NC, 2002.

SILVA, A.E.D.F.; UNANIAN, M.M.; SILVA, A.R. Aspectos relacionados à precocidade sexual em bovinos machos da raça Nelore, PO. **Brazilian Archives and Technology**, n.4, v.42, p.495-500, 1999.

SILVA, J.A.V.; DIAS, L.T.; ALBUQUERQUE, L.G. Estudo genético da precocidade sexual de novilhas em um rebanho Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1568-1572, 2005.

SILVEIRA, J.C.; MCMANUS, C.; MASCIOLI, A.S.; SILVA, L.O.C.; SILVEIRA, A.C.; GARCIA, J.A.S.; LOUVANDINI, H. Fatores ambientais e parâmetros genéticos para características produtivas e reprodutivas em um rebanho nelore no estado do Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1432-1444, 2004.

SIQUEIRA, R.L.P.G.; OLIVEIRA, J.A.; LÔBO, R.B.; BEZERRA, L.A.F.; TONHATI, H. Análise da variabilidade genética aditiva de características de crescimento na raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.1, p.99-105, 2003.

TALHARI, F.M.; ALENCAR, M.M.; MASCIOLI, A.S.; SILVA, A.M.; BARBOSA, P.F. Correlações genéticas ente características produtivas de fêmeas em um rebanho da raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.880-886, 2003.

TOELLE, V.D.; ROBISON, O.W. Estimates of genetic correlations between testicular measurements and female reproductive traits in cattle. **Journal of Animal Science**, v.60, n.1, 1985.

VON BERTALANFFY, L. Quantitative laws in metabolism and growth. **The Quarterly Review of Biology**, New York, v. 23, p. 217-230, 1957.

WOLF, M.C.C.; MONARDES, H.G.; RIBAS, N.P. Fatores ambientais sobre a idade ao primeiro parto, dias abertos e intervalo entre partos em vacas da raça holandesa na bacia leiteira de Castrolândia, estado do Paraná. **Archives of Veterinary Science**, v.9, n.2, p.35-41, 2004.

ANEXOS

Anexo 1. Resumo das análises de variância das características estudadas em bovinos da raça Nelore.

Anexo 1.1. Idade ao primeiro parto.

Fontes de Variação	GL	QM	F
Grupo de Contemporâneo	206	62,57	3,62***
Peso 210 (linear)	1	820,36	47,42***

$R^2=0,21$; $CV=11,52\%$; *** $P<0,0001$; $N=3321$;

Anexo 1.2. Perímetro escrotal corrigido para 365 dias idade.

Fontes de Variação	GL	QM	F
Grupo de Contemporâneo	109	33,61	12,47***
Peso 365 (linear)	1	1798,52	667,08***

$R^2=0,54$; $CV=8,34\%$; *** $P<0,0001$; $N=2540$

Anexo 1.3. Perímetro escrotal corrigido para 450 dias idade.

Fontes de Variação	GL	QM	F
Grupo de Contemporâneo	109	25,26	7,54***
Peso 450 (linear)	1	2748,16	820,14***

$R^2=0,54$; $CV=7,90\%$; *** $P<0,0001$; $N=2544$

Anexo 1.4. Perímetro escrotal corrigido para 550 dias idade.

Fontes de Variação	GL	QM	F
Grupo de Contemporâneo	109	27,38	6,30***
Peso 550 (linear)	1	3341,21	769,09***

$R^2=0,53$; $CV=7,87\%$; *** $P<0,0001$; $N=2544$

Anexo 1.5. Perímetro escrotal corrigido para 730 dias idade.

Fontes de Variação	GL	QM	F
Grupo de Contemporâneo	109	74,42	8,59***
Peso 730 (linear)	1	1618,88	186,80***

$R^2=0,40$; $CV=9,59\%$; *** $P<0,0001$; $N=2544$

Anexo 1.6. Peso corporal corrigido para 365 dias idade.

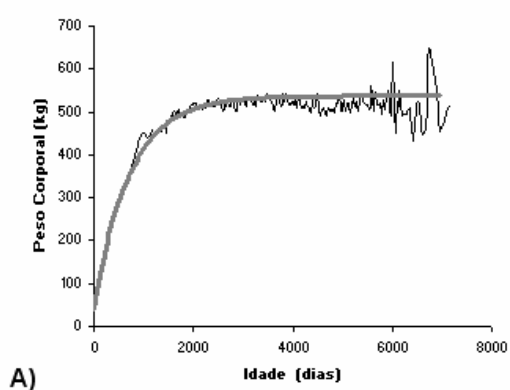
Fontes de Variação	GL	QM	F
Grupo de Contemporâneo	239	5385,50	10,37***

$R^2=0,45$; $CV=10,04\%$; *** $P<0,0001$; $N=3227$

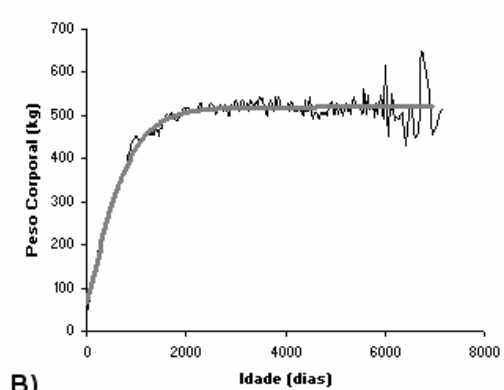
Anexo 1.7. Peso corporal corrigido para 450 dias idade.

Fontes de Variação	GL	QM	F
Grupo de Contemporâneo	239	7637,881	10,78***

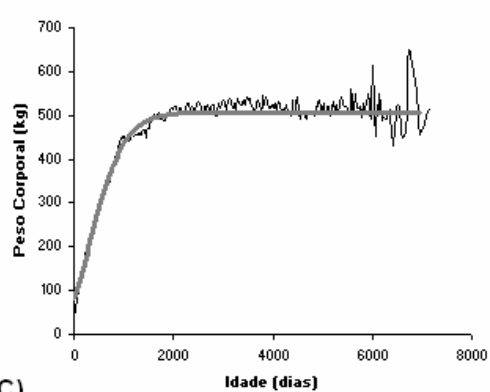
$R^2=0,46$; $CV=10,11\%$; *** $P<0,0001$; $N=3227$



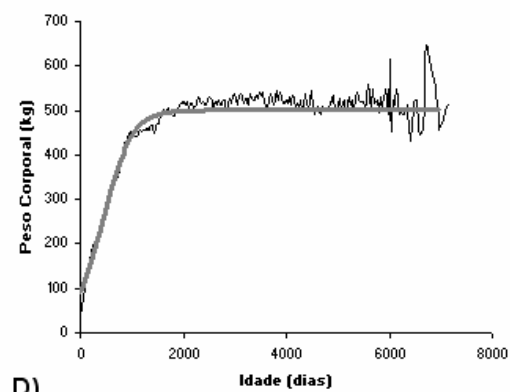
A)



B)



C)



D)

Anexo 2. Pesos observados e corrigidos em função da idade pelas funções não-lineares de Brody (A), Von Bertalanffy (B), Logística (C) e Logística modificada(D).

Anexo 3. Idade em dias da pesagem (ID) e fator de correção (FC) para peso aos 210 dias de idade, obtido por regressão linear quadrática do peso observado em função da idade.

ID	FC	ID	FC	ID	FC	ID	FC
150	1,2894	190	1,0683	230	0,9497	270	0,8879
155	1,2532	195	1,0492	235	0,9394	275	0,8831
160	1,2199	200	1,0316	240	0,9299	280	0,8789
165	1,1893	205	1,0152	245	0,9212	285	0,8753
170	1,1611	210	1,000	250	0,9132	290	0,8722
175	1,1351	215	0,9859	255	0,9059	295	0,8696
180	1,1111	220	0,9729	260	0,8992	300	0,8676
185	1,0888	225	0,9608	265	0,8932	305	0,8661

CAPÍTULO 3 – ASSOCIAÇÕES GENÉTICAS ENTRE A PRODUTIVIDADE ACUMULADA E CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS E DE CRESCIMENTO EM BOVINOS DA RAÇA NELORE

RESUMO - O total de carne produzida em um ciclo de produção de bovinos de corte tem grande importância econômica e depende da quantidade de bezerros que nascem por ano ou estação de nascimento, assim está diretamente relacionado ao potencial reprodutivo dos animais. A Produtividade Acumulada (PAC) é um índice que expressa a capacidade da fêmea em parir regularmente, a uma menor idade e de desmamar animais com maior peso. Utilizando observações de bovinos pertencentes ao Programa de Melhoramento Genético da Raça Nelore (PMGRN - Nelore Brasil), foram realizadas análises bi-característica, pelo método de máxima verossimilhança restrita sob modelo animal, de PAC com: idade ao primeiro parto (IPP), peso corporal das fêmeas corrigido para 365 (P365) e 450 (P450) dias de idade, e perímetro escrotal dos machos corrigido para 365 (PE365), 450 (PE450), 550 (PE550) e 730 (PE730) dias de idade. A herdabilidade média estimada para PAC foi de 0,17 e as correlações genéticas com IPP, P365, P450, PE365, PE450, PE550 e PE730, foram iguais à -0,33, 0,70, 0,65, 0,08, 0,07, 0,12 e 0,16, respectivamente. As tendências genéticas de PAC e IPP foram favoráveis indicando que os critérios de seleção adotados nestas fazendas estão favorecendo geneticamente estas características. A seleção com base na PAC poderá favorecer as fêmeas mais pesadas aos 365 e 450 dias de idade e com melhor desempenho reprodutivo quanto a IPP. O perímetro escrotal não está associado geneticamente ao índice PAC.

Palavras-Chave: bovinos de corte, correlação genética, eficiência reprodutiva, herdabilidade

INTRODUÇÃO

Na pecuária de corte, o total de carne produzida por ano influencia diretamente a lucratividade do sistema de produção. Com o objetivo de melhorar o desempenho produtivo, os programas de melhoramento de bovinos de corte utilizaram, durante anos, características de crescimento, como peso ou ganho médio diário, como critério de seleção. Apesar de responderem à seleção, estas características, em geral, apresentam relações desfavoráveis com outras de interesse econômico como tamanho da matriz, precocidade na deposição de gordura e características reprodutivas.

O total de carne produzida depende da quantidade de bezerros que nascem por ano ou estação de nascimento e assim está diretamente relacionado ao potencial reprodutivo dos animais. Vacas que não parem bezerros pesados com pequeno intervalo entre partos não são viáveis para o sistema de produção. Devido à dificuldade de se encontrar um marcador fenotípico que avalie características produtivas e reprodutivas ao mesmo tempo, índices formados por diversas características estão sendo utilizados com este propósito.

A Produtividade Acumulada (PAC) é um índice que avalia a produtividade da fêmea considerando o peso do bezerro ao desmame e o número de progênie produzidas durante a permanência da vaca no rebanho. Assim, depende diretamente da idade ao primeiro parto, do intervalo entre partos e do tempo de permanência da vaca no rebanho. A PAC expressa a capacidade da fêmea em parir regularmente, a uma menor idade e de desmamar animais com maior peso (LÔBO et al., 2004). Por este índice incorporar muitas características importantes na seleção de fêmeas e apresentar variabilidade genética, SCHWENGBER et al. (2001) indicaram a sua inclusão nos programas de melhoramento genético.

O objetivo do presente trabalho foi fornecer subsídios para a seleção de fêmeas da raça Nelore pertencentes ao PMGRN - Nelore Brasil. Para isto, estudou-se a

variação fenotípica da produtividade acumulada e as associações genéticas desta com características reprodutivas e de crescimento. Além disso, tendências genéticas foram estimadas para PAC e IPP visando avaliar a evolução genética dos animais.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram analisados dados de animais da raça Nelore, nascidos de 1976 a 2002, pertencentes a 22 fazendas localizadas no estado de São Paulo, participantes do Programa de Melhoramento Genético da Raça Nelore (PMGRN - Nelore Brasil), o qual é coordenado pela Associação Nacional dos Criadores e Pesquisadores (ANCP).

A maioria das fazendas manteve os animais em sistema de criação extensivo em regime de pastagens. O desmame ocorreu em torno de seis a oito meses de idade. O manejo reprodutivo consistiu de uma estação de acasalamento com duração de 60 a 120 dias utilizando inseminação artificial ou monta natural, com repasse de touros após o primeiro ou segundo serviço.

Pesos corporais, assim como observações de perímetro escrotal dos machos, foram medidos a cada três meses, no mínimo até os 18 meses de idade.

Um índice, desenvolvido pelo PMGRN – Nelore Brasil, foi indicado para a seleção de machos e fêmeas geneticamente superiores nas fazendas. O índice envolve características de peso corporal, perímetro escrotal e habilidade materna (LÔBO et al., 2000).

As características estudadas nas fêmeas foram: produtividade acumulada (PAC), idade ao primeiro parto (IPP), peso corporal corrigido para 365 (P365) e 450 (P450) dias de idade e nos machos: perímetro escrotal corrigido para 365 (PE365), 450 (PE450), 550 (PE550) e 730 (PE730) dias de idade.

O índice PAC foi obtido com a seguinte expressão (LÔBO et al., 2000):

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

em que:

PAC = produtividade acumulada;

P_d = peso médio dos bezerros a desmama corrigido para 210 dias de idade;

n_p = número total de bezerros produzidos;

C_{365} = constante igual a 365 dias que permite expressar a fertilidade em base anual;

IVP_n = idade da vaca ao último parto;

C_{550} = constante igual a 550 dias considerando que a meta do PMGRN - Nelore Brasil para IPP é de 30 meses.

Análises Estatísticas

Fizeram parte das análises apenas animais mantidos exclusivamente em pastagens, com pai, mãe e datas de nascimentos conhecidos. Nos arquivos utilizados para as análises bi-característica de PAC com IPP, P365 e P450 foram considerados somente animais com medidas de ambas as características. No arquivo de PAC com IPP, devido ao pequeno número de dados, os animais nascidos até 1988 foram

considerados na mesma classe de ano de nascimento e aqueles nascidos em 1989 foram agrupados com os nascidos em 1990.

Pais com menos de dois filhos em cada variável, grupos de contemporâneos (GC) com menos de quatro observações por característica e animais que morreram durante o controle zootécnico foram excluídos de todos os arquivos.

Os GC foram iguais para todas as características e constituíram-se de animais pertencentes à mesma fazenda e nascidos no mesmo ano e estação de nascimento. Definiram-se duas estações de nascimento: águas para animais nascidos de outubro a março e seca para animais nascidos de abril a setembro.

Análises de variância, utilizando o procedimento GLM do programa computacional SAS (2002), auxiliaram na definição dos efeitos ambientais considerados no modelo misto (Anexo1 e Capítulo2/Anexo1). A normalidade dos resíduos foi verificada para cada variável e observações cujo resíduo padronizado apresentou-se acima de 3,5 ou abaixo de -3,5 desvios-padrão foram excluídas. A descrição dos arquivos finais encontra-se na Tabela 1.

Para PAC foram definidos dois modelos, um para as análises bi-característica com P365 e P450, considerando-se apenas a classe de GC como efeito fixo e outro modelo para as análises bi-característica com IPP, PE365, PE450, PE550 e PE730 em que também foi considerado o efeito do peso corrigido para 210 dias (P210) como co-variável linear. A idade da mãe ao parto não afetou significativamente estas características.

Para IPP, foram considerados no modelo final os efeitos fixos da classe de GC e o efeito do P210 como co-variável linear de segundo grau. A idade da mãe ao parto afetou a IPP, porém optou-se em não incluir este efeito devido ao pequeno número de dados de idade das mães dos animais. Também não houve mudança no valor do coeficiente de determinação considerando ou não o efeito da idade da mãe ao parto como co-variável no modelo.

No modelo final de P365 e P450 considerou-se o efeito fixo de classe de GC. Para PE365, PE450, PE550 e PE730 foram considerados os efeitos fixos de classe de GC e da co-variável linear peso dos machos corrigido para 365 (PM365), 450 (PM450), 550 (PM550) e 730 (PM730) dias de idade, respectivamente.

Os efeitos maternos, direto e de ambiente permanente, não foram considerados nos modelos. A estrutura do arquivo não permitiu que o efeito de ambiente permanente fosse incluído nas análises, pois a maioria das vacas possuía apenas uma progênie.

Tabela 1. Número de animais, pais, mães e de grupos de contemporâneos (GC) considerados para análises bi-característica de produtividade acumulada (PAC) com idade ao primeiro parto (IPP), peso corporal das fêmeas corrigido para 365 (P365), 450 (P450) dias de idade e perímetro escrotal corrigido para 365 (PE365), 450 (PE450), 550 (PE550) e 730 (PE730) dias de idade.

Características	Animais	Pais	Mães	GC
PAC e IPP*	1661	184	184	133
PAC e P365*	1685	191	1379	124
PAC e P450*	1677	191	1373	123
PAC**	1739	189	1438	134
PE365	2525	199	1951	110
PE450	2538	199	1962	110
PE550	2540	199	1963	110
PE730	2536	199	1961	110

*Estrutura igual de dados para ambas as características; **Dados de PAC utilizados nas análises bi-característica com perímetro escrotal em diferentes idades.

A estimação dos parâmetros genéticos e dos valores genéticos foi efetuada pelo método de máxima verossimilhança restrita (REML), em modelo animal bi-característico, utilizando o programa computacional MTDFREML (Multiple Trait Derivative-Free Restricted Maximum Likelihood), descrito por BOLDMAN et al. (1995).

Os valores iniciais requisitados pelo programa procederam das análises de variância, análise REML univariada de PAC e da literatura. As covariâncias ambientais entre PAC e PE365, PE450, PE550 e PE730 foram definidas como zero. Depois de atingida a convergência, estipulada em 10^{-9} , as análises foram reiniciadas até que fosse confirmado que aquele resultado encontrado era o máximo global e não local. O modelo matricial utilizado foi o seguinte:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & 0 \\ 0 & X_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_1 & 0 \\ 0 & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}$$

em que:

y_1 = vetor de registros da variável 1 (PAC);

y_2 = vetor de registros da variável 2 (IPP, P365, P450, PE365, PE450, PE550, PE730);

b_1 = vetor de efeitos fixos para variável 1;

b_2 = vetor de efeitos fixos para a variável 2;

μ_1 = vetor de efeito aleatório de valor genético para a variável 1;

μ_2 = vetor de efeito aleatório de valor genético para a variável 2;

$X_1(X_2)$ = matriz de incidência associando os elementos de $b_1(b_2)$ a $y_1(y_2)$;

$Z_1(Z_2)$ = matriz de incidência associando os elementos de $\mu_1(\mu_2)$ a $y_1(y_2)$.

Para o modelo bi-característica em geral, $E(y_i) = X_i b_i$ para $i=1, 2$ e a matriz de variância e covariância dos elementos aleatórios no modelo é dada por:

$$Var \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ e_1 \\ e_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_{a1}^2 & A\sigma_{a1a2} & 0 & 0 \\ A\sigma_{a1a2} & A\sigma_{a2}^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I\sigma_{e1}^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I\sigma_{e2}^2 \end{bmatrix}$$

em que:

A = matriz de parentesco;

$\sigma_{a1}^2, \sigma_{a2}^2$ = variância genética aditiva para as características 1 e 2, respectivamente;

σ_{a1a2} = covariância genética aditiva entre as características 1 e 2;

$\sigma_{e1}^2, \sigma_{e2}^2$ = variância residual para as características 1 e 2, respectivamente.

Ajuste dos Pesos e do Perímetro Escrotal em Função da Idade

A regressão linear não foi eficiente no ajuste do peso corporal das fêmeas, para 365 e 450 dias de idade, e do perímetro escrotal, para 365, 450, 550 e 730 dias de idade. Estes foram ajustados por meio de uma função não-linear Logística modificada, estudada por QUIRINO et. al. (1999). FRIZZAS (2006), analisando o crescimento corporal dos machos deste mesmo banco de dados também encontrou a função não-linear Logística modificada como a que melhor descreveu o crescimento testicular por unidade de tempo.

Estudos foram efetuados para identificar a função não-linear que melhor descreveria o crescimento corporal das fêmeas por unidade de tempo. A curva proposta por VON BERTALANFFY (1957) foi a que melhor ajustou o crescimento das fêmeas quando foi realizada uma única regressão para todos os animais (Capítulo2/Anexo2). Porém, quando foram conduzidas regressões individuais, por animal, esta curva apresentou baixa porcentagem de convergência. Isto ocorreu provavelmente porque a maioria dos animais não possuía pesagens em todas as fases de crescimento, dificultando o ajuste da curva. Assim, a função Logística modificada foi a escolhida para descrever individualmente o crescimento das vacas. A função Logística modificada é descrita por:

$$Y = \frac{A}{(1 + Be^{-kt})} + \varepsilon$$

em que:

Y = peso corporal em kg ou perímetro escrotal em cm corrigido para a idade “ t ”;

A = valor assintótico de “ Y ” quando “ t ” tende ao infinito e é interpretado como peso corporal ou tamanho testicular do animal adulto;

B = constante de integração relacionada aos pesos ou medidas iniciais;

e = base do logaritmo natural;

k = taxa de maturação;

t = idade do animal em dias;

ε = erro aleatório associado a cada pesagem ou medida.

O ajuste do P210, utilizado como co-variável de PAC e IPP, foi obtido pelo produto entre o peso observado e um fator de correção linear (FC). Para esta idade, o ajuste linear mostrou-se eficiente, pois o período considerado (de 150 a 350 dias) foi curto e nesta fase o crescimento dos animais foi linear. O FC resultou da razão entre o peso esperado em cada idade e o peso esperado aos 210 dias (Capítulo 2/Anexo3). Os valores esperados de peso para cada idade foram obtidos por ajuste linear (regressão linear-quadrática) do peso em função da idade. Para isto foi considerada, dentro do intervalo de 150 a 305 dias de idade, a pesagem mais próxima de 210 dias de cada animal.

Foi adotada esta correção para manter um maior número de animais nas análises. Para a correção linear apenas uma pesagem próxima dos 210 dias é suficiente para o ajuste, enquanto que para a correção não-linear seriam necessárias pelo menos três pesagens ao longo da vida de cada vaca. Após a correção foram efetuadas análises de variância para verificar a eficiência do ajuste do P210. O efeito da idade não foi significativo para P210, o que indica que a correção foi eficaz.

Os PM365, PM450, PM550 e PM730 utilizados respectivamente como co-variáveis do PE365, PE450, PE550 e PE730, foram obtidos pela função não-linear Logística utilizada por NELDER (1961) e descrita por FRIZZAS (2006) como sendo a curva que melhor descreveu o crescimento corporal dos machos deste banco de dados. A função Logística é descrita por:

$$Y = A(1 + e^{-k \cdot t})^{-m} + \varepsilon$$

em que:

Y = peso corporal em kg corrigido para a idade “ t ”;

A = valor assintótico de “ Y ” quando “ t ” tende ao infinito e é interpretado como peso do animal adulto;

e = base do logaritmo natural;

k = taxa de maturação;

t = idade do animal em dias;

m = constante que define a forma da curva;

ε = erro aleatório associado a cada pesagem ou medida.

As tendências genéticas foram calculadas por regressão linear da média dos valores genéticos preditos (PBV) dos animais em função do ano de nascimento. Para testar a hipótese de que o coeficiente de regressão de cada equação é igual a zero foi utilizado a estatística t . Fizeram parte das regressões 24433 animais (machos e fêmeas) que tiveram PBV estimados pelas análises REML bi-característica de PAC com IPP.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores observados de PAC variaram de 66 a 255 kg e as médias observadas foram iguais a 149 ± 26 , 146 ± 26 e 147 ± 26 kg de bezerros/vaca/ano nos arquivos das análises bi-característica com IPP, pesos das fêmeas e perímetros escrotais dos machos, respectivamente. As médias observadas, valores mínimos e máximos encontrados para IPP, P365, P450, PE365, PE450, PE550 e PE730 são apresentadas

na Tabela 2. A matriz de parentesco foi formada com dados de pedigree de 42734 animais.

Tabela 2. Médias observadas, desvios-padrão (DP), valor mínimo (Mín) e máximo (Máx) para peso corporal das fêmeas corrigido para 365 (P365) e 450 (P450) dias de idade e perímetro escrotal corrigido para 365 (PE365), 450 (PE450), 550 (PE550) e 730 (PE730) dias de idade.

Característica	Média±DP	Mín	Máx
IPP (meses)	36,0±4,0	27,0	49,0
P365 (kg)	224,0±27,0	118,0	341,0
P450 (kg)	260,0±31,0	141,0	383,0
PE365 (cm)	19,7±2,3	10,7	27,2
PE450 (cm)	23,2±2,7	13,1	31,6
PE550 (cm)	26,5±3,0	16,6	35,8
PE730 (cm)	30,7±3,7	17,2	42,3

SCHWENGBER et al. (2001) e AZEVÊDO et al. (2005) observaram, para a raça Nelore, menores médias, do que a do presente trabalho, para este índice (130 ± 35 e $96,74\pm46,7$ kg de bezerros/vaca/ano, respectivamente). Estes autores utilizaram dados de rebanhos de diferentes regiões do Brasil. Assim, as médias de menor magnitude podem ser explicadas pelos fatores genéticos e ambientais de cada região. BALDI REY (2006) encontrou média de 79 ± 29 kg de bezerros desmamados por ano de permanência no rebanho para vacas na raça Canchim.

CAMPELLO et al. (1999) e SILVEIRA et al. (2004) encontraram médias, ajustadas por quadrados mínimos, de $184,69\pm37,09$ e $148,13$ kg de bezerro/vaca/ano, respectivamente, para fertilidade real. A fertilidade real (FR) é um índice que mede quilos de bezerros desmamados por vaca por ano efetivo, ou seja, o peso ao desmame do bezerro a cada ano é ponderado pela razão entre 365 dias e o intervalo entre partos do período considerado.

A média observada de IPP condiz com aquelas encontradas por PELICIONI et al (1999), GARNERO et al., (2001), PEREIRA et al. (2001a, b) e PEREIRA et al. (2002), que variaram de 36,00 a $37,06 \pm 3,17$ meses, ao estudarem bovinos da raça Nelore. SILVEIRA et al. (2004), analisando um rebanho Nelore do Mato Grosso do Sul, MERCADANTE et al. (2000) e BERTAZZO et al. (2004), estudando animais desta mesma raça no estado de São Paulo, encontraram médias de 41,72, $38,3 \pm 3,51$ e $38,72 \pm 4,50$ meses, respectivamente. Médias de menores magnitudes foram relatadas em animais europeus (FRAZIER et al., 1999 e WOLF et al., 2004), cruzados (ALENCAR et al., 1999 e PELICIONI et al., 1999) e em rebanhos Nelore em que as fêmeas foram expostas precocemente ao touro (PEREIRA et al., 2001a, b; PEREIRA et al., 2002; DIAS et al., 2004b e SILVA et al., 2005).

A variação encontrada na revisão de literatura reflete a diversidade de material genético existente nas diferentes regiões do Brasil. Porém, o manejo adotado pelos produtores de definir os animais que devem entrar em reprodução pelo peso ou idade influencia a variação desta característica. Os animais mais precoces não têm oportunidade para expressar o potencial genético porque só se acasalam na estação de monta. Outro ponto a ser considerado é que os animais que não chegaram a parir pela primeira vez ou que foram descartados não são incluídos nas análises.

As médias de P365 foram semelhantes às relatadas por MARCONDES et al. (2002) e BERTAZZO et al. (2004) em bovinos Nelore e por FERRAZ FILHO et al. (2002) para animais da raça Tabapuã. Foram encontrados poucos trabalhos que estudaram o P450. SIQUEIRA et al. (2003) observaram média de 250 ± 44 kg para peso aos 455 (P455) dias de idade.

Na maioria dos trabalhos da literatura consultada, estudou-se o peso corrigido para 550 dias de idade. Para esta característica as médias na raça Nelore variaram de $275,00 \pm 7,00$ kg a $318,29 \pm 78,45$ kg (GARNERO et al., 2001; PEREIRA et al., 2001b; MARCONDES et al., 2002; BERTAZZO et al., 2004 e SILVEIRA et al., 2004). Esta variação nas médias encontradas na literatura era esperada, uma vez que o sistema de

produção é extensivo e as condições climáticas e nutricionais de cada região interferem no crescimento e ganho de peso dos animais.

Ao estudar 54 rebanhos Nelore participantes do PMGRN - Nelore Brasil, BORJAS et al. (2003), encontraram médias condizentes com as deste trabalho para perímetro escrotal corrigido para 365, 456 e 548 dias de idade. Médias próximas à observada para PE550 também foram descritas por PEREIRA et al. (2000), ORTIZ PEÑA et al., (2000), PEREIRA et al. (2001a), PEREIRA et al. (2002) e SILVEIRA et al. (2004). Valores de maior magnitude para esta característica foram relatados, na raça Nelore, por PEREIRA et al. (2000) e em animais cruzados (DAL-FARRA et al., 2000). Não foram encontrados trabalhos analisando perímetro escrotal medido aos 730 dias de idade em bovinos Nelore.

As estimativas de herdabilidades, seus respectivos erros-padrão e os coeficientes de correlação estimados em análises bi-característica de PAC com IPP, P365, P450, PE365, PE450, PE550 e PE730 estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3. Estimativas dos coeficientes de herdabilidades (h^2) e erros-padrão, correlações genéticas (r_G), fenotípicas (r_p) e ambientais (r_e) obtidas em análises bi-característica da produtividade acumulada (PAC) com idade ao primeiro parto (IPP), peso corporal das fêmeas corrigido para 365 (P365) e 450 (P450) dias de idade e perímetro escrotal corrigido para 365 (PE365), 450 (PE450), 550 (PE550) e 730 (PE730) dias de idade.

Características 2	Característica 1 (PAC)				
	h_1^2	h_2^2	r_p	r_G	r_e
IPP	0,14 ±0,06	0,07±0,04	-0,36	-0,33±0,04	-0,71±0,27
P365	0,25±0,06	0,43±0,07	0,192	0,70±0,12	-0,05±0,08
P450	0,23±0,06	0,46±0,07	0,209	0,65±0,13	-0,01±0,08
PE365	0,19	0,48	0,023	0,08	0,00
PE450	0,19	0,66	0,024	0,07	0,00
PE550	0,19	0,65	0,042	0,12	0,00
PE730	0,19	0,43	0,046	0,16	0,00

As estimativas de herdabilidades de PAC foram maiores que as apresentadas por SCHWENGBER et al. (2001) e AZEVÊDO et al. (2005) para a raça Nelore, 0,15 e $0,11 \pm 0,06$, respectivamente. Na raça Canchim, BALDI REY (2006) estimou herdabilidade de 0,14 para uma característica que também mede quilogramas de bezerros desmamados por vaca por ano. Estes valores indicam que a inclusão deste índice nos objetivos de seleção pode melhorar a produção de quilogramas de bezerros desmamados por vaca, por ano.

Em média, os índices reprodutivos apresentam herdabilidades de moderadas a baixa, pois consideram características reprodutivas que são altamente influenciadas pelo ambiente. A herdabilidade do índice tende a ser definida pela característica de menor herdabilidade considerada em sua expressão.

As diferenças de proporção de variância aditiva obtida nas análises de PAC com IPP, P365 e P450 e de PAC com PE365, PE450, PE550 e PE730 resultam de que os arquivos possuem variações fenotípicas distintas e o modelo utilizado para PAC nas análises com P365 e P450 não consideraram o P210 como co-variável.

Para FR, que é um índice que também mede quilogramas de bezerros desmamados por vaca, CAMPELLO et al. (1999) e SILVEIRA et al. (2004) estimaram herdabilidade de $0,49 \pm 0,01$ e 0,06, respectivamente. BERTAZZO et al. (2004) estimaram herdabilidades que variaram de 0,09 a 0,46 para diferentes índices compostos por características produtivas (peso da matriz e peso dos bezerros ao desmame) e reprodutivas (número de partos e intervalos entre partos), sendo que as menores herdabilidades foram obtidas quando se considerou a somatória de quilogramas de bezerros produzidos durante toda a vida da matriz.

A eficiência reprodutiva (ER) é um índice que avalia a capacidade reprodutiva de um animal, pois concatena dados do número de partos, somatória do intervalo entre partos e idade ao primeiro parto da matriz. MERCADANTE et al. (2000) e BERTAZZO et al. (2004) estimaram herdabilidades de 0,16 e zero, respectivamente.

Torna-se claro que as estimativas de herdabilidades dos índices apresentam uma grande variação, pois consideram várias características ao mesmo tempo, dependem do controle ambiental, do tipo de manejo praticado nas propriedades e da herdabilidade das características envolvidas.

O valor da herdabilidade estimado para IPP foi de maior magnitude quando comparado com estimativas anteriores (Capítulo 2). Diferenças nas estimativas eram esperadas, pois nas análises bi-características de PAC com IPP considerou-se apenas os animais com medidas de ambas as características e o número de dados de PAC era reduzido quando comparado às outras características.

Embora a IPP seja de fácil observação e medida relativamente cedo na vida das fêmeas, sofre grande influência do ambiente, a qual já havia sido reportada por MERCADANTE et al. (2000), PEREIRA et al. (2001a, b), PEREIRA et al. (2002), SILVEIRA et al. (2004). Esses autores estimaram herdabilidades de 0,09, 0,10, $0,01 \pm 0,03$, 0,02 e 0,05, respectivamente. Estimativas deste parâmetro para IPP variaram de 0,08 a 0,22 em diferentes raças (FRAZIER et al., 1999, MARTÍNEZ-VELÁZQUEZ et al., 2003 e TALHARI et al., 2003). Os maiores valores relatados de herdabilidade (de 0,36 e 0,27) foram estimados por BERTAZZO et al. (2004) e GRESSLER et al. (2005).

Com o objetivo de melhorar as estimativas da IPP, PEREIRA et al. (2001b), PEREIRA et al. (2002), DIAS et al. (2004a, b), estudaram rebanhos em que novilhas Nelore foram expostas ao reprodutor em idades mais jovens (14 a 18 meses), e obtiveram herdabilidades de maior magnitude, (0,19, 0,18, 0,20 e 0,12, respectivamente), quando comparadas com a do presente trabalho.

Valores de herdabilidade de menor magnitude quando comparados com as estimadas neste trabalho, para P365, foram relatados por MERCADANTE et al. (2000) e GUNSKI et al. (2001) ao estudarem rebanhos da raça Nelore.

MARCONDES et al. (2002) e BITTENCOURT et al. (2002) propuseram diferentes modelos para estudar os componentes de variância de P365 e P455, corrigidos respectivamente por ganho médio diário e ajuste linear, e observaram que as estimativas de herdabilidade aumentaram em magnitude quando não foi considerado o efeito materno e de ambiente permanente no modelo. Para as análises em que não foram considerados estes efeitos, as herdabilidades foram condizentes com as estimadas neste trabalho. A herdabilidade estimada neste trabalho para P450 está de acordo com as estimadas por SIQUEIRA et al. (2003) para P455 que variaram de 0,44 a 0,53.

Os valores de herdabilidades estimados para P365, P450, PE365, PE450, PE550 e PE730, nas análises bi-característica com PAC, estão conforme os estimados previamente em análises bi-característica com IPP (Capítulo 2). Assim, as características, de peso e perímetro escrotal corrigidos para as idades estudadas, respondem à seleção. Porém, a seleção para perímetro escrotal seria mais eficiente se este fosse medido próximo aos 450 e 550 dias de idade.

Correlações, genética e ambiental, entre IPP e PAC foram de $-0,71 \pm 0,272$ e $-0,33 \pm 0,038$, respectivamente. A correlação genética negativa e alta indicou que vacas mais precoces podem produzir mais quilogramas de bezerros desmamados por ano. Esta correlação favorável deve ocorrer porque as vacas com menores IPP têm mais tempo de vida útil no rebanho, melhorando seu desempenho produtivo total. Não foram encontrados, na literatura, trabalhos correlacionando estas duas características em bovinos da raça Nelore. SILVEIRA et al. (2004) estimaram correlação genética de -0,89 entre IPP e FR. MERCADANTE et al. (2000) encontrou estimativa de -0,80 entre IPP e ER.

BALDI REY (2006) estimou, em bovinos Canchim, correlações genéticas que variaram de -0,42 a -0,66 entre IPP e índices que consideraram quilogramas e números de bezerros desmamados por vaca até 10 anos de idade e durante toda a sua permanência no rebanho. Observou-se que a correlação genética entre IPP e índices

reprodutivos tem sido de alta magnitude, diminuindo quando se considera o total de quilogramas de bezerros produzidos em vez de kg produzidos por ano. Isto se deve ao fato de que vacas que não conceberam em alguma estação de nascimento, não são penalizadas quando se considera quilogramas de bezerros produzidos por ano. O mesmo não ocorreu quando a unidade considerada foi quilogramas de bezerros produzidos durante toda a vida do animal.

As correlações genéticas entre PAC e P365 e P450 indicaram que as fêmeas com maiores pesos nestas idades são as que produzem mais quilogramas de bezerros desmamados por ano. Entretanto, limites máximos de peso devem ser estabelecidos, pois se sabe que fêmeas muito pesadas podem apresentar a fertilidade diminuída e, por serem maiores, produzem bezerros maiores. Bezerros grandes e muito pesados não são de interesse econômico, pois aumentam a incidência de partos distócicos e exigem maior habilidade materna das vacas.

A associação genética linear entre PAC e perímetro escrotal mostrou-se baixa, independente da idade em que o perímetro foi medido. A correlação genética estimada foi maior entre PAC e o perímetro escrotal medido em animais mais velhos, podendo ser um indício de que a PAC esteja mais relacionada com o tamanho dos animais do que com a precocidade de crescimento.

Tendências genéticas das médias PBV, por ano de nascimento dos animais, de IPP e PAC (Figuras 1 e 2) indicaram um acréscimo significativo ($P < 0,0001$) de 0,166 kg/ano para PAC e uma redução significativa ($P < 0,0001$) de 0,01 meses/ano para IPP. Estas tendências evidenciaram que as características estão respondendo favorável e indiretamente à seleção praticada nos rebanhos. Os critérios de seleção adotados pelos produtores não estão prejudicando o desempenho produtivo e reprodutivo dos animais. BASTOS et al. (1996), estudando um rebanho da raça Pitangueiras, obtiveram um acréscimo linear de $0,067 \pm 0,034$ meses/ano para IPP. ROSO & SCHENKEL (1999) verificaram uma tendência genética nula e de -68 dias/ano para a mesma característica em bovinos Nelore, para dois diferentes períodos.

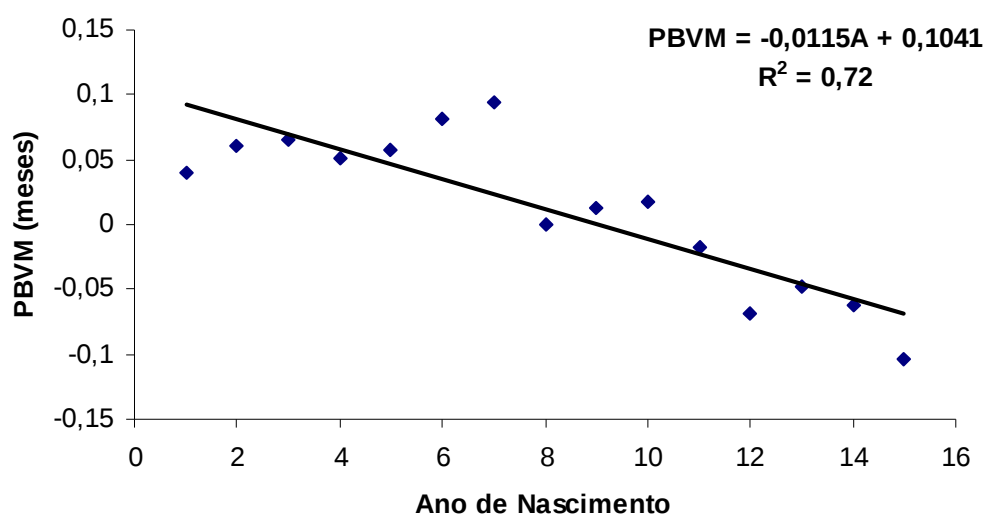


Figura 1. Regressão linear das médias dos valores genéticos (PBVM) dos animais, em meses, em função do ano de nascimento (A), de 1988 a 2003, para idade ao primeiro parto (IPP).

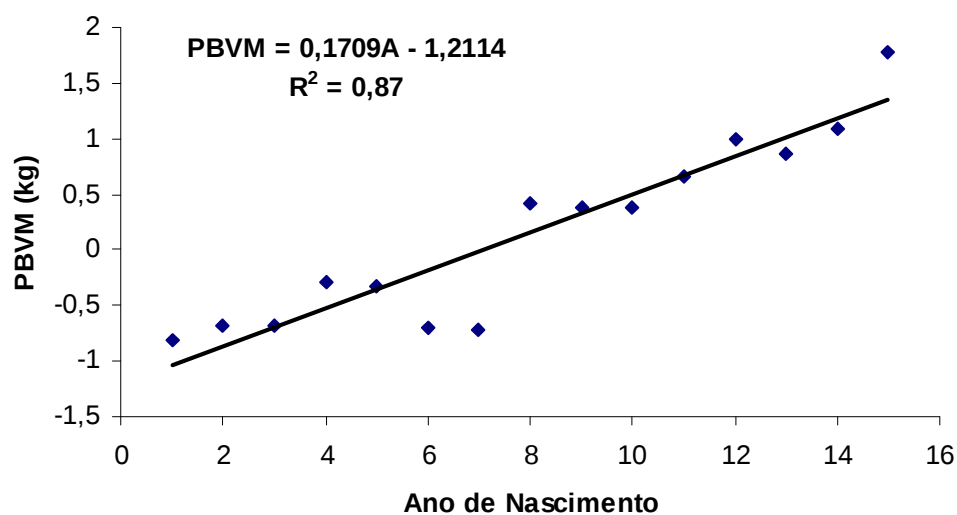


Figura 2. Regressão linear das médias dos valores genéticos (PBVM) dos animais, em quilogramas, em função do ano de nascimento (A), de 1988 a 2003, para produtividade acumulada (PAC).

CONCLUSÕES

Recomenda-se incluir o índice PAC nos critérios de seleção dos rebanhos. O ganho genético por geração será pequeno devido ao valor da estimativa de herdabilidade. Porém, deve-se considerar a importância econômica das características que compõem este índice.

A seleção com base na PAC poderá favorecer as fêmeas mais pesadas aos 365 e 450 dias de idade e com melhor desempenho reprodutivo quanto a IPP. O perímetro escrotal não está associado geneticamente ao índice PAC.

Os critérios de seleção, adotados nestes rebanhos, estão favorecendo a IPP e a PAC. Melhores desempenhos para estas características também podem ser obtidos por meio de mudanças no manejo.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, M.M; OLIVEIRA, J.A.L.; ALMEIDA, M.A. Idade ao primeiro parto, peso ao parto e desempenho produtivo de vacas Nelores e cruzadas Charolês x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.4, p.681-686, 1999.

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

BALDI REY, F.S. **Relação genética de características de tamanho corporal com características de eficiência reprodutiva e produtiva de fêmeas da raça Canchim**. 2006. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2006.

BASTOS, J.F.P; LÔBO, R. B.; OLIVEIRA, H. N.. Avaliação genética da idade ao primeiro parto em um rebanho da raça Pitangueiras. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 33º, 1996, Fortaleza. **Anais...** v. 1. p. 145-146.

BERTAZZO, R.P.; FREITAS, R.T.F.; GONÇALVES, T.M.; PEREIRA, I.G.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S.; OLIVEIRA, A.I.G.; ANDRADE, I.F. Parâmetros genéticos de longevidade e produtividade de fêmeas da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p.1118-1127, 2004.

BITTENCOURT, T.C.C; ROCHA, J.C.M.C.; LÔBO, R.B.; BEZERRA, L.F. Estimação de componentes de (co)variâncias e predição de DEP's para características de crescimento pós-desmama de bovinos da raça Nelore, usando diferentes modelos estatísticos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.54, n.3, p. 303-308, 2002.

BOLDMAN, K.G.; KRIESE, L.A.; VAN VLECK, L.D.; KACHMAN, S.D. **A manual for use of MTDFREML**. Clay Center, NE:USDA-ARS, 1995, 121p.

BORJAS, A.R.B.; ELZO, M.A.; LÔBO, R.B.; BEZERRA, L.A.F.; MAGNABOSCO, C.U. Variabilidad genética de medidas alternativas del perímetro escrotal em ganado Nelore. **Livestock Research for Rural Development**, Colômbia, v.15, n.10, 2003.

CAMPELLO, C.C.; MARTINS FILHO, R.; LÔBO, R.N.B. Intervalo de partos e fertilidade real em vacas Nelore no estado do Maranhão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.3, p.474-479, 1999.

DAL-FARRA, R. A.; ROSO, V. M.; KILPP, D. V. Fatores de correção do perímetro escrotal para efeitos de idade, peso e heterozigose individual em touros mestiços Angus x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 2002-2007, 2000.

DIAS, L.T.; EL FARO, L.; ALBUQUERQUE, L.G. Efeito da idade de exposição de novilhas à reprodução sobre estimativas de herdabilidade da idade ao primeiro parto em bovinos Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.3, p.370-373, 2004a

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

FERRAZ FILHO, P.B.; RAMOS, A.A.; SILVA, L.O.C.; SOUZA, J.C.; ALENCAR, M.M.; MALHADO, C.H.M. Tendência genética dos efeitos direto e materno sobre os pesos à desmama e pós-desmama de bovinos da raça Tabapuã no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.635-640, 2002.

FRAZIER, E.L.; SPROTT, L.R.; SANDERS, J.O.; DAHM, P.F.; CROUCH, J.R.; TURNER, J.W. Sire marbling score expected progeny difference and weaning weight maternal expected progeny difference associations with age at first calving and calving interval in angus beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.77, n.6, p. 1322-1328, 1999.

FRIZZAS, O.G. **Curva de desenvolvimento e parâmetros genéticos e fenotípicos para peso corporal e perímetro escrotal de bovinos da raça Nelore**. 2006. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

GARNERO, A.D.V.; GUNSKI, R.J.; SCHWENGBER, E.B.; LÔBO, R.B. Comparación entre criterios de selección para características de crecimiento correlacionados con edad al primer parto em la raza Nelore. **Livestock Research for Rural Development**, v.13, n.2, 2001.

GRESSLER, S.L.; PEREIRA, J.C.C.; BERGAMANN, J.A.G.; ANDRADE, V.J.; PAULINO, M.F.; GRESSLER, S.L. Aspectos genéticos do peso à desmama e de algumas características reprodutivas de fêmeas Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, n.4, p.533-538, 2005.

GUNSKI, R.J.; GARNERO, A.V.; BORJAS, A.R.; BEZERRA, L.A.F.; LÔBO, R.B. Estimativas de parâmetros genéticos para características incluídas em critérios de seleção em gado Nelore. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.4, p.603-607, 2001.

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

LÔBO, R.B.; BEZERRA, L.A.F.; OLIVEIRA, H.N.; MAGNABOSCO, C.U.; ZAMBIANCHI, A.R.; ALBUQUERQUE, L.G.; BERGMANN, J.A.G.; SAINZ, R.D. **Avaliação genética de touros e matrizes da raça nelores: sumário 2004**. Ribeirão Preto, GEMAC, 2004.

LÔBO, R.B.; BEZERRA, L.A.F.; OLIVEIRA, H.N.; MAGNABOSCO, C.U.; ALBUQUERQUE, L.G.; BERGMANN, J.A.G.; SAINZ, R.D.; BARROS, P.S. **Avaliação Genética de Touros e Matrizes da Raça Nelore: Sumário 2006**. Ribeirão Preto, ANCP, 124p, 2006.

MARCONDES, C.R.; GAVIO, D.; BITTENCOURT, T.C.C.; ROCHA, J.C.M.C.; LÔBO, R.B.; BEZERRA, L.A.F.; TONHATI, H. Estudo de modelo alternativo para estimação de

componentes de (co)variância e predição de valores genéticos de características de crescimento em bovinos da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.54, n.1, p. 93-99, 2002.

MARTÍNEZ-VELÁZQUEZ, G.; GREGORY, K.E.; BENNETT, G.L.; VAN VLECK, L.D. Genetic relationships between scrotal circumference and female reproductive traits. **Journal of Animal Science**, v.81, n.2, p.395-401, 2003.

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

NELDER, J. A. The fitting of a generalization of the logistic curve. **Biometrics**, v. 17, p. 89-110, 1961.

ORTIZ PEÑA, C.D.; QUEIROZ, S.A.; FRIES, L.A. Estimação de Fatores de Correção do perímetro escrotal para idade e peso corporal em touros jovens da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1667-1675, 2000.

PELICIONI, L.C.; MUNIZ, C.A.S.D.; QUEIROZ, S.A. Avaliação do desempenho ao primeiro parto de fêmeas Nelore e F1. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.4, p.729-734, 1999.

PEREIRA, E.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S. Correlação genética entre perímetro escrotal e algumas características reprodutivas na raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1676-1683, 2000.

PEREIRA, E.; ELER, J.P.; COSTA, F.A.A.; FERRAZ, J.B.S. Análise genética da idade ao primeiro parto e do perímetro escrotal em bovinos da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.53, n.1, p.116-121, 2001a.

PEREIRA, E.; ELER J.P.; FERRAZ, J.B.S. Análise genética de algumas características reprodutivas e suas relações como o desempenho ponderal na raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.53, n.6, p.720-727, 2001b.

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

QUIRINO, C.R.; BERGMANN, J.A.G.; VALE FILHO, V.R.; ANDRADE, V.J.; PEREIRA, J.C.C. Evaluation of four mathematical functions to describe scrotal circumference maturation in Nelore bulls. **Theriogenology**, v.52, n.1, p.25-34, 1999.

ROSO, V.M.; SCHENKEL, F.S. Tendência genética da idade ao primeiro parto de vacas Nelore. In: Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 36, 1999. Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999.

SAS, Statistical Analyses System Institute **"SAS User's Guide: Statistic"**. SAS Institute INC., Cary, NC, 2002.

SCHWENGBER, E.B; BEZERRA, L.A.F.; LÔBO, R.B. Produtividade acumulada como critério de seleção em fêmeas da raça Nelore. **Ciência Rural**, Belo Horizonte, v. 31, n.3, 2001.

SILVA, J.A.V.; DIAS, L.T.; ALBUQUERQUE, L.G. Estudo genético da precocidade sexual de novilhas em um rebanho Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1568-1572, 2005.

SILVEIRA, J.C.; MCMANUS, C.; MASCIOLI, A.S.; SILVA, L.O.C.; SILVEIRA, A.C.; GARCIA, J.A.S.; LOUVANDINI, H. Fatores ambientais e parâmetros genéticos para características produtivas e reprodutivas em um rebanho nelore no estado do Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.33, n.6, p.1432-1444, 2004.

SIQUEIRA, R.L.P.G.; OLIVEIRA, J.A.; LÔBO, R.B.; BEZERRA, L.A.F.; TONHATI, H. Análise da variabilidade genética aditiva de características de crescimento na raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.1, p.99-105, 2003.

TALHARI, F.M.; ALENCAR, M.M.; MASCIOLI, A.S.; SILVA, A.M.; BARBOSA, P.F. Correlações genéticas ente características produtivas de fêmeas em um rebanho da raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.880-886, 2003.

VON BERTALANFFY, L. Quantitative laws in metabolism and growth. **The Quarterly Review of Biology**, New York, v. 23, p. 217-230, 1957.

WOLF, M.C.C.; MONARDES, H.G.; RIBAS, N.P. Fatores ambientais sobre a idade ao primeiro parto, dias abertos e intervalo entre partos em vacas da raça holandesa na bacia leiteira de Castrolândia, estado do Paraná. **Archives of Veterinary Science**, v.9, n.2, p.35-41, 2004.

ANEXOS

Anexo 1. Resumo da análise de variância da produtividade acumulada (PAC) estudada em animais da raça Nelore.

Fontes de Variação	GL	QM	F
Grupo de Contemporâneo	133	1898,91	3,40***
Peso 210 (linear)	1	8111,81	14,52**

$R^2=0,25$; $CV=16,04\%$; ** $P=0,0001$; *** $P<0,0001$; $N=1739$