

ALDRIN VIEIRA PIRES

AVALIAÇÃO GENÉTICA DE CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS EM  
SUÍNOS

Tese apresentada à Universidade  
Federal de Viçosa, como parte das  
exigências do Curso de Zootecnia, para  
obtenção do título de “Magister  
Scientiae”.

Viçosa  
MINAS GERAIS- BRASIL  
JUNHO – 1999

ALDRIN VIEIRA PIRES

AVALIAÇÃO GENÉTICA DE CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS EM  
SUÍNOS

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Curso de Zootecnia, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

APROVADA: 26 de fevereiro de 1999.

---

Prof. Ricardo Frederico Euclides  
(Conselheiro)

---

Prof. Adair José Regazzi  
(Conselheiro)

---

Prof. Robledo de Almeida Torres

---

Prof. Martinho de Almeida e Silva

---

Prof. Paulo Sávio Lopes  
(Orientador)

À minha esposa, Ivy.

Aos meus pais, Israel e Maria das Graças.

Aos meus irmãos, Aureliano, Christiano, Vanessa e Cleverson.

## **AGRADECIMENTO**

A Deus, por tudo, pois sem Ele nada é possível.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

À empresa COOPERCENTRAL, nas pessoas do Dr. Gilberto V. Vasconcellos e do Dr. Alderi Miguel Crestani, pela disponibilidade e cessão dos dados.

Ao professor Paulo Sávio Lopes, pelos ensinamentos, pela orientação, pela amizade, pela confiança e pelo apoio.

Ao professor Ricardo Frederico Euclides, pela amizade, pelo aconselhamento, pelo incentivo e pelas sugestões.

Ao professor, Robledo de Almeida Torres, pela amizade, pela atenção e pelas sugestões.

Ao professor Adair José Regazzi, pelos ensinamentos e pelo aconselhamento.

Ao professor Martinho de Almeida e Silva, pela amizade, pela ajuda e pelas sugestões.

À professora Simone, pela amizade e pela colaboração.

Aos colegas Amauri, Ana Paula, André, Antônio Policarpo, Braccini, Cláudio, Eduardo Shiguero, Eliane, Eliana, Jaime, José Elivalto, Júlio, Marcus Vinícius, Maria Amélia, Paulo Carneiro, Paulo Nobre, Renato, Ricardo, Sandra e William, pela amizade, pelo convívio e pelo constante incentivo.

A Rodolpho, pela amizade e formatação da tese.

Aos demais professores, funcionários e alunos do Departamento de Zootecnia, pelo companheirismo e pela amizade.

A meu avô, Vicente, pelos ensinamentos.

A meus pais Israel e Maria das Graças, pelo exemplo de vida e amor.

A meus irmãos Aureliano, Christiano, Vanessa e Cleverson, pelo incentivo, pela ajuda e carinho.

À minha esposa Ivy, companheira em todos os momentos, e a seus familiares.

A meus tios, primos, amigos e a todos que, de algum modo, contribuíram para a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

Aldrin Vieira Pires, filho de Israel de Paiva Pires e Maria das Graças Vieira Pires, natural de Dores do Turvo, Estado de Minas Gerais, nasceu em 21 de janeiro de 1974.

Em abril de 1992, iniciou o curso de Zootecnia, pelo Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG, onde foi bolsista de iniciação científica por alguns anos, acompanhando e coordenando pesquisas junto ao Programa de Melhoramento Genético de Aves do Departamento de Zootecnia da UFV.

Em fevereiro de 1997, graduou-se em Zootecnia, pela Universidade Federal de Viçosa.

Em março de 1997, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa.

Em 26 de fevereiro de 1999, submeteu-se ao exame final de defesa de tese.

## CONTEÚDO

EXTRATO .....	viii
ABSTRACT .....	x
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1. Estimação de parâmetros genéticos .....	3
2.2. Características reprodutivas .....	6
2.2.1. Tamanho de leitegada .....	7
2.2.2. Peso de leitegada .....	8
2.2.3. Mortalidade .....	9
2.3. Seleção para tamanho de leitegada .....	10
2.4. Correlações genéticas e fenotípicas .....	16
2.5. Efeito materno .....	18
2.6. Efeito permanente de meio .....	25
2.7. Tendências genéticas .....	26
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	28
3.1. Instalações, alimentação e manejo dos animais .....	28
3.2. Dados .....	30
3.3. Análises e modelos .....	30
3.4. Teste da razão de verossimilhança .....	37

3.5. Tendências genéticas .....	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	39
4.1. Variabilidade entre raças .....	39
4.2. Componentes de variância .....	39
4.3. Herdabilidade e correlações genéticas .....	45
4.4. Análise de duas características conjuntamente .....	50
4.5. Escolha do modelo (Teste da razão de verossimilhança) .....	57
4.6. Tendências genéticas .....	59
5. RESUMO E CONCLUSÕES .....	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	71

## EXTRATO

PIRES, Aldrin Vieira; M.S.; Universidade Federal de Viçosa; junho de 1999.  
**Avaliação genética de características reprodutivas em suínos.** Orientador:  
Paulo Sávio Lopes. Conselheiros: Ricardo Frederico Euclides e Adair José  
Regazzi.

Dados de suínos Duroc, Landrace e Large White foram utilizados para estimar componentes de (co)variância para tamanho de leitegada ao nascimento e ao desmame, peso de leitegada ao nascimento e aos 21 dias de idade e mortalidade do nascimento ao desmame, pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML). O teste da razão de verossimilhança foi aplicado para se verificar qual o modelo mais adequado na avaliação genética animal: o modelo 1, que continha o efeito genético direto; o 2, que continha os efeitos genéticos direto e materno; o 3, que continha o efeito direto e permanente de meio; e o 4, que incluía os efeitos direto, materno e permanente de meio. As estimativas de tendências genéticas dos efeitos genéticos direto e materno foram obtidas por meio da regressão das médias dos valores genéticos das características em função do ano de nascimento da porca. As herdabilidades direta e total apresentaram valores baixos a médios: 0,00 a 0,30 e 0,00 a 0,22, respectivamente, destacando a importância da seleção com base nas informações de parentes para o melhoramento genético destas características. A herdabilidade

materna foi geralmente baixa: 0,00 a 0,17; e as correlações entre os efeitos genéticos aditivos direto e materno foram, de modo geral, altas e negativas, evidenciando antagonismo entre estes efeitos. As correlações genéticas entre as características de peso e tamanho de leitegada foram positivas. Já as correlações genéticas entre essas características e taxa de mortalidade tenderam a ser negativas. Esses resultados indicam que devem ser utilizados procedimentos multivariados para que tais correlações não sejam desprezadas. Constatou-se que a inclusão do efeito materno, efeito permanente de meio ou de ambos, tendeu a obter valores maiores de  $\log_e L$ . O teste da razão de verossimilhança indicou diferentes modelos para diferentes características e raças, sendo o modelo 4 o mais adequado para a maioria das características. As estimativas de tendência genética dos efeitos diretos mostraram que pouco ou praticamente nenhum progresso ocorreu nas características de leitegada, e houve até mesmo tendências genéticas negativas, evidenciando a dificuldade de se obter ganhos genéticos expressivos nas características reprodutivas, concordando com as baixas herdabilidades apresentadas pelas mesmas. As estimativas de tendência genética dos efeitos genéticos materno apresentaram-se, em geral, negativas, possivelmente em função das correlações genéticas negativas entre os efeitos genéticos aditivos direto e materno.

## ABSTRACT

PIRES, Aldrin Vieira; MS; Universidade Federal de Viçosa; June, 1999. **Genetic evaluation in swine reproductive traits.** Adviser: Paulo Sávio Lopes. Committee Members: Ricardo Frederico Euclides and Adair José Regazzi.

Data of Duroc, Landrace and Large White breeds were used to estimate (co)variance components for birth litter size and at weaning, birth litter weight and at 21 days of age and mortality, from birth to weaning, using restricted maximum likelihood methodology. The likelihood ratio test was applied to verify, for each breed and trait, which model was more adapted, the model 1, that contains the direct genetic effect, the model 2, that contains the direct and maternal genetic effects, the model 3, that contains the direct and permanent environmental effect, and the model 4, that includes the effects direct, maternal and permanent environmental. Genetic direct and maternal trends estimates were obtained by regressing genetic values averages on dam birth year. The direct and total heritabilities had small to medium values, .00 to .30 and .00 to .22, respectively, highlighting the importance of relatives information in the selection program for improving these traits. The maternal heritability was generally low, .00 to .17; and the correlations among the additive direct and maternal genetic effects were, in general, high and negative, evidencing antagonism among these effects. The genetic correlations among litter weigh and size traits were positive.

The genetic correlations between those traits and mortality rate tended to be negative. These results indicate that should be used multivariate methodologies that do not despise such correlations. The inclusion of the genetic maternal effect, permanent environmental effect or both effects, tended to obtain larger values of ln L. The likelihood ratio test indicated different models for different traits and breeds, and the model 4 was more adapted for most of the traits. Genetic direct trends estimates showed no progress or very small progress for litter traits, and in some cases there were even negatives, indicating the difficulty to get high genetic gain in reproductive traits, in agreement with small heritabilities presented by them. Genetic maternal trends estimates were, in general, negatives, possibly in function of negatives genetics correlations among direct and maternal genetic additive effect.

## **1. INTRODUÇÃO**

Com a finalidade de se obter um produto de qualidade, em grande quantidade, e com mínimo custo, várias inovações tecnológicas vêm sendo desenvolvidas na suinocultura. Para se obter o suíno terminado há necessidade de se ter o leitão desmamado, e o desempenho dos animais em crescimento e terminação é dependente de seu desenvolvimento nas fases anteriores: aleitamento e creche. Verifica-se, então, que a performance reprodutiva, em especial o tamanho e o peso de leitegada são essenciais para o sucesso da criação de suínos. Alguns programas de melhoramento, cientes da importância destas características, passaram, recentemente, a incluí-las no processo de avaliação genética.

A eficiência dos programas de melhoramento depende da precisão com que os indivíduos submetidos à seleção são avaliados. No melhoramento animal é importante a avaliação do valor genético com o objetivo de classificar os melhores indivíduos que serão os pais da próxima geração, e quantificar sua contribuição para o ganho genético. Para isso, torna-se imprescindível o isolamento do componente genético dos demais componentes, referentes às diferentes causas, que participam do valor fenotípico em cada indivíduo.

As estimativas de herdabilidade para características reprodutivas são normalmente baixas e a alta variabilidade existente em tais estimativas é

atribuída, principalmente, a fatores não-genéticos e genéticos não-aditivos. Modelos mais precisos devem ser desenvolvidos e propostos para obtenção de estimativas de parâmetros genéticos mais confiáveis, sobretudo para as características reprodutivas. Portanto, tão importante quanto estimar os parâmetros genéticos para uma população específica, é, também, obter estimativas dos componentes genéticos mais precisas pela inclusão de efeitos, como o permanente de meio e efeito genético aditivo materno, nos modelos de avaliação genética animal.

Este trabalho tem como objetivos estimar componentes de variância e covariância genética e residual, herdabilidades, correlações genéticas, fenotípicas e residuais, pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML), para características reprodutivas em três populações de suínos; obter o melhor preditor linear não viesado (BLUP) dos valores genéticos dos animais por meio da metodologia de modelos mistos; estudar as tendências genéticas em características reprodutivas de suínos e avaliar quatro diferentes modelos que, além do componente genético direto do animal, considerem também o efeito materno, bem como o efeito permanente de meio.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Estimação de parâmetros genéticos**

O conhecimento das propriedades genéticas das populações baseia-se nos parâmetros genéticos, que foram obtidos por meio de componentes de variância, os quais podem ser estimados por vários métodos.

O método mais utilizado, para a estimação de parâmetros genéticos, envolve o agrupamento dos indivíduos de acordo com o grau de parentesco entre si, a obtenção de componentes observacionais de variância e covariância (fenotípica), e a partição dos componentes observacionais em componentes causais, ou seja, variância e covariância relacionadas aos efeitos genéticos aditivo e materno, efeitos genéticos de dominância e de epistasia e efeitos ambientais permanentes e temporários (WILLHAM, 1963; FALCONER, 1981).

Dentre estes parâmetros genéticos, a herdabilidade ( $h^2$ ) e a correlação genética são as principais estimativas de interesse para o planejamento de um programa de melhoramento.

A herdabilidade de determinada característica, considerada como a pedra fundamental dos programas de melhoramento genético, é definida como a porção da variação fenotípica total, causada pela variação dos valores genéticos aditivos (SILVA, 1980). A correlação fenotípica é a que pode ser mensurada diretamente

a partir de medidas de duas características, em certo número de indivíduos na população. Esta correlação tem causas genéticas e ambientais, porém só as genéticas devem ser utilizadas na orientação dos programas de melhoramento. Assim, em estudos genéticos, é indispensável distinguir e quantificar o grau de associação genética e ambiental entre as características.

Na interpretação de dados experimentais é de grande importância considerar a natureza do modelo que fundamenta as observações. O modelo é uma representação matemática da medida de uma característica qualquer, e que, por definição, jamais é perfeito. Conforme os efeitos presentes no modelo, este pode ser considerado como fixo, aleatório ou misto. A rigor, todo modelo que contenha a média e o erro associado às observações é considerado misto, no entanto, tal denominação é reservada somente a modelos lineares que contenham outros efeitos fixos e aleatórios, além destes (SEARLE, 1971). Os modelos mistos são de grande utilidade nas aplicações de melhoramento por fornecerem, em muitos casos, explicações mais adequadas às observações. Entretanto, muitos pesquisadores optavam por modelos fixos ou aleatórios, sob situações contrárias, quando se deparavam com dificuldades estatísticas oferecidas pelos primeiros (SILVA, 1982).

O conhecimento prévio dos componentes de variância e covariância é necessário na predição dos valores genéticos, quando se faz uso de métodos de predição como o BLUP (melhor predição linear não-viesada). Entretanto, estes componentes não são geralmente conhecidos e podem ser estimados por vários métodos, dentre eles o da Máxima Verossimilhança Restrita (REML) é o recomendado para modelos lineares mistos e dados desbalanceados (MEYER, 1986).

Este método consiste em dividir cada observação em duas partes independentes: uma referente aos efeitos fixos e outra aos aleatórios, de maneira que a função densidade de probabilidade das observações é dada pela soma das funções densidade de probabilidade de cada parte. A maximização da função densidade de probabilidade da parte referente aos efeitos aleatórios, em relação aos componentes de variância, elimina o viés resultante da perda de graus de

liberdade na estimação dos efeitos fixos do modelo (PATTERSON e THOMPSON, 1971).

Para a aplicação de um modelo linear misto, é necessário estimar “a priori” os elementos das matrizes de variâncias e covariâncias genéticas e residuais, de maneira que as estimativas representem, de forma mais próxima possível, os verdadeiros valores. As justificativas para o uso do REML, na estimação desses componentes, são que as soluções das equações do REML coincidem com os estimadores da ANOVA para dados balanceados, com a vantagem de considerar a perda de graus de liberdade, resultante da estimação dos efeitos fixos do modelo (ANDERSON, 1984). Mas, se os dados são não balanceados, os estimadores são divergentes, conforme atestam CORBEIL e SEARLE (1976). HENDERSON (1986) acrescenta que esses estimadores são capazes de produzir variâncias amostrais e erros quadráticos médios menores que outros métodos que fornecem estimadores não-viesados.

As estimativas obtidas pelo REML sempre caem dentro do espaço paramétrico. De modo geral, a obtenção das estimativas pelo REML implica no uso de métodos que demandam grande esforço computacional, em termos de memória e tempo de processamento. Para contornar esse problema GRASER et al. (1987) propuseram um algoritmo para análise de uma característica, no qual o ponto de máximo do logaritmo da função densidade de probabilidade, da parte aleatória das observações, é determinado por meio de sucessivas avaliações da função, a partir de valores atribuídos à razão entre os componentes de variância genética aditiva e residual. Este algoritmo não envolve a derivação da função densidade de probabilidade, em relação aos componentes de variância, para o estabelecimento do sistema de equações. Em razão disso, foi denominado DFREML (Derivative-Free Restricted Maximum Likelihood). BOLDMAN et al. (1995) desenvolveram um aplicativo, o MTDFREML (Multiple-Trait Derivative-Free Maximum Likelihood), para características múltiplas, em modelos com dois ou mais fatores aleatórios.

A metodologia de modelos mistos para avaliação genética de suínos tem sido empregada e recomendada por vários pesquisadores em melhoramento

animal (SORENSEN e KENNEDY, 1986; KEELE et al., 1988; LOPES, 1994a; TORRES JR., 1996). Ela tem sido indicada por fornecer estimativas não-viesadas de efeitos genéticos, comuns ou permanentes de ambiente e de grupo de animais, efeitos maternos e de endogamia, efeitos de seleção, dentre outros.

FERRAZ e JONHSON (1993) relataram que os procedimentos de modelos mistos podem ser usados para obter estimativas de parâmetros genéticos específicos para populações, e também no monitoramento e melhoramento nos programas de seleção industriais. Isto pode ser feito analisando os dados com diferentes modelos que considerem os efeitos genético direto e materno e a correlação entre eles, e ainda os efeitos permanentes ou de ambiente comum, identificando então o modelo mais apropriado, e por fim usá-lo para subseqüentes predições de valores genéticos.

## **2.2. Características reprodutivas**

Muitos melhoristas ainda têm dúvida quanto à inclusão de características reprodutivas no melhoramento de suínos, em razão de suas baixas herdabilidades e de sua expressão ser limitada a animais adultos (LOPES et al., 1994b).

Alguns autores têm sugerido que levariam anos de seleção para alcançar os mesmos resultados proporcionados pelo cruzamento de raças prolíficas (HILL, 1982; COATES, 1983). Segundo ALVES (1986), em programas de seleção de suínos para características reprodutivas, poder-se-ia utilizar apenas o tamanho de leitegada ao nascer como critério de seleção, ainda assim como auxiliar ou em adição às informações sobre desempenho e carcaça.

FREITAS et al. (1992) concluíram que a maior parte das características reprodutivas necessita de ajuste para ordem de parição e estação de parição, visando aumentar a precisão nos trabalhos de seleção.

Diferenças significativas entre rebanhos, época de parição (ano ou estação) ou ordem de parto foram encontradas por diversos autores para as características de leitegada em suínos (MILAGRES et al., 1981a, 1981b, 1981c,

1981d; NICOLAO, 1982; UPNMOOR, 1984; ALVES, 1986; SILVA, 1988; COSTA et al., 1989; FREITAS et al., 1992; SHOSTAK e METODIEV, 1994; ROSO e SEVERO, 1997). A inclusão de tais efeitos fixos nos modelos de avaliação genética é, portanto, justificada para se obterem parâmetros genéticos mais precisos.

### **2.2.1. Tamanho de leitegada**

O tamanho de leitegada em suínos, como as demais características reprodutivas, é grandemente influenciado por diversos fatores do meio ambiente. É uma medida de produtividade da matriz e contribui amplamente para o peso de leitegada.

HALEY et al. (1988), revisando trabalhos sobre seleção de suínos para tamanho de leitegada, relataram que o melhoramento quanto a respostas em ganho econômico pela adição do tamanho de leitegada, em um índice para características de crescimento e de carcaça, alcança de 0 a 5 % nas linhas de propósitos gerais, e de 10 a 20 % nas linhas maternas. Com isso, esses autores afirmaram que existe viabilidade econômica na seleção para tamanho de leitegada, especialmente em linhas maternas, uma vez que são disponíveis os dados de parentes para essa característica.

Contudo, dada a importância econômica destas características, mesmo com baixas herdabilidades, o ganho esperado por seleção seria compensador. Mas, o que tem sido observado nos experimentos de seleção é uma resposta muito aquém da esperada, ou quase sempre nula, o que tem sido para muitos um enigma, porque a variabilidade existe, e uma prova disto é a diferença de prolificidade entre porcos selvagens franceses (4,5 leitões por leitegada por ano) e algumas raças chinesas (14,7 leitões por leitegada por ano). Embora esta diferença de 10 leitões não possa ser rigorosamente atribuída à domesticação e à seleção pelo homem, dá uma idéia do campo de atuação da seleção (OLLIVIER, 1982).

Estimativas de variâncias genéticas aditivas, herdabilidade e correlações genéticas entre partições diferentes encontradas por IRGANG et al. (1994b), para número de leitões nascidos vivos e número de leitões aos 21 dias de idade, indicaram que a variação genética aditiva disponível para seleção pode ser diferente entre raças e partições dentro de raças. Isto também foi observado por STRANG e SMITH (1979) e JOHANSSON e KENNEDY (1985). Os resultados sugerem, segundo IRGANG et al. (1994a, 1994b), que os parâmetros usados na estimação de valores genéticos para tamanho de leitegada podem ser específicos para raças e partições, e podem requerer procedimentos de avaliação de características múltiplas.

As herdabilidades do tamanho de leitegada, encontradas na literatura, diferem grandemente de autor para autor. Em geral, a maioria dos autores concorda que o tamanho de leitegada é característica de baixa herdabilidade. UPNMOOR (1984) encontrou herdabilidade para tamanho de leitegada ao nascimento, de  $0,17 \pm 0,06$ ; e, aos 21 dias  $0,18 \pm 0,06$ . ALVES, (1986) em revisão de literatura encontrou herdabilidade para tamanho de leitegada variando entre 0,08 e 0,27. PARK e KIM (1986) relataram para as raças Landrace, Yorkshire, Duroc e Hampshire, herdabilidades para tamanho de leitegada ao nascimento respectivamente  $0,20 \pm 0,09$ ,  $0,25 \pm 0,12$ ,  $0,04 \pm 0,09$  e  $0,12 \pm 0,10$ . BABOT et al. (1994) encontraram herdabilidade para tamanho de leitegada em uma população de Large White variando entre  $0,081 \pm 0,031$  e  $0,092 \pm 0,031$ ; e para uma população de Landrace, entre  $0,053 \pm 0,012$  e  $0,056 \pm 0,012$ . SHORT et al. (1994) encontraram herdabilidade de 0,14 para tamanho de leitegada ao nascimento.

### **2.2.2. Peso de leitegada**

O peso ao nascer é um dos fatores que mais influem na sobrevivência do leitão, e está relacionado com o tamanho de leitegada, portanto, um equilíbrio entre essas características é sempre desejável. Alguns autores já citavam o peso

do leitão ao nascimento como o fator mais importante para a sobrevivência e peso de leitegada à desmama (WINTERS et al., 1947).

PAVLIK et al. (1970) verificaram maior correlação do peso ao nascer com o peso aos vinte e um dias que o peso aos quarenta e dois ou cinquenta e seis dias de idade, e sugerem que o peso ao nascer tenha pouca influência sobre o desenvolvimento posterior. PARTANEN (1950) atribui o peso de leitegada, na 3ª semana, à habilidade materna.

As herdabilidades para peso de leitegada encontradas na literatura revisada por ALVES (1986) variam entre 0,11 e 0,27 (ao nascer) e 0,08 e 0,24 (aos 21 dias). Já em seu trabalho, o autor encontrou herdabilidade para peso de leitegada ao nascer da ordem de -0,18 a 0,24 e 0,11 a 0,20 aos 21 dias de idade, e justifica esta herdabilidade negativa, alegando que vários outros autores também já encontraram tais estimativas, relacionado-a a amostras pequenas e à metodologia de estimação deste parâmetro. PARK e KIM (1986) encontraram, para as raças Landrace, Yorkshire, Duroc e Hampshire, herdabilidades de peso de leitegada ao nascimento de  $0,32 \pm 0,11$ ,  $0,32 \pm 0,13$ ,  $0,23 \pm 0,13$  e  $0,09 \pm 0,10$ , respectivamente.

### **2.2.3. Mortalidade**

As principais causas da natimortalidade e mortalidade de leitões do nascimento aos 21 dias de idade são: deficiências nutricionais, idade da porca, clima, doenças, esmagamento, acidentes, fatores patológicos letais e hereditários e partos prolongados (SILVA, 1988).

Segundo FIREMAN e SIEWERDT (1997), um dos períodos mais críticos à sobrevivência do leitão é o compreendido entre o nascimento e os 21 dias de vida e, dentre os diversos fatores que influenciam direta ou indiretamente a mortalidade dos leitões, encontra-se o peso ao nascimento. Observam-se reduções na taxa de mortalidade à medida que se aumenta o peso do leitão ao nascimento, com pesos corporais críticos, para a sobrevivência do leitão, de 1,1kg para fêmeas e 1,4kg para machos.

Trabalhando com suínos Landrace e avaliando a mortalidade até os 21 dias de idade, SIEWERDT e CARDELLINO (1996) concluíram que o progresso genético, em programas de seleção para as características de mortalidade, tende a ser baixo, pois além dos baixos valores de herdabilidade estimados, os desvios-padrão fenotípicos também foram baixos. Ressaltando, ainda, que o controle de condições ambientais seria mais efetivo, na redução da mortalidade pré-desmame, que a seleção para alguma característica indicadora de mortalidade.

Com base nas baixas herdabilidades encontradas, SIEWERDT et al. (1993) concluíram que o emprego de seleção para redução da mortalidade somente trará resultados importantes em longo espaço de tempo.

Em geral, as estimativas de herdabilidade da mortalidade de leitões são baixas, variando de 0,0 a 0,22 (UPNMOOR, 1984).

### **2.3. Seleção para tamanho de leitegada**

A melhoria de tamanho de leitegada e de outras características reprodutivas em suínos, por processos seletivos, é mais difícil do que das características de crescimento e carcaça. As principais razões para tal fato são a baixa herdabilidade para tamanho de leitegada e que tamanho de leitegada pode ser medido apenas em fêmeas após a idade reprodutiva. Realmente, não há experiências de seleção dentro de rebanho que tenham obtido muito sucesso. Porém, há grandes diferenças entre raças em tamanho de leitegada, como a alta prolificidade das raças chinesas comparadas com as européias. Segundo AVALOS e SMITH (1987), a taxa de ganho genético predita pela seleção, para tamanho de leitegada, é substancialmente maior que as taxas proporcionais de mudança genética possível para características de crescimento e carcaça.

Tamanho de leitegada é o principal componente de produtividade da fêmea e seu melhoramento genético é de importância crescente em mercados, nos quais outras características como espessura de toucinho estão alcançando ótimos

níveis, e em mercados em que o aumento na produtividade da porca reduz substancialmente os custos de produção (SORENSEN, 1991).

O tamanho de leitegada em suínos é um dos principais componentes da eficiência reprodutiva de porcas. Uma vez que sua herdabilidade é baixa, espera-se, teoricamente, pequena resposta à sua seleção, que seria contudo genética e economicamente compensadora. Entretanto, experimentos têm demonstrado que esta seleção é bem mais complexa do que parece, levando a frustrantes resultados, criando descompasso entre teoria e prática, a despeito do aparente conhecimento das causas de variação desta característica.

JOHNSON et al. (1984) avançaram o conceito de tamanho de leitegada, como um índice natural de taxa de ovulação e sobrevivência pré-natal, pelo entendimento de que a variação em tamanho de leitegada é mais fenotipicamente determinada do que geneticamente. Cunningham et al. (1979), citados por LEYMASTER e JOHNSON (1994) e JOHNSON et al. (1984), relataram que seleção para tamanho de leitegada é um tipo de índice de seleção. Conseqüentemente, seleção simultânea para ambos os componentes, por meio de um índice de tamanho de leitegada, talvez supere o aparente antagonismo genético entre a taxa de ovulação e a sobrevivência pré-natal, que restringem a resposta correlacionada do tamanho de leitegada pela seleção para taxa de ovulação.

BENNET e LEYMASTER (1989) desenvolveram um modelo para tamanho de leitegada baseado em taxa de ovulação, potencial de viabilidade embrionária e capacidade uterina. Os três componentes são independentes, mas interagem para determinar a mortalidade pré-natal e tamanho de leitegada. Segundo PEREZ-ENCISO et al. (1994), a característica tamanho de leitegada está próxima de um índice ótimo, que combina taxa de ovulação e sobrevivência embrionária.

Taxa de ovulação é a soma dos corpos lúteos contidos em ambos os ovários. O período pré-natal é dividido em duas fases, embrionária e fetal. A fase embrionária ocorre da fertilização até o 25<sup>o</sup> dia de gestação, enquanto a fase fetal

é descrita como o restante da gestação; 25<sup>o</sup> dia é uma aproximação da idade quando ocorrem as cisões de diferenciação (DZIUK, 1987).

Capacidade uterina é o número máximo de fetos completamente formados que podem ser levados à gestação quando a taxa de ovulação não é limitante (CHRISTENSON et al., 1987), e o nível ao qual o tamanho de leitegada é reduzido quando o útero é disputado por mais embriões e fetos do que podem ser criados até o nascimento.

Tamanho de leitegada é o número de fetos totalmente formados ao nascimento, pela ocorrência de taxa de ovulação natural e completo funcionamento uterino. O conceito de capacidade uterina implica que há um limite de fetos que o ambiente uterino pode suportar (LEYMASTER e JOHNSON, 1994).

A pequena proporção de variação genética nas características reprodutivas não é, segundo HILL (1982), surpreendente, uma vez que elas dependem da fertilidade e, conseqüentemente, estão submetidas à seleção natural.

Em experimento conduzido na França, observou-se resposta de 0,15 leitões por geração nas cinco primeiras gerações de seleção (OLLIVIER, 1973), mas não houve mudança após dez gerações de seleção (OLLIVIER e BOLET, 1981). Dentre as razões para o insucesso deste experimento, OLLIVIER (1982) apontou como principais, a baixa intensidade de seleção e a herdabilidade abaixo da esperada ( $h^2 = 0,02$ , estimada pela regressão mãe-filha, sendo o critério de seleção usado o número total de leitões nascidos nas duas primeiras partições).

Herdabilidade moderada para tamanho de leitegada foi relatada por NOGUERA et al. (1994), resultados de simulação mostraram que um ganho de 0,35 a 0,40 leitões por leitegada pode ser esperado. Acrescenta ainda que o ganho na prolificidade irá resultar em um aumento do valor econômico agregado médio, mostrando o interesse da seleção para tamanho de leitegada.

Além da baixa herdabilidade e da baixa intensidade de seleção, existem outros fatores que contribuem para o insucesso da seleção para tamanho de leitegada. Diversos estudos têm indicado a existência de correlação de ambiente

negativa entre efeito genético direto e materno para tamanho de leitegada. REVELLE e ROBISON (1973), em suínos, encontraram o mesmo efeito, quando dividiram o rebanho em grupos de alta, média e baixa prolificidades, com base nos dados da primeira geração. Na segunda geração, fêmeas provenientes do grupo de baixa prolificidade produziram leitegadas maiores que fêmeas do grupo de alta. NELSON e ROBISON (1976) mostraram que marrãs criadas em leitegadas de seis leitões pariram 1,18 leitões vivos a mais que as criadas em leitegadas de 14 leitões. Resultados semelhantes foram obtidos por Rutledge (1980), Robison (1981) e Alsing et al. (1976), citados por VANGEN (1981). Apesar de tudo, questiona-se ainda, em alguns trabalhos, se esta covariância negativa realmente existe. Cristensen (1980), citado por VANGEN (1981), não a encontrou, mas os autores usaram o desempenho médio de várias leitegadas. STRANG e SMITH (1979) concluíram que o tamanho de leitegada é difícil de ser melhorado em condições de campo. OLLIVIER (1982) questionou a influência que este efeito poderia ter na resposta à seleção durante um longo período de tempo. Segundo o autor, a padronização do tamanho de leitegada é maneira de sobrepor a dificuldade causada pelo efeito materno, mas as evidências em experimentos com ratos, realizados por JOAKIMSEN e BAKER (1977), foram conflitantes. BICHARD (1983) mencionou que os adeptos da teoria de padronização de leitegada acreditam que se todas as marrãs fossem criadas em leitegadas pequenas por padronização, a herdabilidade para tamanho de leitegada aumentaria de 10% para, talvez, 25%, com semelhante efeito no progresso genético para esta característica.

IRGANG et al. (1994b) e ALFONSO et al. (1994) sugeriram a utilização de avaliação genética multivariada, para estimar valores genéticos para prolificidade em suínos, quando primeira e segunda partições estiverem envolvidas.

Outro fator importante, segundo alguns autores, responsável pela falta de resposta à seleção para tamanho de leitegada, é o efeito causado pela seleção das características de produção. Segundo SKJERVOLD (1983), tem sido dada mais ênfase às características de produção nos programas de melhoramento. Por causa

da correlação genética negativa entre tais características e o tamanho de leitegada, o diferencial de seleção realizado para tamanho de leitegada pode, em algumas populações, ser até mesmo menor que aquele sob seleção natural.

Outra maneira de melhorar o tamanho de leitegada por seleção, que tem sido a esperança de muitos pesquisadores, é por meio da seleção para hiperprolificidade. A idéia, como primeiro apresentada e discutida, teoricamente, por LEGAULT e GRUAND (1976), é selecionar cachaaos da progênie de porcas com extrema prolificidade e retrocruzá-los com porcas também hiperprolíficas, ou seja, aquelas porcas que produzem não apenas grande leitegada, mas uma sucessão delas. Repetindo este cruzamento várias vezes, o mérito genético médio dos cachaaos para prolificidade alcançaria progressivamente o nível genético das porcas hiperprolíficas usadas a cada geração. Evidentemente, a escolha deste nível é crucial para a resposta esperada do programa, e quanto maior a população de porcas controladas, maior seria o ganho em prolificidade (OLLIVIER, 1982). Ganhos genéticos de 0,7 leitão por leitegada foram relatados por BIDANEL et al. (1994), após 20 anos de seleção com animais hiperprolíficos, e de 1,8 leitão por leitegada (JOHNSON, 1992), após nove gerações de seleção para aumento da taxa ovulatória, seguidas de oito gerações para aumento do número de leitões nascidos por leitegada, indicando que número de leitões nascidos por leitegada responde à seleção.

MERCER e HOSTE (1994) relataram a utilização de porcos chineses na França, a partir de 1983, com o objetivo de melhorar tamanho de leitegada.

YOUNG (1994) sugeriu que informações adicionais são necessárias em tamanho de leitegada, em parições posteriores, em características de crescimento e carcaça da progênie, especialmente de marrãs de primeiro cruzamento, antes que recomendações possam ser feitas sobre o uso apropriado das raças chinesas na produção comercial.

ROSO e SEVERO (1997) citam que o cachaaço pai da leitegada é importante fonte de variação para número de leitões nascidos vivos. Por isso, se o objetivo é maximizar o tamanho de leitegada, deve-se considerar a prolificidade do cachaaço em serviço.

IRGANG et al. (1997) concluíram que os ganhos genéticos no número de leitões nascidos vivos por leitegada, em fêmeas Landrace e Large White, foram positivos porém pequenos, indicando que pouca intensidade de seleção foi aplicada para o melhoramento desta característica. Eles sugerem, então, a adoção de técnicas modernas de avaliação genética, e esforço contínuo de seleção pelos criadores e melhoristas de suínos para a obtenção de maiores ganhos genéticos.

ROEHE e KENNEDY (1993b), comparando modelo completo (incluindo efeitos genéticos direto mais materno) com modelo aproximado (sem efeito materno), relataram que a longo prazo, é esperado um aumento no viés das estimativas das tendências genéticas e ambientais para a característica tamanho de leitegada ao nascimento, quando se usa o modelo aproximado, concluindo que os efeitos genéticos maternos são importantes na população, portanto deve-se implementar um modelo animal completo para se trabalhar a longo prazo em programas de melhoramento.

Esforços da genética molecular para melhorar tamanho de leitegada já têm sido relatados. Há pequenas evidências de “major gene” (gene de grande efeito) influenciando no tamanho de leitegada em suínos (RATHJE et al., 1993).

ROTHSCHILD et al. (1994) citam que a identificação de genes individuais ou marcadores genéticos associados com tamanho de leitegada em porcos poderia ter grande impacto econômico na indústria suína. Argumentam ainda que, o polimorfismo genético pode ser desenvolvido em programas de seleção assistidos por marcadores, para melhorar eficiência reprodutiva. Estes autores relataram a descoberta de um “major gene” para tamanho de leitegada, associado com o polimorfismo do gene receptor de estrógeno, o qual teve efeito significativo no aumento do número de leitões nascidos e números de leitões nascidos vivos, à primeira leitegada, da ordem de 1,5 e 1,0 respectivamente.

Investigando dois genes candidatos (*Retinoic Acid Receptor-Gamma e Retinol-Binding Protein 4*), que se expressam durante um período da gestação em suínos, MESSER et al. (1996), sugeriram que ambos os genes podem ser utilizados para avaliar o aumento do tamanho de leitegada em suínos.

RATHJE et al. (1997) contaram 55 marcadores de microssatélites em uma população  $F_2$  de suínos, desenvolvida na Universidade de Nebraska. Encontraram efeito de locos de característica quantitativa (QTL) para taxa de ovulação em três cromossomos, porém não encontraram efeito de QTL para tamanho de leitegada ou leitões mumificados, e sugerem que mais estudos sejam desenvolvidos em seleção assistida por marcadores.

#### **2.4. Correlações genéticas e fenotípicas**

No processo de decisão sobre quais características serão avaliadas num programa de melhoramento, as correlações genéticas e fenotípicas existentes entre as características de valor econômico têm que ser levadas em conta, uma vez que a seleção exercida sobre determinada característica poderá influenciar outras características. Portanto, é importante que se conheçam estas correlações, para que se possa planejar melhor as estratégias de seleção em programas de melhoramento de qualquer espécie.

O tamanho e o peso de leitegada em suínos são correlacionados favoravelmente (genética e fenotipicamente), ou seja, maiores leitegadas ao nascer resultam em maiores pesos de leitegada ao nascer e aos 21 dias de idade (ALVES, 1986).

Estudando porcas mestiças, NICOLAO (1982) encontrou peso de leitegada ao nascer e aos 21 dias de idade, correlacionado positivamente com o ganho de peso de leitegada ( $r_g = 0,75$  e  $r_p = 0,98$ , respectivamente), observou, ainda, que o aumento no número de leitões ao nascimento está associado ao aumento na porcentagem de natimortos ( $r_g = 1,4$  e  $r_p = 0,34$ ). POND et al. (1960) também observaram aumento do número de natimortos à medida que aumentava o número de leitões ao nascimento.

Segundo UPNMOOR (1984), as correlações genéticas entre tamanho de leitegada e peso médio dos leitões foram altas e negativas  $-0,86$  e  $-0,50$ , respectivamente, ao nascimento e aos 21 dias de idade. Verificou também que à

medida em que aumentava o tamanho de leitegada ao nascimento, aumentavam as taxas de mortalidade do nascimento aos 21 dias de idade ( $r_g = 0,33$ ) e do nascimento à desmama ( $r_g = 0,35$ ).

MILAGRES et al. (1981d) observaram correlações genéticas e fenotípicas positivas entre o peso de leitegada ao nascer e o tamanho de leitegada ao nascer ( $r_g = 0,63$  e  $r_p = 0,72$ ) e aos 21 dias ( $r_g = 0,66$  e  $r_p = 0,72$ ) porém encontraram correlações negativas dessa característica com o peso médio do leitão ao nascer ( $r_g = -0,28$  e  $r_p = -0,27$ ) e aos 21 dias ( $r_g = -0,64$  e  $r_p = 0,72$ ). PARK e KIM (1986) relataram correlações genéticas entre tamanho e peso de leitegada ao nascimento positivas e altas nas quatro raças, Duroc, Landrace, Hampshire e Yorkshire.

Segundo SILVA (1988), o aumento no tamanho de leitegada ao nascer está associado ao aumento no peso de leitegada ao nascer ( $r_g = 0,63$  e  $r_p = 0,71$ ) e aos 21 dias de idade ( $r_g = 0,69$  e  $r_p = 0,61$ ) e também ao aumento no tamanho de leitegada aos 21 dias de idade ( $r_g = 0,80$  e  $r_p = 0,75$ ), além de maiores taxas de natimortalidade ( $r_g = 0,27$  e  $r_p = 0,18$ ) e mortalidade ( $r_g = 0,95$  e  $r_p = 0,90$ ).

Existe alta associação entre tamanho, peso e mortalidade da leitegada, graças às correlações entre estas características. Quanto menor for o peso ao nascimento dos leitões, maior será a taxa de mortalidade. Com base nas correlações encontradas, SIEWERDT et al. (1993) concluíram que leitegadas numerosas tendem a apresentar maior número de leitões mortos e que leitegadas mais pesadas tendem a apresentar menor número de leitões mortos.

BARBOSA et al. (1997), avaliando as características peso do leitão ao nascer, aos 21 e aos 42 dias de idade, encontrou estimativas de herdabilidade para o peso do leitão aos 21 dias de idade maiores que as demais, esperando-se maior progresso genético para esta característica, caso a seleção seja feita para cada característica isoladamente. Porém, a alta correlação genética positiva entre as características (0,83 a 0,87) demonstra que qualquer que seja a característica selecionada, obtêm-se ganhos simultaneamente nas demais características.

## 2.5. Efeito materno

Nos mamíferos, as mães exercem efeito maior que os pais sobre o fenótipo dos descendentes, pois além da contribuição genética, elas podem influenciar a progênie por meio do ambiente que lhe proporciona. Assim, as características de crescimento, principalmente até o desmame, são determinadas por dois genótipos: o do próprio animal (efeito genético direto) e o de sua mãe (efeito genético materno).

Efeito materno pode ser definido, segundo HOHENBOKEN (1985), como qualquer contribuição, influência ou impacto no fenótipo de um indivíduo atribuível diretamente ao fenótipo de sua mãe. Excluindo-se, então, as influências dos genes nucleares herdados pelo indivíduo da mãe. Efeito materno no fenótipo da descendência pode ser causado por diferenças genéticas ou ambientais entre as mães, ou ainda, como ocorre com a maioria das características de importância econômica, este efeito pode ser causado pela combinação das diferenças genéticas e ambientais. Assim, efeito materno tem propriedades genéticas, herdabilidade, repetibilidade e correlações genéticas com outras características de interesse na produção animal. Efeito materno pode ser exercido à fertilização, durante a gestação ou durante a lactação. Eles podem ser transitórios, mas também podem persistir ao longo da vida, e podem ser exercidos por meio de grande variedade de mecanismos biológicos.

Considerando-se que  $P_x$  representa o valor fenotípico do indivíduo X, e é influenciado por efeito materno, WILLHAM (1972) particiona de maneira simplificada  $P_x$  em outros componentes como dado a seguir.

Assume-se, então, que  $P_x$  é composto aditivamente de dois valores fenotípicos, um sendo influenciado pelo valor genotípico de X e o outro pelo valor genotípico da mãe de X, representada por W. Representando os efeitos direto e materno por “d” e “m”, respectivamente, então

$$P_x = P_{dx} + P_{mw}$$

em que  $P_{dx}$  é o valor fenotípico para o efeito genético direto e  $P_{mw}$  é o valor fenotípico para o efeito materno. Fracionando o valor fenotípico nos componentes genético e ambientais, tem-se:

$$P_{dx} = G_{dx} + E_{dx}$$

$$P_{mw} = G_{mw} + E_{mw}$$

O fenótipo do indivíduo X, filho da mãe W pode, então, ser representado por:

$$P_x = G_{dx} + E_{dx} + G_{mw} + E_{mw}$$

em que

$G_{dx}$  = valor genotípico de X para o efeito direto;

$E_{dx}$  = valor ambiental de X para o efeito direto;

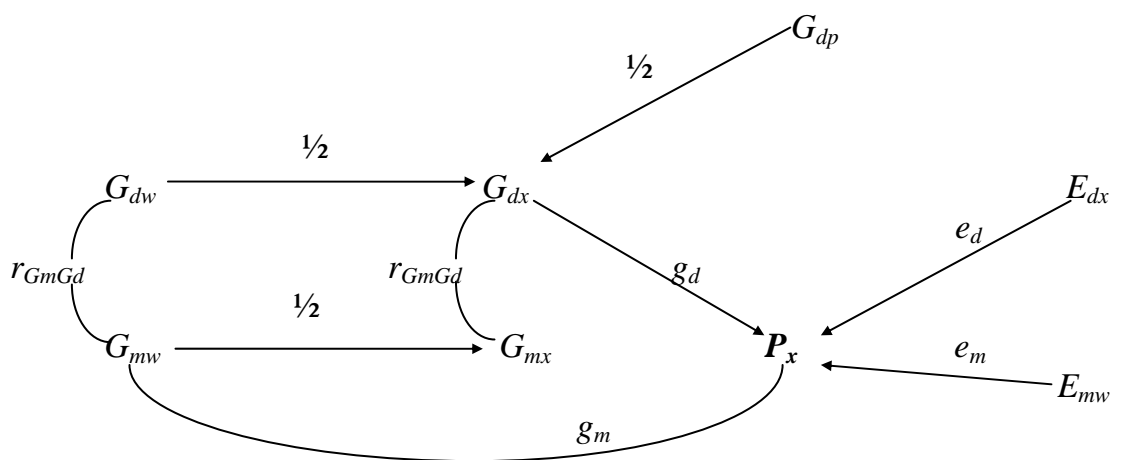
$G_{mw}$  = valor genotípico da mãe W para o efeito materno (herdável);

$E_{mw}$  = valor ambiental de W para o efeito materno, como ração, manejo, efeitos permanentes de meio, etc. (não herdável).

Considerando ainda a existência de covariância entre os efeitos direto e materno ( $\sigma_{GdGm}$ ), a variância fenotípica do indivíduo X pode ser descrita como segue:

$$V(P_x) = \sigma_{Gd}^2 + \sigma_{Gm}^2 + \sigma_{GdGm} + \sigma_{Ed}^2 + \sigma_{Em}^2$$

Podendo ainda ser representado pelo seguinte diagrama (adaptado de WILLHAM, 1972):



em que

$G_{dw}$  = valor genotípico da mãe W para o efeito direto;  
 $G_{mx}$  = valor genotípico de X para o efeito materno;  
 $G_{dp}$  = valor genotípico do pai P para o efeito direto;  
 $g_d$  = efeito genético aditivo direto;  
 $g_m$  = efeito genético aditivo materno;  
 $r_{GmGd}$  = correlação entre os efeitos genéticos direto e materno;  
 $e_d$  = efeito do ambiente direto;  
 $e_m$  = efeito do ambiente materno; e  
demais termos definidos anteriormente.

Um método para estimar o efeito materno, assim como para estimar o efeito direto, é baseado no modelo de WILLHAN (1963), que derivou a covariância entre diferentes tipos de parentes na presença de efeito materno. Esse método consiste em se obter componentes de variância e covariância, observados para vários grupos de parentes, por meio da Análise de Variância, igualando-se as esperanças de quadrados médios - E(QM), aos quadrados médios - QM, e, em seguida, os componentes de variância e covariância são igualados às suas respectivas esperanças teóricas em termos de componentes causais ( $\sigma_{Gd}^2$ ,  $\sigma_{Gm}^2$ ,  $\sigma_{GdGm}$ , etc.), derivadas por FOULLEY e LEFORT (1978).

Segundo HOHENBOKEN (1985), os efeitos maternos de interesse na produção animal são o efeito materno pré-natal, transferência de anticorpos maternos para a descendência e efeito materno pós-natal.

Nas espécies que se propagam por fecundação cruzada, o embrião é formado quando o gameta feminino se une ao gameta masculino. Na grande maioria das espécies, o gameta feminino é fisicamente maior que o gameta masculino, e fornece o citoplasma para o desenvolvimento do embrião. Dentro deste citoplasma estão fatores que foram produzidos a partir dos genes nucleares da fêmea, os quais podem ter efeitos específicos diretos no embrião em desenvolvimento. O citoplasma feminino contribui com a mitocôndria para as espécies animais. Estas organelas contêm DNA e controlam certas características na descendência. As mitocôndrias são as organelas citoplasmáticas onde ocorrem

a respiração celular e a síntese de energia, e essas reações ocorrem na membrana protéica da mitocôndria, que é parcialmente ou completamente codificada por genes mitocondriais. Mas não apenas o efeito materno na formação embrionária é de interesse, como também a influência deste efeito materno ao longo de toda a vida do animal.

Enquanto a influência do pai em sua descendência ocorre apenas por meio dos genes transmitidos pela célula espermática, a mãe pode influenciar sua prole tanto pelo ambiente materno, como pela célula ovo. Este efeito ambiental da mãe é referido como influência materna. Vários fatores podem ser responsáveis por esta influência, que pode ser atribuída ao citoplasma da célula ovo, ambiente intra-uterino ou ambiente pós-natal. A influência da mãe em sua prole jovem, por meio de nutrientes providos do útero e das glândulas mamárias, foi reconhecida como um caso especial da ação conjunta de genótipo e ambiente. Assim, a expressão do genótipo da mãe foi reconhecido como influência ambiental nos animais jovens (ROBISON, 1972).

O efeito materno deve-se, principalmente, ao ambiente uterino durante a gestação, e ao suprimento de leite e cuidados fornecidos pela mãe do parto até o desmame. Dentre estes, a produção de leite da mãe parece ser o mais importante (MEYER et al., 1994) e é um dos mais estudados.

STORMONT (1972) discutiu imunidade passiva em animais recém-nascidos, que é o resultado de moléculas de gama globulina, recebidas de suas mães. Imunidade passiva é muito importante para sobrevivência do animal jovem e, como outros efeitos maternos, sua influência diminui com o avanço da idade do animal que passa a produzir seus próprios anticorpos. Primatas e porquinhos-da-Índia recebem anticorpos via placenta, antes do nascimento, e bovinos, suínos e eqüídeos, recebem anticorpos via colostro, após o nascimento.

Segundo SILIÓ et al. (1994), o efeito aditivo materno é o mais importante componente de variação no peso dos leitões aos 21 dias, quando o leite da mãe for o único alimento disponível para os leitões.

Com base em estudos com padronização de leitegadas, em espécies de laboratório por LEGATES (1972), e em suínos, relatados por CUNDIFF (1972),

os autores concluíram que o efeito materno tem papel importante no crescimento inicial pós-natal, e que esta influência diminui após a desmama, quando a influência de genes transmitidos para o animal tem efeito direto na taxa de crescimento.

Existe associação negativa entre efeitos genéticos direto e materno para tamanho de leitegada em suínos. Em geral, estimativas de herdabilidade para tamanho de leitegada são baixas, e a correlação genética negativa entre os efeitos genéticos materno (ou efeito ambiental comum) e direto poderia explicar uma parte destes resultados (ROBISON, 1972). LASLEY (1957), citado por ROBISON (1972), relatou que os componentes maternos são maiores que os componentes de reprodutor para taxa de ovulação em suínos, sugerindo assim a existência de efeito materno para esta característica.

BRADFORD et al. (1958), usando dados de cruzamento entre seis linhas consangüíneas em suínos, encontraram correlação negativa entre os efeitos genéticos direto e materno: -0,4 para peso à desmama e -0,8 para peso aos cinco meses. Correlações genéticas altas e negativas entre estes efeitos também foram observadas em suínos, para características de leitegada por IRGANG et al. (1994b), IRGANG et al. (1994c).

ELER et al. (1989) avaliaram os efeitos genéticos direto e materno em peso de bovino da raça Nelore, e concluíram que o efeito materno contribui para a variação nos pesos ao nascer, aos 205 e 365 dias de idade. ELER e LOBO (1989) estabeleceram índices de seleção considerando estes dois efeitos para seleção de bovinos de corte, e compararam as respostas esperadas a curto e a longo prazo (cinco gerações) entre seleção para efeito direto, materno e direto mais materno. Concluíram que a seleção para efeito direto e materno não forneceu respostas superiores às que seriam obtidas na seleção para efeito direto. No entanto, a seleção de fêmeas para habilidade materna fornece menores respostas fenotípicas, em relação à seleção para efeito direto mais materno.

Em alguns trabalhos realizados com bovinos de corte, foi verificada a importância do efeito materno nas características de desempenho de bezerras até o desmame (KOCH, 1972, ALBUQUERQUE et al., 1993, ROHRER et al., 1994,

MAGNABOSCO et al., 1997 e QUEIROZ et al., 1995). Já TESS e MacNEIL (1994) concluíram que o efeito genético citoplasmático não é importante fonte de variação para características de crescimento em bovinos.

POLASTRE et al. (1992) e LEDUR et al. (1994), estudando os efeitos genéticos direto e materno em características de produção em coelhos, concluíram que, mesmo após o desmame, o animal continua sob influência do efeito materno residual ocorrido até o desmame.

A existência de correlações genéticas negativas altas entre efeito direto e materno, para determinada característica, praticamente anula o progresso genético esperado pela seleção individual sobre o valor fenotípico das ninhadas de coelhos. Essas correlações negativas indicam antagonismo entre o efeito médio dos genes do desempenho direto da ninhada, com o efeito médio dos genes do desempenho materno (MATHERSON et al., 1974).

MARÍA et al. (1993) concluíram que o componente materno foi importante para peso da ovelha ao nascimento e ao desmame, porém, a variação no peso aos 90 dias pareceu não depender muito do efeito genético materno.

ROBISON (1972) cita que, em suínos, a correlação genética aparece positiva até a quarta semana de idade e, a partir de então, passa a ter valor negativo, possivelmente em função dos efeitos de ambiente pós-natal. Parece que influências ambientais pós-natal, associadas ao consumo compensatório do sistema de alimentação pré-inicial, contribui para covariância negativa entre crescimento do leitão e habilidade materna de sua mãe. Os trabalhos de Dickerson, revisados por ROBISON (1972), indicaram que a correlação genética, entre efeitos direto e materno, foi negativa para deposição de gordura, mas positiva para produção de carne magra.

Segundo BAAS et al. (1992), as estimativas de efeito genético materno mostraram que fêmeas Landrace foram superiores a fêmeas Hampshire para número de leitões nascidos, número de leitões nascidos vivos, peso de leitegada ao nascimento, peso de leitegada ajustado para os 21 dias e produção de leite aos dez dias de idade da leitegada.

Em suínos, ROBISON (1972) concluiu que há evidências substanciais de que os efeitos maternos são responsáveis por porção significativa da variância para muitas características, inclusive aquelas que se manifestam mais tarde na vida do animal, por exemplo, peso aos 140 dias, gordura na carcaça, taxa de ovulação e tamanho de leitegada. Cita também que existe relação negativa consistente entre efeitos genéticos direto e materno, e que é preciso ter muito cuidado, pois estas correlações negativas podem ser induzidas ambientalmente, resultado do manejo e, ou, práticas de acasalamento. Alerta, ainda, que algumas mudanças nas mensurações das características ou práticas de acasalamento talvez alterem estas correlações. BRYNER et al. (1992) constataram efeito materno significativo para espessura de toucinho ajustada para 104,5 kg e ganho de peso diário ajustado para animais de 36 kg.

Por outro lado, influência materna pode não ser atribuída ao ambiente, mas a outros fatores como herança citoplasmática. Efeitos do citoplasma tem recebido pouca atenção nos trabalhos com mamíferos. Contudo, há indicativos de que efeito citoplasmático existe. Foi sugerido que estes fatores operam por meio do RNA e síntese protéica (ROBISON, 1972).

Diversos autores têm encontrado correlações genéticas negativas entre efeito direto e materno para várias características e raças. Portanto, têm-se sugerido a inclusão do efeito materno nos modelos para estimação de parâmetros genéticos (NOBRE et al., 1988, POLASTRE et al., 1992, SOUZA et al., 1995, COBUCCI et al., 1997; etc.) e para avaliação genética (MATHERSON et al., 1974, NOBRE et al., 1988, ELER et al., 1989, DE LOS REYES et al., 1994, ROSO, 1997, etc.).

ROBISON (1972) relata que, enquanto os efeitos maternos já foram demonstrados, os mecanismos pelo qual eles operam ainda não são bem conhecidos. Por exemplo, produção de leite é geralmente assumida como um importante exemplo da influência materna. Apenas pequena percentagem da variância entre leitegadas para peso à desmama pode ser atribuída a diferenças na produção de leite. Portanto, mais estudos dos sistemas biológicos que constituem a influência materna são necessários.

BRADFORD (1972) relata a necessidade de programas genéticos designados a melhorar o desempenho materno em caprinos, não apenas por causa da contribuição direta deste componente, mas também pelo aparente efeito do ambiente materno na expressão da variação genética na taxa de crescimento. Sugere ainda maior ênfase no desenvolvimento de linhas fêmeas especializadas com desempenho materno superior.

Segundo WILLHAM (1972), há a possibilidade de que o efeito materno, que se expressa na descendência, possa ser influenciado pela mãe da matriz, contribuindo também com seu efeito materno. Tais considerações induzem a especulações sobre a pequena mas talvez importante contribuição de todas as mães antepassadas no pedigree do animal.

ROEHE e KENNEDY (1993a) relataram que o efeito genético materno influencia a resposta pela seleção direta para tamanho de leitegada ao nascimento, e que as estimativas de tendências genéticas e ambientais para tamanho de leitegada são viesadas quando o efeito materno é ignorado. Estudos de simulação indicaram que correlações genéticas negativas, entre efeitos aditivos direto e materno, podem reduzir a resposta do tamanho de leitegada após várias gerações de seleção. Acrescentam ainda a importância da utilização do pedigree completo, para se ter alta separação dos valores genéticos estimados dos componentes direto e materno.

Segundo ALBUQUERQUE e FRIES (1997), o estudo dos efeitos genéticos direto e materno ainda requer esforço concentrado de investigação, inclusive por meio de planejamento de delineamentos eficazes.

## **2.6. Efeito permanente de meio**

Muitas características importantes na produção animal se expressam mais de uma vez ao longo da vida do indivíduo. Alguns exemplos são a produção de leite por lactação em bovinos ou caprinos, produção de lã em ovelhas, tamanho de leitegada em suínos, etc.

Nas características que se expressam apenas uma vez na vida do indivíduo, peso ao nascimento ou ao desmame por exemplo, a variância fenotípica é determinada por diferenças genotípicas ( $\sigma_G^2$ ) e ambientais ( $\sigma_E^2$ ). A variância genotípica é composta das porções genética aditiva ( $\sigma_A^2$ ), de dominância ( $\sigma_D^2$ ) e de epistasia ( $\sigma_I^2$ ). Para características que ocorrem mais de uma vez, esta partição pode ser expandida. Os componentes genéticos são os mesmos, mas as fontes de variações ambientais podem ser de dois tipos: as que influem no fenótipo a cada vez que a característica se expressa são as fontes permanentes ( $\sigma_{Ep}^2$ ), e as que não estão presentes em todas as mensurações são chamadas temporárias ( $\sigma_{Et}^2$ ). Assim, a variação fenotípica pode então ser fracionada da seguinte forma:

$$V_P = \sigma_G^2 + \sigma_E^2 = \sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \sigma_I^2 + \sigma_{Ep}^2 + \sigma_{Et}^2 .$$

Pela definição de HOHENBOKEN (1985), repetibilidade é a porção da variância fenotípica ( $V_P$ ) total para uma característica atribuível a diferenças permanentes entre os indivíduos.

A escolha de modelos estatísticos contendo fontes de variações importantes, como os efeitos permanentes de meio, pode ser fator decisivo para se estimar com menor viés os valores genéticos dos indivíduos de uma população, e, assim, o progresso genético alcançado certamente será maior do que se essas causas de variações fossem simplesmente ignoradas.

Recomenda-se a predição do valor genético dos indivíduos e a estimação de parâmetros genéticos da população, incluindo os efeitos permanentes de meio no modelo, a fim de eliminar ou reduzir o viés que esses efeitos poderiam causar na avaliação genética animal.

## **2.7. Tendências genéticas**

O aumento da produtividade dos rebanhos brasileiros é meta que demanda esforço constante dos pesquisadores em melhoramento animal. A

seleção e uso de animais geneticamente superiores têm conduzido a mudanças positivas nas médias das características produtivas e reprodutivas. No entanto, à medida que eficiência se torna componente de fundamental importância no sistema de produção, torna-se necessário avaliar o progresso alcançado no decorrer do tempo. O monitoramento do progresso genético deve ser realizado em cada espécie e raça, pois o conhecimento da evolução genética de uma população tem importância não só para proceder os ajustes necessários, mas, também, para avaliar o resultado do programa de seleção adotado. A tendência genética é medida que permite avaliar a mudança ocasionada pelo processo de seleção, em determinada característica, ao longo dos anos.

Para CHENETTE et al. (1982), as alterações que a seleção produz na composição genética de um rebanho são difíceis de serem quantificadas. Entretanto, alguns métodos permitem a identificação de causas responsáveis pelas mudanças na média da população, como resultado de variações no mérito genético e das condições de ambiente.

É interessante observar que correlação negativa parece existir entre as mudanças genéticas e de ambiente, tendo em vista que, em contraposição à alta mudança genética, existe mudança ambiental negativa (Van VLECK, 1982).

A utilização de grupos controles e a adoção de esquema de seleção divergente são procedimentos propostos por HILL (1972a e 1972b) para remover a influência ambiental. Porém estes dois procedimentos são muito difíceis de serem estabelecidos, principalmente em razão do custo de se manter populações-controladas.

SORENSEN e KENNEDY (1984), usando dados simulados, demonstraram que, sob determinadas condições, as equações de modelos mistos dispensam o uso de populações-controladas como meio para decompor adequadamente a tendência fenotípica em seus componentes genéticos e ambientais. Segundo os autores, se as variâncias das características antes da seleção forem conhecidas, se a seleção for uma função linear dos dados e se a matriz de parentesco for completa, a tendência genética pode ser estimada por meio da metodologia de modelos mistos.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Instalações, alimentação e manejo dos animais

Os dados utilizados neste trabalho são provenientes de animais da empresa COOPERCENTRAL, situada no município de Chapecó-SC, das raças Duroc, Landrace e Large White. Os animais da raça Duroc são provenientes de uma granja com capacidade de 120 matrizes. Os animais das raças Landrace e Large White são provenientes de duas granjas com capacidade de 160 e 240 matrizes cada. As informações referem-se ao período de 1995 a 1998.

Ao nascimento, os leitões foram submetidos ao seguinte manejo: corte dos dentes, mossagem, pesagem e aplicação de ferro dextrano. Foi também realizada a padronização das leitegadas, sendo as transferências feitas somente dentro das raças. A partir do décimo dia até uma semana após o desmame, os leitões recebiam ração pré-inicial. A maioria dos animais foi pesada aos 21 dias de idade, os animais que por algum motivo não foram pesados aos 21 dias tinham seus pesos ajustados para esta idade de acordo com a seguinte fórmula:

$$PAD = (((POD - 1,4) * 21) / ID) + 1,4$$

em que

PAD = peso ajustado do leitão para 21 dias;

POD = peso observado do leitão na pesagem à aproximadamente 21 dias;

ID = idade do leitão no dia da pesagem; e

1,4 = peso padrão adotado para o peso ao nascer.

O desmame foi feito entre 24 e 28 dias de idade, não sendo feita a pesagem ao desmame.

Após o desmame os animais foram levados para creche, classificados por peso e colocados em baias para 20 animais. As baias possuíam 20% do piso ripado, onde se localizavam os bebedouros, e 80% de piso de concreto sólido com cobertura escamoteável e lâmpada para o aquecimento dos animais nas primeiras semanas de creche, principalmente no inverno. Da segunda semana até o final da creche os animais recebiam ração inicial à base de milho e soja. Os pesos foram ajustados para 70 dias (CORRÊA DA COSTA, 1999).

Nessa idade foi feita a seleção dos animais para o teste, com base no seguinte índice:

$$I70 = 49 + NNV + 0,25 * PLD + 0,95 * PA70$$

I70 = índice de seleção do leitão no final da fase de creche;

NNV = número de leitões nascidos vivos da mãe do leitão;

PLD = peso da leitegada amamentada pela mãe legítima do leitão; e

PA70 = peso do leitão ajustado para 70 dias.

Após a seleção os animais foram transferidos para o local de teste, separados por sexo e peso, e colocados em baias coletivas com oito animais por baía. Na fase de teste receberam ração de crescimento à base de milho e soja. Próximo aos 140 dias de idade foram pesados, e a espessura de toucinho medida na altura da garupa a 5 cm da linha dorsal mediana, utilizando aparelho de ultrassom.

As características reprodutivas estudadas foram: tamanho da leitegada ao nascer (TLN), tamanho de leitegada ao desmame (TLD), peso da leitegada ao

nascer (PLN), peso da leitegada corrigido para os 21 dias de idade (PL21), e taxa de mortalidade do nascimento ao desmame (TM).

### **3.2. Dados**

O banco de dados final foi preparado com base em dois arquivos iniciais. Num primeiro arquivo, onde estão registrados todos os animais nascidos vivos, foi incluída a característica peso do leitão ao nascimento, digitada a partir das fichas de campo, e posteriormente, por meio de programas em linguagem FORTRAN, foi calculado o peso da leitegada ao nascer de cada porca e, finalmente, esta característica foi anexada ao segundo arquivo, que continha as demais características de interesse. O “software” SAEG 7.1 (EUCLYDES, 1997) também foi utilizado para preparar o arquivo final, o qual foi utilizado para as demais análises.

O número de leitegadas avaliadas, por característica e raça, é apresentado na Tabela 1, bem como o número de animais que constituíam o arquivo de “pedigree”.

### **3.3. Análises e modelos**

As estimativas dos componentes de (co)variância e dos parâmetros genéticos foram obtidas pelo programa MTDFREML (“*Multiple Trait Derivative-Free Restricted Maximum Likelihood*”), descrito por BOLDMAN et al. (1995), que utiliza a metodologia da máxima verossimilhança restrita livre de derivadas (DFREML). O MTDFREML utiliza o algoritmo simplex para localizar o mínimo de  $-2 \log_e L$  ( $L$  = função de verossimilhança), e os componentes de (co)variância que minimizam a função  $-2 \log_e L$  são estimativas de máxima verossimilhança. As herdabilidades estimadas e valores genéticos preditos

Tabela 1 – Número de registros analisados e de animais no arquivo de pedigree, por característica e raça

	Características				
	PLN	PL21	TLN	TLD	TM
		Duroc			
Nº de leitegadas	604	554	604	554	559
Nº de porcas	335				
Nº de animais no arquivo de “pedigree”	6843				
		Landrace			
Nº de leitegadas	699	688	727	656	715
Nº de porcas	367				
Nº de animais no arquivo de “pedigree”	8655				
		Large White			
Nº de leitegadas	1012	938	1045	918	1007
Nº de porcas	518				
Nº de animais no arquivo de “pedigree”	11185				

foram obtidos a partir destes componentes de variância, utilizando a metodologia de modelos mistos.

Foi utilizado como critério de convergência a variância dos valores do simplex ( $-2\log_e$  de verossimilhança) inferior a  $10^{-9}$ . Após cada convergência o programa foi reiniciado, usando as estimativas obtidas anteriormente como valores iniciais. Este procedimento então foi repetido até que as diferenças entre as estimativas, das duas últimas convergências, fossem menor que  $10^{-5}$ .

As análises foram conduzidas utilizando-se quatro modelos com diferentes combinações de efeitos aleatórios:

$$\text{Modelo 1: } \tilde{y} = X \tilde{b} + Z_1 \tilde{d} + \tilde{e};$$

$$\text{Modelo 2: } \tilde{y} = X \tilde{b} + Z_1 \tilde{d} + Z_2 \tilde{m} + \tilde{e};$$

$$\text{Modelo 3: } \tilde{y} = X \tilde{b} + Z_1 \tilde{d} + Z_3 \tilde{p} + \tilde{e};$$

$$\text{Modelo 4: } \tilde{y} = X \tilde{b} + Z_1 \tilde{d} + Z_2 \tilde{m} + Z_3 \tilde{p} + \tilde{e}$$

em que

$\tilde{y}$  = vetor de observações;

$X$  = matriz de incidência de efeitos fixos;

$\tilde{b}$  = vetor de efeitos fixos;

$Z_1$  = matriz de incidência de efeitos genéticos aditivos diretos;

$\tilde{d}$  = vetor de efeitos genéticos aditivos diretos;

$Z_2$  = matriz de incidência de efeitos genéticos aditivos maternos;

$\tilde{m}$  = vetor de efeitos genéticos aditivos maternos;

$Z_3$  = matriz de incidência de efeitos permanentes de meio (efeitos comuns para leitegadas);

$\tilde{p}$  = vetor de efeitos permanentes de meio (efeitos comuns para leitegadas);

$\tilde{e}$  = vetor de efeito residual.

Admitindo-se que  $\tilde{y}$  tenha distribuição normal multivariada, têm-se

Modelo 1:

$$\begin{bmatrix} \tilde{y} \\ \tilde{d} \\ \tilde{e} \end{bmatrix} \sim \left\{ \begin{bmatrix} X\tilde{b} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \begin{bmatrix} V & Z_1D & R \\ DZ_1' & D & \\ R & & R \end{bmatrix} \right\}$$

em que  $V = Z_1DZ_1' + R$ ;

Modelo 2:

$$\begin{bmatrix} \tilde{y} \\ \tilde{d} \\ \tilde{m} \\ \tilde{e} \end{bmatrix} \sim \left\{ \begin{bmatrix} X\tilde{b} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \begin{bmatrix} V & Z_1D + Z_2C & Z_2M + Z_1C & R \\ DZ_1' + CZ_2' & D & C & \phi \\ MZ_2' + CZ_1' & C & M & \phi \\ R & \phi & \phi & R \end{bmatrix} \right\}$$

em que  $V = Z_1DZ_1' + Z_2MZ_2' + Z_1CZ_2' + Z_2CZ_1' + R$ ;

Modelo 3:

$$\begin{bmatrix} y \\ \tilde{d} \\ \tilde{p} \\ \tilde{e} \end{bmatrix} \sim \left\{ \begin{bmatrix} \mathbf{Xb} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \begin{bmatrix} \mathbf{V} & \mathbf{Z}_1\mathbf{D} & \mathbf{Z}_3\mathbf{P} & \mathbf{R} \\ \mathbf{DZ}'_1 & \mathbf{D} & \phi & \phi \\ \mathbf{PZ}'_3 & \phi & \mathbf{P} & \phi \\ \mathbf{R} & \phi & \phi & \mathbf{R} \end{bmatrix} \right\}$$

em que  $\mathbf{V} = \mathbf{Z}_1\mathbf{DZ}'_1 + \mathbf{Z}_3\mathbf{PZ}'_3 + \mathbf{R}$ ;

Modelo 4:

$$\begin{bmatrix} y \\ \tilde{d} \\ \tilde{m} \\ \tilde{p} \\ \tilde{e} \end{bmatrix} \sim \left\{ \begin{bmatrix} \mathbf{Xb} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \begin{bmatrix} \mathbf{V} & \mathbf{Z}_1\mathbf{D} + \mathbf{Z}_2\mathbf{C} & \mathbf{Z}_2\mathbf{M} + \mathbf{Z}_1\mathbf{C} & \mathbf{Z}_3\mathbf{P} & \mathbf{R} \\ \mathbf{DZ}'_1 + \mathbf{CZ}'_2 & \mathbf{D} & \mathbf{C} & \phi & \phi \\ \mathbf{MZ}'_2 + \mathbf{CZ}'_1 & \mathbf{C} & \mathbf{M} & \phi & \phi \\ \mathbf{PZ}'_3 & \phi & \phi & \mathbf{P} & \phi \\ \mathbf{R} & \phi & \phi & \phi & \mathbf{R} \end{bmatrix} \right\}$$

em que  $\mathbf{V} = \mathbf{Z}_1\mathbf{DZ}'_1 + \mathbf{Z}_2\mathbf{MZ}'_2 + \mathbf{Z}_1\mathbf{CZ}'_2 + \mathbf{Z}_2\mathbf{CZ}'_1 + \mathbf{Z}_3\mathbf{PZ}'_3 + \mathbf{R}$ .

As covariâncias entre efeitos aditivos direto e materno foram admitidas nos modelos 2 e 4. As matrizes  $\mathbf{D}$ ,  $\mathbf{M}$ ,  $\mathbf{C}$ ,  $\mathbf{P}$ ,  $\mathbf{R}$  e  $\phi$  são dadas por:

$$\mathbf{D} = \mathbf{A} \otimes \mathbf{D}_0 = \mathbf{A} \otimes \begin{bmatrix} \sigma_{D1}^2 & \sigma_{D12} & \cdots & \sigma_{D1n} \\ \sigma_{D21} & \sigma_{D2}^2 & \cdots & \sigma_{D2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{Dn1} & \sigma_{Dn2} & \cdots & \sigma_{Dn}^2 \end{bmatrix};$$

$$\mathbf{M} = \mathbf{A} \otimes \mathbf{M}_0 = \mathbf{A} \otimes \begin{bmatrix} \sigma_{M1}^2 & \sigma_{M12} & \cdots & \sigma_{M1n} \\ \sigma_{M21} & \sigma_{M2}^2 & \cdots & \sigma_{M2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{Mn1} & \sigma_{Mn2} & \cdots & \sigma_{Mn}^2 \end{bmatrix};$$

$$C = A \otimes C_0 = A \otimes \begin{bmatrix} \sigma_{D1M1} & \sigma_{D1M2} & \cdots & \sigma_{D1Mn} \\ \sigma_{D2M1} & \sigma_{D2M2} & \cdots & \sigma_{D2Mn} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{DnM1} & \sigma_{DnM2} & \cdots & \sigma_{DnMn} \end{bmatrix};$$

$$P = I \otimes P_0 = I \otimes \begin{bmatrix} \sigma_{P1}^2 & \sigma_{P12} & \cdots & \sigma_{P1n} \\ \sigma_{P21} & \sigma_{P2}^2 & \cdots & \sigma_{P2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{Pn1} & \sigma_{Pn2} & \cdots & \sigma_{Pn}^2 \end{bmatrix};$$

$$R = I \otimes R_0 = I \otimes \begin{bmatrix} \sigma_{R1}^2 & \sigma_{R12} & \cdots & \sigma_{R1n} \\ \sigma_{R21} & \sigma_{R2}^2 & \cdots & \sigma_{R2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{Rn1} & \sigma_{Rn2} & \cdots & \sigma_{Rn}^2 \end{bmatrix};$$

$$\phi = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix},$$

em que

os subscritos 1 a n referem-se às características avaliadas;

$D_0$  = matriz de (co)variâncias genéticas aditivas diretas;

$M_0$  = matriz de (co)variâncias genéticas aditivas maternas;

$C_0$  = matriz de covariâncias genéticas aditivas entre os efeitos direto e materno;

$P_0$  = matriz de (co)variâncias atribuídas aos efeitos permanentes de meio (comuns de leitegada);

$R_0$  = é a matriz de (co)variâncias residuais;

$A$  = matriz de numeradores dos coeficientes de parentesco de Wright entre os indivíduos;

$\phi$  = matriz de zeros;

I = matriz identidade; e

$\otimes$  = operador produto direto

As estimativas das herdabilidades dos efeitos genéticos direto ( $\hat{h}_d^2$ ), genético materno ( $\hat{h}_m^2$ ), as correlações entre os efeitos genéticos aditivos direto e materno ( $r_{dm}$ ), e a proporção atribuída aos efeitos permanentes de meio ( $\hat{c}^2$ ) foram obtidas da seguinte maneira:

$$\hat{h}_d^2 = \frac{\hat{\sigma}_d^2}{\hat{\sigma}_f^2};$$

$$\hat{h}_m^2 = \frac{\hat{\sigma}_m^2}{\hat{\sigma}_f^2}; e$$

$$r_{dm} = \frac{\hat{\sigma}_{dm}}{\sqrt{\hat{\sigma}_d^2 \cdot \hat{\sigma}_m^2}}$$

$$\hat{c}^2 = \frac{\hat{\sigma}_p^2}{\hat{\sigma}_f^2}$$

A herdabilidade total dos efeitos genéticos aditivos ( $\hat{h}_T^2$ ) foi calculada de acordo com WILLHAM (1972):

$$\hat{h}_T^2 = (\hat{\sigma}_d^2 + 0,5\hat{\sigma}_m^2 + 1,5\hat{\sigma}_{dm}) / \hat{\sigma}_f^2$$

em que

$\hat{\sigma}_d^2$  = estimador da variância atribuída aos efeitos genéticos diretos;

$\hat{\sigma}_m^2$  = estimador da variância atribuída aos efeitos genéticos maternos;

$\hat{\sigma}_{dm}$  = estimador da covariância entre os efeitos genéticos direto e materno;

$\hat{\sigma}_p^2$  = estimador da variância dos efeitos permanentes de meio; e

$\hat{\sigma}_f^2$  = estimador da variância fenotípica.

As equações de modelos mistos de Henderson para os quatro modelos são dadas por:

Modelo 1:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{X}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{X} & \mathbf{X}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z}_1 \\ \mathbf{Z}_1'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{X} & \mathbf{Z}_1'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z}_1 + \mathbf{D}^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{b}^0 \\ \tilde{\mathbf{d}} \\ \tilde{\mathbf{y}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{y} \\ \mathbf{Z}_1'\mathbf{R}^{-1}\tilde{\mathbf{y}} \end{bmatrix};$$

Modelo 2:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{X}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{X} & \mathbf{X}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z}_1 & \mathbf{X}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z}_2 \\ \mathbf{Z}_1'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{X} & \mathbf{Z}_1'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z}_1 + \mathbf{D}^{-1} & \mathbf{Z}_1'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z}_2 + \mathbf{C}^{-1} \\ \mathbf{Z}_2'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{X} & \mathbf{Z}_2'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z}_1 + \mathbf{C}^{-1} & \mathbf{Z}_2'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z}_2 + \mathbf{M}^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{b}^0 \\ \tilde{\mathbf{d}} \\ \hat{\mathbf{m}} \\ \tilde{\mathbf{y}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{y} \\ \mathbf{Z}_1'\mathbf{R}^{-1}\tilde{\mathbf{y}} \\ \mathbf{Z}_2'\mathbf{R}^{-1}\tilde{\mathbf{y}} \end{bmatrix};$$

Modelo 3:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{X}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{X} & \mathbf{X}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z}_1 & \mathbf{X}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z}_3 \\ \mathbf{Z}_1'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{X} & \mathbf{Z}_1'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z}_1 + \mathbf{D}^{-1} & \mathbf{Z}_1'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z}_3 \\ \mathbf{Z}_3'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{X} & \mathbf{Z}_3'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z}_1 & \mathbf{Z}_3'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z}_3 + \mathbf{P}^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{b}^0 \\ \tilde{\mathbf{d}} \\ \hat{\mathbf{p}} \\ \tilde{\mathbf{y}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{y} \\ \mathbf{Z}_1'\mathbf{R}^{-1}\tilde{\mathbf{y}} \\ \mathbf{Z}_3'\mathbf{R}^{-1}\tilde{\mathbf{y}} \end{bmatrix};$$

Modelo 4:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{X}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{X} & \mathbf{X}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z}_1 & \mathbf{X}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z}_2 & \mathbf{X}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z}_3 \\ \mathbf{Z}_1'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{X} & \mathbf{Z}_1'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z}_1 + \mathbf{D}^{-1} & \mathbf{Z}_1'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z}_2 + \mathbf{C}^{-1} & \mathbf{Z}_1'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z}_3 \\ \mathbf{Z}_2'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{X} & \mathbf{Z}_2'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z}_1 + \mathbf{C}^{-1} & \mathbf{Z}_2'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z}_2 + \mathbf{M}^{-1} & \mathbf{Z}_2'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z}_3 \\ \mathbf{Z}_3'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{X} & \mathbf{Z}_3'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z}_1 & \mathbf{Z}_3'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z}_2 & \mathbf{Z}_3'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z}_3 + \mathbf{P}^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{b}^0 \\ \tilde{\mathbf{d}} \\ \hat{\mathbf{m}} \\ \hat{\mathbf{p}} \\ \tilde{\mathbf{y}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{y} \\ \mathbf{Z}_1'\mathbf{R}^{-1}\tilde{\mathbf{y}} \\ \mathbf{Z}_2'\mathbf{R}^{-1}\tilde{\mathbf{y}} \\ \mathbf{Z}_3'\mathbf{R}^{-1}\tilde{\mathbf{y}} \end{bmatrix}.$$

Efeito fixo de grupo contemporâneo foi considerado nos modelos, sendo que para as raças Landrace e Large White foi constituído por rebanho, ano e estação de parição; para a raça Duroc considerava apenas os efeitos de ano e estação de parição. O efeito da covariável idade da porca à parição, linear (registros das três primeiras partições) para Duroc e quadrático (registros das quatro primeiras partições) para Landrace e Large White, foi incluído nos modelos. Estações de parição foram classificadas em: 1 (dezembro a fevereiro), 2 (março a maio), 3 (junho a agosto) e 4 (setembro a novembro).

### **3.4. Teste da razão de verossimilhança**

O logaritmo da função de verossimilhança ( $\log_e L$ ) foi utilizado para determinar os modelos mais apropriados para cada característica. Um efeito aleatório era considerado ter influência expressiva quando sua inclusão causava aumento significativo no  $\log_e$  de  $L$ . Para determinar o modelo mais adequado, o teste da razão de verossimilhança foi aplicado em modelos seqüencialmente reduzidos (RAO, 1973). A estatística do teste da razão de verossimilhança (RL) foi calculada para testar a significância de um modelo  $i$ , contendo um parâmetro adicional, comparado com um outro modelo  $j$ , no qual este parâmetro não estava presente. O valor foi então menos duas vezes o logaritmo natural da razão de verossimilhança, ou seja:

$$RL_{ij} = -2 \log_e (L_j/L_i) = 2 \log_e L_i - 2 \log_e L_j$$

em que

$L_j$  = máximo da verossimilhança restrita para o modelo  $j$ ; e

$L_i$  = máximo da verossimilhança restrita para o modelo  $i$ .

Comparou-se, então, o valor obtido para a estatística do teste da razão de verossimilhança (RL) com o valor do qui-quadrado ( $\chi^2_{\text{tab}}$ ) com um grau de liberdade, e procedeu-se às conclusões da seguinte maneira: se  $RL > \chi^2_{\text{tab}}$  = efeito tinha influência significativa. O nível máximo de significância utilizado foi 5%.

### **3.5. Tendências genéticas**

As tendências genéticas dos efeitos direto e materno foram calculadas pela regressão das médias dos valores genéticos preditos das características, em relação ao ano de nascimento das porcas. Os cálculos da regressão linear foram efetuados utilizando o “software” SAEG 7.1 (EUCLYDES, 1997).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Variabilidade entre raças

As médias e os desvios-padrão das características para cada raça são apresentados na Tabela 2. Destacam-se as médias de peso de leitegada ao nascimento (PLN), das raças Duroc e Landrace e as médias de peso da leitegada aos 21 dias (PL21), para as raças Landrace e Large White. Quanto a tamanho de leitegada ao nascimento (TLN) e ao desmame (TLD), as três raças apresentaram médias muito próximas. Entretanto, para as médias de taxa de mortalidade, a raça Large White foi a que apresentou o pior resultado.

### 4.2. Componentes de variância

As estimativas das variâncias genética aditiva direta ( $\hat{\sigma}_d^2$ ) e materna ( $\hat{\sigma}_m^2$ ), a covariância entre os efeitos genéticos direto e materno ( $\hat{\sigma}_{dm}$ ), a variância de efeitos permanentes de meio ( $\hat{\sigma}_p^2$ ), a variância residual ( $\hat{\sigma}_e^2$ ) e a variância fenotípica ( $\hat{\sigma}_f^2$ ), por característica e modelo, para cada raça, são apresentadas nas Tabelas 3, 4 e 5.

Tabela 2 – Número de suínos, médias e desvios padrão das características estudadas por raça

	Características				
	PLN (kg)	PL21 (kg)	TLN (Unid.)	TLD (Unid.)	TM (%)
	Duroc				
Média	15,38	45,23	9,32	8,63	8,14
Desvio padrão	3,64	11,15	2,21	1,59	10,85
N <sup>o</sup> de registros	604	554	604	554	559
N <sup>o</sup> de porcas	335				
N <sup>o</sup> animais para obtenção da A <sup>-1</sup>	6843				
	Landrace				
Média	15,22	54,27	9,54	8,91	8,37
Desvio Padrão	4,01	12,44	2,79	1,74	11,58
N <sup>o</sup> de registros	699	688	727	656	715
N <sup>o</sup> de porcas	367				
N <sup>o</sup> animais para obtenção da A <sup>-1</sup>	8655				
	Large White				
Média	13,00	53,79	9,46	9,05	9,30
Desvio Padrão	4,13	12,94	3,07	1,83	11,81
N <sup>o</sup> de registros	1012	938	1045	918	1007
N <sup>o</sup> de porcas	518				
N <sup>o</sup> animais para obtenção da A <sup>-1</sup>	11185				

A<sup>-1</sup> = inversa da matriz de numeradores dos coeficientes de parentesco de Wright entre os indivíduos.

Tabela 3 – Estimativas das variâncias genéticas aditivas diretas ( $\hat{\sigma}_d^2$ ), materna ( $\hat{\sigma}_m^2$ ), covariância entre os efeitos genéticos direto e materno ( $\hat{\sigma}_{dm}$ ), variância devido aos efeitos permanentes de meio ( $\hat{\sigma}_p^2$ ), variância residual ( $\hat{\sigma}_e^2$ ) e variância fenotípica ( $\hat{\sigma}_f^2$ ), por característica e modelo para a raça Duroc

Modelos e Características	$\hat{\sigma}_d^2$	$\hat{\sigma}_m^2$	$\hat{\sigma}_{dm}$	$\hat{\sigma}_p^2$	$\hat{\sigma}_e^2$	$\hat{\sigma}_f^2$
Modelo 1						
PLN	1,96126	--	--	--	9,53393	11,49519
PL21	18,64209	--	--	--	97,82141	116,46350
TLN	0,87791	--	--	--	3,80844	4,68635
TLD	0,39437	--	--	--	2,10813	2,50251
TM	10,91305	--	--	--	97,89822	108,81127
Modelo 2						
PLN	1,11709	0,61405	0,24745	--	9,57289	11,55148
PL21	17,85110	0,01156	0,45412	--	98,14040	116,45719
TLN	0,26096	0,38777	0,16396	--	3,89121	4,70390
TLD	0,45414	0,05940	-0,05196	--	2,08812	2,49625
TM	15,94415	0,79135	-3,55210	--	95,43291	108,61632
Modelo 3						
PLN	1,60973	--	--	0,58246	9,26422	11,45641
PL21	10,73203	--	--	12,71780	92,14261	115,59243
TLN	0,61392	--	--	0,37136	3,66820	4,65348
TLD	0,30503	--	--	0,15007	2,03878	2,49388
TM	8,48048	--	--	7,35415	93,00218	108,83681
Modelo 4						
PLN	0,59519	0,39600	0,48549	1,34356	9,69674	12,51698
PL21	9,55288	0,02733	0,51098	13,91160	92,11899	116,12183
TLN	0,12886	0,29563	0,19518	0,47431	3,68051	4,77449
TLD	0,34239	0,00132	-0,02126	0,12865	2,04074	2,49184
TM	11,69347	0,25961	-1,74233	5,91135	93,11099	109,23308

Tabela 4 - Estimativas das variâncias genéticas aditivas diretas ( $\hat{\sigma}_d^2$ ), materna ( $\hat{\sigma}_m^2$ ), covariância entre os efeitos genéticos direto e materno ( $\hat{\sigma}_{dm}$ ), variância devido aos efeitos permanentes de meio ( $\hat{\sigma}_p^2$ ), variância residual ( $\hat{\sigma}_e^2$ ) e variância fenotípica ( $\hat{\sigma}_f^2$ ), por característica e modelo para a raça Landrace

Modelos e Características	$\hat{\sigma}_d^2$	$\hat{\sigma}_m^2$	$\hat{\sigma}_{dm}$	$\hat{\sigma}_p^2$	$\hat{\sigma}_e^2$	$\hat{\sigma}_f^2$
Modelo 1						
PLN	3,01551	--	--	--	11,16221	14,17772
PL21	18,15176	--	--	--	113,51031	131,66206
TLN	1,53456	--	--	--	5,50697	7,04153
TLD	0,27947	--	--	--	2,60825	2,88771
TM	4,61837	--	--	--	123,19120	127,80957
Modelo 2						
PLN	2,17722	2,28581	-1,80239	--	11,12507	13,78572
PL21	21,04996	0,48154	-3,18377	--	112,29351	130,64124
TLN	1,06807	0,62069	-0,21482	--	5,50781	6,98175
TLD	0,31665	0,12445	-0,15425	--	2,57947	2,86633
TM	0,46461	2,04417	0,97455	--	126,65079	130,13412
Modelo 3						
PLN	1,72091	--	--	1,43973	10,81550	13,97615
PL21	12,81522	--	--	6,91651	111,23478	130,96651
TLN	1,53460	--	--	0,00003	5,50771	7,04235
TLD	0,27934	--	--	0,00002	2,60920	2,88856
TM	4,14578	--	--	1,08197	122,53115	127,75890
Modelo 4						
PLN	0,50664	1,95665	-0,99564	1,44417	10,82805	13,73986
PL21	16,88987	0,36290	-2,47575	5,59231	111,17112	131,54046
TLN	1,06668	0,61752	-0,21219	0,00004	5,50908	6,98114
TLD	0,31641	0,12451	-0,15447	0,00002	2,57944	2,86591
TM	0,63118	1,71798	1,04132	1,55958	122,72585	127,67591

Tabela 5 - Estimativas das variâncias genéticas aditivas direta ( $\hat{\sigma}_d^2$ ), materna ( $\hat{\sigma}_m^2$ ), covariância entre os efeitos genéticos direto e materno ( $\hat{\sigma}_{dm}$ ), variância devido aos efeitos permanentes de meio ( $\hat{\sigma}_p^2$ ), variância residual ( $\hat{\sigma}_e^2$ ) e variância fenotípica ( $\hat{\sigma}_f^2$ ), por característica e modelo para a raça Large White

Modelo e Característica	$\hat{\sigma}_d^2$	$\hat{\sigma}_m^2$	$\hat{\sigma}_{dm}$	$\hat{\sigma}_p^2$	$\hat{\sigma}_e^2$	$\hat{\sigma}_f^2$
Modelo 1						
PLN	2,72229	--	--	--	11,51362	14,23590
PL21	20,06826	--	--	--	129,48279	149,55105
TLN	1,50898	--	--	--	7,48971	8,99869
TLD	0,22506	--	--	--	3,06708	3,29214
TM	4,79841	--	--	--	131,11033	135,90874
Modelo 2						
PLN	4,14866	0,60258	-1,58110	--	10,88848	14,05862
PL21	14,73356	5,83072	-0,39075	--	129,16353	149,33705
TLN	2,03320	0,18496	-0,61324	--	7,41237	9,01729
TLD	0,25468	0,21096	-0,17401	--	2,97688	3,26851
TM	4,81528	0,00020	-0,03068	--	131,14183	135,92663
Modelo 3						
PLN	1,33202	--	--	1,98935	10,71049	14,03185
PL21	13,67256	--	--	9,88822	125,24408	148,80487
TLN	0,96325	--	--	0,81591	7,14602	8,92521
TLD	0,06159	--	--	0,35059	2,86643	3,27861
TM	0,00011	--	--	11,97900	123,62319	135,60228
Modelo 4						
PLN	2,52698	0,24986	-0,79460	2,17062	10,99833	15,15119
PL21	5,31495	2,83828	3,88393	11,73030	125,45059	149,21806
TLN	1,43959	0,09952	-0,37850	0,61470	7,30538	9,08068
TLD	0,08761	0,10274	-0,06719	0,27841	2,86884	3,27041
TM	0,12703	0,00804	-0,03197	11,77970	123,77544	135,65821

Observa-se que, em geral, as estimativas de  $\hat{\sigma}_d^2$  apresentaram menores valores quando se incluiu o componente  $\hat{\sigma}_m^2$  (modelos 2 e 4), exceto quando  $\hat{\sigma}_{dm}$  era negativo. As estimativas de  $\hat{\sigma}_d^2$  diminuiram quando se incluiu  $\hat{\sigma}_p^2$  (modelos 3 e 4), à semelhança dos resultados obtidos por IRGANG et al. (1994a e 1994c).

As covariâncias entre os efeitos genéticos direto e materno ( $\hat{\sigma}_{dm}$ ) foram predominantemente negativas, exceto para Duroc, onde foram negativas apenas para as características tamanho de leitegada ao desmame e taxa de mortalidade. Covariância negativa, entre os efeitos genéticos direto e materno, também foi encontrada por BRADFORD et al. (1958) e IRGANG et al. (1994a e 1994c) em suínos, SOUSA et al. (1995) em caprinos; e relatada por MERCADANTE e LÔBO (1997) em bovinos.

A inclusão de outros efeitos aleatórios, além do genético aditivo direto e residual, causou redução de  $\hat{\sigma}_c^2$ , isso porque as frações da variância, atribuídas aos efeitos genético aditivo materno e permanente de meio, quando não eram consideradas, eram então acumuladas junto à variância residual, fazendo com que esta apresentasse maiores valores.

Observou-se também que, à medida que se incluíram outros efeitos aleatórios no modelo de avaliação genética, modelos 2, 3 e 4, houve, de modo geral, redução das estimativas de  $\sigma_d^2$ . Estes resultados indicam que, ao não se considerarem tais efeitos aleatórios no modelo, obtêm-se estimativas viesadas de componentes de variância, o que poderia levar a classificação errônea dos animais pelo BLUP. O teste de razão de verossimilhança surge, então, como opção para testar a significância da inclusão de tais fatores.

### 4.3. Herdabilidades e correlações genéticas

Estimativas de herdabilidades para os efeitos genéticos aditivos direto ( $\hat{h}_d^2$ ) e materno ( $\hat{h}_m^2$ ), de correlações entre os efeitos aditivos direto e materno ( $r_{dm}$ ), de herdabilidade total ( $\hat{h}_T^2$ ), da proporção atribuída aos efeitos permanentes de meio ( $\hat{c}^2$ ), e respectivos erros-padrão (EP) para as características, para cada modelo, são apresentadas nas Tabelas 6, 7 e 8, para as raças Duroc, Landrace e Large White, respectivamente.

Observando-se os resultados do modelo 1, verifica-se que as estimativas de herdabilidade direta de todas as características, para as três raças, foram próximas às encontradas na literatura.

As estimativas de herdabilidade para peso da leitegada ao nascimento (PLN) e peso da leitegada aos 21 dias (PL21) foram 0,17 e 0,16; 0,21 e 0,14, e, 0,19 e 0,13, para as raças Duroc, Landrace e Large White, respectivamente. Estes valores são semelhantes aos encontrados por ALVES (1986), os quais variaram de -0,18 a 0,24 para PLN, e de 0,11 a 0,20 para PL21. O autor justificou o valor negativo da herdabilidade devido ao pequeno número de dados analisados. Ressalta-se que foi utilizada a correlação de meio-irmãos paternos em seu trabalho, a qual fornece estimativas menos precisas. PARK e KIM (1986) encontraram valores de herdabilidades para PLN, nas raças Landrace, Yorkshire, Duroc e Hampshire, de 0,32, 0,32, 0,23 e 0,09, respectivamente.

As estimativas de herdabilidade para tamanho de leitegada ao nascimento (TLN) e tamanho de leitegada ao desmame (TLD) foram 0,19 e 0,16; 0,22 e 0,10; e 0,17 e 0,07, para as raças Duroc, Landrace e Large White, respectivamente. Valores próximos a esses são relatados por MILAGRES et al. (1981d) que encontraram estimativas de 0,14 para TLN e 0,06 para TLD; UPNMOOR (1984) encontrou herdabilidade para tamanho de leitegada ao nascimento de 0,17 e aos 21 dias, de 0,18. ALVES (1986), citou dados de literatura com valores de herdabilidade para tamanho de leitegada variando entre 0,08 e 0,27. PARK e KIM (1986) relataram para as raças Landrace, Yorkshire,

Tabela 6 – Herdabilidades para os efeitos genéticos aditivos direto ( $\hat{h}_d^2$ ) e materno ( $\hat{h}_m^2$ ), correlações entre os efeitos aditivos direto e materno ( $r_{dm}$ ), herdabilidade total ( $\hat{h}_T^2$ ), proporção atribuída aos efeitos permanentes de meio ( $\hat{c}^2$ ), e estimativas dos respectivos erros padrão (EP) das características, por modelo para a raça Duroc

Modelo e Característica	$\hat{h}_d^2 \pm EP$	$\hat{h}_m^2 \pm EP$	$r_{dm} \pm EP$	$\hat{h}_T^2$	$\hat{c}^2 \pm EP$
Modelo 1					
PLN	0,17 $\pm$ 0,055	--	--	0,17	--
PL21	0,16 $\pm$ 0,058	--	--	0,16	--
TLN	0,19 $\pm$ 0,060	--	--	0,19	--
TLD	0,16 $\pm$ 0,058	--	--	0,16	--
TM	0,10 $\pm$ 0,052	--	--	0,10	--
Modelo 2					
PLN	0,10 $\pm$ 0,078	0,05 $\pm$ 0,062	0,30 $\pm$ 0,677	0,16	--
PL21	0,15 $\pm$ 0,094	0,00 $\pm$ 0,063	1,00 $\pm$ ****	0,16	--
TLN	0,06 $\pm$ 0,075	0,08 $\pm$ 0,065	0,52 $\pm$ 0,661	0,15	--
TLD	0,18 $\pm$ 0,088	0,00 $\pm$ 0,063	-1,00 $\pm$ ****	0,16	--
TM	0,15 $\pm$ 0,087	0,01 $\pm$ 0,060	-1,00 $\pm$ 5,282	0,10	--
Modelo 3					
PLN	0,14 $\pm$ 0,071	--	--	0,14	0,051 $\pm$ 0,079
PL21	0,09 $\pm$ 0,069	--	--	0,09	0,110 $\pm$ 0,085
TLN	0,13 $\pm$ 0,078	--	--	0,13	0,080 $\pm$ 0,086
TLD	0,12 $\pm$ 0,074	--	--	0,12	0,060 $\pm$ 0,087
TM	0,08 $\pm$ 0,060	--	--	0,08	0,068 $\pm$ 0,081
Modelo 4					
PLN	0,05 $\pm$ 0,069	0,03 $\pm$ 0,039	1,00 $\pm$ 0,067	0,12	0,110 $\pm$ 0,067
PL21	0,08 $\pm$ 0,073	0,00 $\pm$ 0,010	1,00 $\pm$ ****	0,09	0,790 $\pm$ 0,065
TLN	0,03 $\pm$ 0,068	0,06 $\pm$ 0,064	1,00 $\pm$ 1,463	0,12	0,099 $\pm$ 0,078
TLD	0,14 $\pm$ 0,115	0,00 $\pm$ 0,070	-1,00 $\pm$ ****	0,12	0,052 $\pm$ 0,104
TM	0,11 $\pm$ 0,104	0,00 $\pm$ 0,220	-1,00 $\pm$ 5,723	0,08	0,054 $\pm$ 0,092

Tabela 7 – Herdabilidades para os efeitos genéticos aditivos direto ( $\hat{h}_d^2$ ) e materno ( $\hat{h}_m^2$ ), correlações entre os efeitos aditivos direto e materno ( $r_{dm}$ ), herdabilidade total ( $\hat{h}_T^2$ ), proporção atribuída aos efeitos permanentes de meio ( $\hat{c}^2$ ), e estimativas dos respectivos erros padrão (EP) das características, por modelo para a raça Landrace

Modelo e Característica	$\hat{h}_d^2 \pm \text{EP}$	$\hat{h}_m^2 \pm \text{EP}$	$r_{dm} \pm \text{EP}$	$\hat{h}_T^2$	$\hat{c}^2 \pm \text{EP}$
Modelo 1					
PLN	0,21 $\pm$ 0,052	--	--	0,21	--
PL21	0,14 $\pm$ 0,049	--	--	0,14	--
TLN	0,22 $\pm$ 0,048	--	--	0,22	--
TLD	0,10 $\pm$ 0,049	--	--	0,10	--
TM	0,04 $\pm$ 0,033	--	--	0,04	--
Modelo 2					
PLN	0,16 $\pm$ 0,080	0,17 $\pm$ 0,082	-0,81 $\pm$ 0,715	0,04	--
PL21	0,16 $\pm$ 0,075	0,00 $\pm$ 0,054	-1,00 $\pm$ 8,814	0,13	--
TLN	0,15 $\pm$ 0,073	0,09 $\pm$ 0,069	-0,26 $\pm$ 0,656	0,19	--
TLD	0,11 $\pm$ 0,072	0,04 $\pm$ 0,069	-0,78 $\pm$ 1,425	0,05	--
TM	0,00 $\pm$ 0,027	0,04 $\pm$ 0,066	1,00 $\pm$ 8,694	0,02	--
Modelo 3					
PLN	0,12 $\pm$ 0,077	--	--	0,12	0,10 $\pm$ 0,080
PL21	0,10 $\pm$ 0,066	--	--	0,10	0,05 $\pm$ 0,070
TLN	0,22 $\pm$ 0,080	--	--	0,22	0,00 $\pm$ 0,075
TLD	0,10 $\pm$ 0,068	--	--	0,10	0,00 $\pm$ 0,072
TM	0,03 $\pm$ 0,041	--	--	0,03	0,01 $\pm$ 0,055
Modelo 4					
PLN	0,04 $\pm$ 0,111	0,14 $\pm$ 0,079	-1,00 $\pm$ 2,326	0,00	0,11 $\pm$ 0,084
PL21	0,13 $\pm$ 0,107	0,00 $\pm$ 0,024	-1,00 $\pm$ 5,499	0,10	0,04 $\pm$ 0,082
TLN	0,15 $\pm$ 0,111	0,09 $\pm$ 0,070	-0,26 $\pm$ 0,746	0,15	0,00 $\pm$ 0,080
TLD	0,11 $\pm$ 0,101	0,04 $\pm$ 0,069	-0,78 $\pm$ 1,671	0,05	0,00 $\pm$ 0,083
TM	0,00 $\pm$ 0,067	0,01 $\pm$ 0,051	1,00 $\pm$ 5,420	0,02	0,01 $\pm$ 0,059

Tabela 8 – Herdabilidades para os efeitos genéticos aditivos direto ( $\hat{h}_d^2$ ) e materno ( $\hat{h}_m^2$ ), correlações entre os efeitos aditivos direto e materno ( $r_{dm}$ ), herdabilidade total ( $\hat{h}_T^2$ ), proporção atribuída aos efeitos permanentes de meio ( $\hat{c}^2$ ), e estimativas dos respectivos erros padrão (EP) das características, por modelo para a raça Large White

Modelo e					
Característica	$\hat{h}_d^2 \pm \text{EP}$	$\hat{h}_m^2 \pm \text{EP}$	$r_{dm} \pm \text{EP}$	$\hat{h}_T^2$	$\hat{c}^2 \pm \text{EP}$
Modelo 1					
PLN	0,19 $\pm$ 0,043	--	--	0,19	--
PL21	0,13 $\pm$ 0,042	--	--	0,13	--
TLN	0,17 $\pm$ 0,040	--	--	0,17	--
TLD	0,07 $\pm$ 0,038	--	--	0,07	--
TM	0,04 $\pm$ 0,031	--	--	0,04	--
Modelo 2					
PLN	0,30 $\pm$ 0,067	0,04 $\pm$ 0,050	-1,00 $\pm$ 0,934	0,15	--
PL21	0,10 $\pm$ 0,060	0,04 $\pm$ 0,045	-0,04 $\pm$ 0,677	0,11	--
TLN	0,23 $\pm$ 0,072	0,02 $\pm$ 0,011	-1,00 $\pm$ 0,796	0,13	--
TLD	0,08 $\pm$ 0,055	0,06 $\pm$ 0,048	-0,75 $\pm$ 0,944	0,03	--
TM	0,03 $\pm$ 0,044	0,02 $\pm$ 0,033	-1,00 $\pm$ *****	0,04	--
Modelo 3					
PLN	0,09 $\pm$ 0,047	--	--	0,09	0,140 $\pm$ 0,054
PL21	0,09 $\pm$ 0,052	--	--	0,09	0,066 $\pm$ 0,059
TLN	0,11 $\pm$ 0,048	--	--	0,11	0,091 $\pm$ 0,054
TLD	0,02 $\pm$ 0,038	--	--	0,02	0,110 $\pm$ 0,055
TM	0,00 $\pm$ 0,031	--	--	0,00	0,088 $\pm$ 0,051
Modelo 4					
PLN	0,17 $\pm$ 0,128	0,02 $\pm$ 0,019	-1,00 $\pm$ 1,817	0,10	0,140 $\pm$ 0,053
PL21	0,04 $\pm$ 0,063	0,02 $\pm$ 0,043	1,00 $\pm$ 1,077	0,08	0,079 $\pm$ 0,063
TLN	0,16 $\pm$ 0,099	0,01 $\pm$ 0,013	-1,00 $\pm$ 1,447	0,10	0,068 $\pm$ 0,064
TLD	0,03 $\pm$ 0,053	0,03 $\pm$ 0,046	-0,71 $\pm$ 2,215	0,01	0,085 $\pm$ 0,062
TM	0,00 $\pm$ 0,056	0,00 $\pm$ 0,038	-1,00 $\pm$ *****	0,00	0,087 $\pm$ 0,061

Duroc e Hampshire, valores para TLN de 0,20, 0,25, 0,04 e 0,12, respectivamente. BABOT et al. (1994) encontraram estimativas para tamanho de leitegada, em uma população de Large White, variando entre 0,081 e 0,092; e para uma população de Landrace, entre 0,053 e 0,056. SHORT et al. (1994) relataram 0,14 para herdabilidade de TLN. ROBISON (1972) relatou que as estimativas de herdabilidade para tamanho de leitegada são baixas, e afirmou que a correlação genética negativa, entre os efeitos genéticos materno (ou efeito ambiental comum) e direto, poderia explicar parte destes resultados.

Em geral, as estimativas de herdabilidade da mortalidade de leitões foram baixas, 0,10, 0,04 e 0,04 para Duroc, Landrace e Large White. Estes valores estão dentro do intervalo, 0,0 a 0,22, obtido por UPNMOOR (1984).

Comparando-se aos demais modelos, verifica-se que as estimativas de herdabilidade para os efeitos genéticos aditivos direto ( $\hat{h}_d^2$ ), obtidas pelo modelo 1, foram, em geral, maiores as obtidas nos demais modelos. Conclui-se portanto que a inclusão dos efeitos genéticos materno e efeito permanente de meio, tendem a diminuir as estimativas  $\hat{h}_d^2$ .

Observando-se os resultados do modelo 2, verifica-se que as estimativas de herdabilidade materna ( $\hat{h}_m^2$ ) foram muito baixas, exceto para PLN na raça Landrace. Valores encontrados, quando se utilizou o modelo 2, para PLN, PL21, TLN, TL21 e TM foram 0,05, 0,00, 0,08, 0,00 e 0,01, para a raça Duroc; 0,17, 0,00, 0,09, 0,04 e 0,04, para a raça Landrace; e, 0,04, 0,04, 0,02, 0,06 e 0,02, para a raça Large White, respectivamente. IRGANG et al. (1994b) também encontraram baixos valores de  $\hat{h}_m^2$  para TLN, entre 0,036 e 0,171, para a raça Duroc; 0,0003 e 0,094, para a raça Landrace; e, 0,001 e 0,128, para a raça Large White; e para TLD, entre 0,033 e 0,195 para a raça Duroc; 0,0001 e 0,098 para a raça Landrace; e, 0,001 e 0,088 para a raça Large White.

Quando se utilizou o modelo 4, as estimativas de  $\hat{h}_m^2$  foram ainda menores, em todas as características e raças, em função da inclusão do efeito permanente de meio no modelo.

As estimativas de correlações entre os efeitos genéticos direto e materno foram altas e predominantemente negativas, exceto para a raça Duroc, as quais foram positivas para PLN, PL21 e TLN; para a raça Landrace, em que foi positiva para TM; e, na raça Large White, em que foi positiva para PL21 apenas no modelo 4. IRGANG et al. (1994b) também encontraram correlações altas e a maioria negativas para TLN e TL21, variando de 0,984 a -0,999. ROBISON (1972) relata que existe associação genética positiva em suínos, entre efeitos genéticos direto e materno para pesos iniciais (até a quarta semana). Porém, em função de interações com certos fatores ambientais, estas correlações tornam-se negativas após a quarta semana de idade.

As estimativas de  $\hat{c}^2$  foram baixas para todas as características e raças, concordando com os resultados obtidos por IRGANG et al. (1994b).

Verificou-se que as estimativas de herdabilidade total ( $\hat{h}_T^2$ ) diminuíram quando se incluiu, no modelo, o efeito genético materno (modelo 2), ou efeito permanente de meio (modelo 3), sendo que a inclusão destes dois efeitos, simultaneamente (modelo 4), reduziu drasticamente tais estimativas. Isto é justificado por ser a  $\hat{h}_T^2$  função direta de  $\hat{\sigma}_d^2$  e  $\hat{\sigma}_m^2$ , e que a inclusão do efeito materno diminui  $\hat{\sigma}_d^2$ , e a inclusão do efeito permanente de meio diminui ambos  $\hat{\sigma}_d^2$  e  $\hat{\sigma}_m^2$ . Observa-se, então, que a não inclusão dos componentes citados anteriormente leva à superestimação de  $\hat{h}_T^2$ . Uma vez que o ganho genético esperado é diretamente proporcional à herdabilidade, a superestimação desta levará a superestimação do ganho genético em programas de melhoramento nos quais estes fatores não sejam considerados.

#### **4.4. Análise de duas características conjuntamente**

As estimativas de correlações genéticas aditivas diretas, para as características em estudo obtidas, segundo os modelos 1, 2, 3 e 4 se encontram nas Tabelas 9, 10, 11 e 12, respectivamente.

Verifica-se que as estimativas entre as características peso da leitegada ao nascer (PLN), peso da leitegada aos 21 dias (PL21), tamanho de leitegada ao nascer (TLN) e tamanho de leitegada ao desmame (TLD), para as raças Duroc e Landrace, foram positivas e relativamente altas, variando de 0,32 (PL21 e TLN) no modelo 1, a 1,00 (PL21 e TLN) no modelo 4, para a raça Duroc; e 0,20 (PL21 e TLN) no modelo 1, a 0,93 (TLN e TLD) no modelo 4, para Landrace.

A raça Large White apresentou estimativas semelhantes, exceto no modelo 3, em que a correlação entre PL21 e TLN foi de  $-0,56$ , e no modelo 4, em que a correlação entre PL21 e TLD foi de  $-0,04$ .

As estimativas de correlações, envolvendo a taxa de mortalidade (TM) e as demais características, foram inconsistentes dentro da mesma raça para os diferentes modelos, e entre raças para o mesmo modelo. Estas estimativas apresentaram-se predominantemente negativas na raça Duroc, variando de 0,29 (TM e PLN) no modelo 4, a  $-1,00$  (TM e TLD) no modelo 2. Para a raça Landrace, quase todas as estimativas foram positivas, excetuando-se as entre TM e PL21 nos modelos 1 e 3, que foram negativas,  $-0,40$  em ambos os modelos.

Tabela 9 – Estimativas de correlações genéticas aditivas direta, obtidas para as características em análise conjunta, segundo o modelo 1

Características	Correlações Genéticas			
	PL21	TLN	TLD	TM
		Duroc		
PLN	0,45	0,70	0,47	0,05
PL21		0,32	0,81	-0,81
TLN			0,56	-0,24
TLD				-0,99
		Landrace		
PLN	0,32	0,77	0,44	0,71
PL21		0,20	0,71	-0,40
TLN			0,74	0,72
TLD				0,51
		Large White		
PLN	0,54	0,63	0,41	0,10
PL21		0,10	0,45	-0,46
TLN			0,53	0,58
TLD				1,00

Tabela 10 – Estimativas de correlações genéticas aditivas direta obtidas para as características em análise conjunta, segundo o modelo 2

Características	Correlações Genéticas			
	PL21	TLN	TLD	TM
		Duroc		
PLN	0,45	0,68	0,48	0,00
PL21		0,40	0,76	0,09
TLN			0,65	-0,55
TLD				-1,00
		Landrace		
PLN	0,29	0,80	0,44	0,61
PL21		0,26	0,67	0,42
TLN			0,93	0,93
TLD				0,46
		Large White		
PLN	0,49	0,62	0,31	-0,03
PL21		0,08	0,40	-0,69
TLN			0,43	0,45
TLD				-0,55

Tabela 11 – Estimativas de correlações genéticas aditivas direta obtidas para as características em análise conjunta, segundo o modelo 3

Características	Correlações Genéticas			
	PL21	TLN	TLD	TM
		Duroc		
PLN	0,62	0,72	0,46	0,28
PL21		0,89	0,90	-0,72
TLN			0,85	-0,36
TLD				-1,00
		Landrace		
PLN	0,54	0,86	0,60	0,79
PL21		0,37	0,81	-0,40
TLN			0,74	0,73
TLD				0,53
		Large White		
PLN	0,08	0,63	0,29	0,02
PL21		-0,56	1,00	-1,00
TLN			0,54	1,00
TLD				0,02

Tabela 12 – Estimativas de correlações genéticas aditivas direta obtidas para as características em análise conjunta, segundo o modelo 4

Características	Correlações Genéticas			
	PL21	TLN	TLD	TM
		Duroc		
PLN	0,74	0,66	0,51	0,29
PL21		1,00	0,65	-0,68
TLN			0,80	-0,66
TLD				-0,92
		Landrace		
PLN	0,61	0,89	0,68	0,57
PL21		0,41	0,67	0,29
TLN			0,93	0,93
TLD				0,36
		Large White		
PLN	0,49	0,61	0,12	-0,04
PL21		0,10	-0,04	-0,87
TLN			0,45	0,45
TLD				-0,61

A raça Large White apresentou estimativas, ora positivas (modelos 1 e 3), ora negativas (modelos 2 e 4).

A existência dessas correlações indica que deve-se utilizar metodologias ou procedimentos multivariados, como o BLUP, por exemplo, que não desprezem tais correlações nas avaliações genéticas. Mas a análise destas cinco características, simultaneamente, certamente levaria a problemas computacionais. Uma alternativa seria, então, descartarem-se as características PLN e PL21, pois são altamente e positivamente correlacionadas com TLN e TL21.

As correlações genéticas entre os efeitos aditivos direto e materno foram, de modo geral, negativas e altas (Tabelas 13 e 14), exceto para TM na raça Landrace, que apresentou todas as correlações positivas. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por IRGANG et al. (1994b e 1994c).

Seria de se esperar que, em função da existência destas correlações altas e negativas, o progresso genético alcançado nestas características fosse praticamente nulo. Porém, como se pode observar nas Tabelas 5, 6 e 7, estas

características apresentaram estimativas de herdabilidade materna ( $\hat{h}_m^2$ ) iguais à zero, ou muito próximas à zero, evidenciando a quase inexistência de influência dos efeitos genéticos maternos, e, conseqüentemente, a presença destas correlações altas e negativas poderia ter igual influência.

As correlações genéticas entre os efeitos direto e materno, obtidas da análise conjunta, foram, de modo geral, semelhantes aos da análise de característica única, exceto para a raça Duroc, que apresentou valores positivos para PLN, PL21 e TLN na análise de característica única, e apresentou tendências de valores negativos na análise conjunta.

A natureza das características em estudo pode ter influenciado os resultados. Estas características de leitegada são referidas como se fossem da porca, mãe da leitegada, e no entanto, na constituição genética destas, não está somente o efeito genético da porca, e sim o somatório dos efeitos dos leitões, que compõem a leitegada, e que, por sua vez, é constituído metade pelo efeito direto da mãe e metade do pai. Quando se avalia a leitegada, como característica da mãe, está se desprezando a contribuição do cachaço, pai da leitegada, que exerce influência tanto no tamanho quanto no peso da leitegada. ROSO e SEVERO (1997) encontraram que o cachaço, pai da leitegada, é importante fonte de variação para número de leitões nascidos vivos.

Uma possível maneira de se contornar esse problema, da natureza da característica, seria avaliar o peso individual do leitão ao nascimento e ao desmame, desta forma o animal estaria sendo avaliado por seu próprio mérito genético. A característica agora seria o peso do leitão, onde o efeito genético aditivo direto envolvido é o do próprio indivíduo, e não a leitegada, onde há um somatório de efeitos genéticos dos filhos, que são atribuídos à mãe. Entretanto, do ponto de vista prático, essa análise teria pouca utilidade; visto que ao produtor interessa o tamanho e peso da leitegada e não do leitão.

Tabela 13 – Estimativas de correlações genéticas aditivas entre os efeitos direto e materno ( $r_{dm}$ ), obtidas para as características em análise conjunta, segundo o modelo 2

Correlações Genéticas <sup>1</sup>					
Características	$r_{dm}$ (PLN)	$r_{dm}$ (PL21)	$r_{dm}$ (TLN)	$r_{dm}$ (TLD)	$r_{dm}$ (TM)
Duroc					
PLN	--	-0,88	-0,12	-0,86	-1,00
PL21	-0,26	--	-0,08	-0,58	-1,00
TLN	-0,73	-0,91	--	-0,76	-0,77
TLD	-0,28	-0,33	-0,01	--	0,00
TM	0,35	0,06	0,49	0,04	--
Landrace					
PLN	--	-0,92	0,26	-0,83	0,23
PL21	-0,64	--	-0,49	-0,67	0,79
TLN	-0,55	-0,95	--	-0,36	0,33
TLD	-0,46	-0,44	-0,05	--	0,70
TM	-0,78	-0,73	-0,18	-0,77	--
Large White					
PLN	--	-0,07	0,54	-0,83	-0,98
PL21	-0,87	--	-1,00	-0,69	-0,70
TLN	-0,68	0,01	--	-0,76	-0,19
TLD	-0,83	0,61	-0,75	--	-0,68
TM	-0,99	-0,24	-0,89	-0,65	--

<sup>1</sup> Correlações genéticas entre os efeitos genéticos direto e materno da característica na coluna quando analisada em conjunto com a característica da linha.

Tabela 14 – Estimativas de correlações genéticas aditivas entre os efeitos direto e materno ( $r_{dm}$ ), obtidas para as características em análise conjunta, segundo o modelo 4

Características	Correlações Genéticas <sup>1</sup>				
	$r_{dm}$ (PLN)	$r_{dm}$ (PL21)	$r_{dm}$ (TLN)	$r_{dm}$ (TLD)	$r_{dm}$ (TM)
Duroc					
PLN	--	0,67	0,18	-0,85	-0,77
PL21	-0,04	--	0,02	-0,76	-0,26
TLN	-0,74	0,04	--	-0,60	0,68
TLD	-0,24	-0,12	0,01	--	-0,38
TM	0,89	0,71	0,44	-0,01	--
Landrace					
PLN	--	-0,21	0,17	-0,22	0,25
PL21	-0,78	--	-0,48	-0,70	0,95
TLN	-0,34	-0,88	--	-0,36	0,34
TLD	-0,72	-0,33	-0,05	--	0,72
TM	-0,81	-0,34	-0,17	-0,86	--
Large White					
PLN	--	-0,07	0,47	-0,96	-0,99
PL21	-0,87	--	-0,99	-0,97	-0,42
TLN	-0,72	0,01	--	-0,78	-0,19
TLD	-0,90	0,98	-0,69	--	-0,45
TM	-0,97	-0,29	-0,89	-0,73	--

<sup>1</sup> Correlações genéticas entre os efeitos genéticos direto e materno da característica na coluna quando analisada em conjunto com a característica da linha.

#### 4.5. Escolha do modelo (Teste da razão de verossimilhança)

Na Tabela 15, estão os valores do logaritmo natural da função de verossimilhança ( $\log_e L$ ), e, na Tabela 16, se encontram os valores da razão de verossimilhança ( $RL_{ij}$ ); para cada raça e modelo, para todas as características estudadas.

Como pode-se constatar a partir da Tabela 14, a inclusão do efeito genético aditivo materno (modelo 2), efeito permanente de meio (modelo 3) ou de ambos os efeitos (modelo 4) tendeu, em todas as raças e características, a obter valores maiores de  $\log_e L$ , quando comparados com os valores obtidos pelo modelo 1.

Na raça Duroc, a inclusão de um único efeito aleatório (modelo 2 ou 3), além dos efeitos genético aditivo direto e residual, foi não-significativa pelo teste da razão de verossimilhança. O modelo 4 apresentou resultado significativo para todas as características, exceto para TLD, evidenciando a importância de utilização de um modelo mais completo no processo de avaliação animal, quando se está trabalhando com as demais características na raça Duroc.

Para a raça Landrace, a inclusão do efeito genético aditivo materno apresentou diferenças significativas, para PLN e TM, e, portanto, na avaliação destas características deve-se optar pelo modelo 2. Para PL21 o modelo 4, que incluiu os efeitos materno e permanente, foi o mais indicado. TLN e TLD não apresentaram resultados significativos para nenhum dos modelos, sendo, então, o mais indicado, o modelo 1.

Em se tratando da raça Large White, o modelo 4 foi o mais indicado para PLN, TLN e TM. O modelo mais adequado para TLD foi o modelo 3, que incluiu o efeito permanente. Para PL21 não houve diferença significativa entre os modelos, deve-se, portanto, optar pelo mais simples, o modelo 1.

Tabela 15 – Valores do logaritmo natural da função de verossimilhança ( $\log_e L$ ), por raça e modelo, para as características estudadas

Raça e Modelo	Características				
	PLN	PL21	TLN	TLD	TM
Duroc					
1	-1.032,9427	-1.578,4987	-764,7214	-534,1427	-1.578,7538
2	-1.032,3320	-1.578,4927	-763,2495	-534,0143	-1.578,4778
3	-1.032,7242	-1.577,6540	-764,3443	-533,9101	-1.578,3998
4	-913,5519	-1.561,3527	-725,3195	-533,8863	-1.574,5769
Landrace					
1	-1.259,9529	-1.994,5447	-1.061,1374	-688,2008	-2.072,5059
2	-1.257,6420	-1.992,5364	-1.059,9471	-687,8182	-1.912,5477
3	-1.259,1931	-1.994,2566	-1.061,1374	-688,2007	-2.072,4924
4	-1.265,7369	-1.990,4830	-1.059,9471	-687,8182	-2.071,9645
Large White					
1	-1.827,8393	-2.779,4876	-1.657,4842	-1.020,3708	-2.952,0844
2	-1.823,5997	-2.778,8344	-1.591,1673	-1.019,0284	-2.952,0848
3	-1.824,0277	-2.778,8692	-1.655,9288	-1.018,4006	-2.950,4202
4	-1.775,1284	-2.778,1969	-1.588,7827	-1.018,1289	-2.931,4833

Tabela 16 – Valores obtidos para o teste da razão de verossimilhança (RL), por raça e modelos, para as características estudadas

Modelos	Características				
	PLN	PL21	TLN	TLD	TM
Duroc					
RL <sub>21</sub>	1,2213 <sup>ns</sup>	0,0119 <sup>ns</sup>	2,9437 <sup>ns</sup>	0,2568 <sup>ns</sup>	0,5521 <sup>ns</sup>
RL <sub>31</sub>	0,4370 <sup>ns</sup>	1,6894 <sup>ns</sup>	0,7541 <sup>ns</sup>	0,4651 <sup>ns</sup>	0,7080 <sup>ns</sup>
RL <sub>42</sub>	237,5603 <sup>**</sup>	34,2800 <sup>**</sup>	75,8600 <sup>**</sup>	0,2560 <sup>ns</sup>	7,8017 <sup>**</sup>
RL <sub>43</sub>	238,3446 <sup>**</sup>	32,6025 <sup>**</sup>	78,0496 <sup>**</sup>	0,0477 <sup>ns</sup>	7,6458 <sup>**</sup>
Landrace					
RL <sub>21</sub>	4,6218 <sup>*</sup>	4,0166 <sup>*</sup>	2,3806 <sup>ns</sup>	0,7651 <sup>ns</sup>	319,9165 <sup>**</sup>
RL <sub>31</sub>	1,5197 <sup>ns</sup>	0,5763 <sup>ns</sup>	0,0000 <sup>ns</sup>	0,0000 <sup>ns</sup>	0,0270 <sup>ns</sup>
RL <sub>42</sub>	1,8103 <sup>ns</sup>	4,1070 <sup>*</sup>	0,0000 <sup>ns</sup>	-0,0001 <sup>ns</sup>	-318,8336 <sup>**</sup>
RL <sub>43</sub>	4,9124 <sup>*</sup>	7,5473 <sup>**</sup>	2,3806 <sup>ns</sup>	0,7650 <sup>ns</sup>	1,0558 <sup>ns</sup>
Large White					
RL <sub>21</sub>	8,47922 <sup>**</sup>	1,30652 <sup>ns</sup>	132,63396 <sup>**</sup>	2,68491 <sup>ns</sup>	-0,00080 <sup>ns</sup>
RL <sub>31</sub>	7,62327 <sup>**</sup>	1,23682 <sup>ns</sup>	3,11078 <sup>ns</sup>	3,94050 <sup>*</sup>	3,32850 <sup>ns</sup>
RL <sub>42</sub>	96,94252 <sup>**</sup>	1,27503 <sup>ns</sup>	4,76918 <sup>*</sup>	1,79891 <sup>ns</sup>	41,20306 <sup>**</sup>
RL <sub>43</sub>	97,79847 <sup>**</sup>	1,34473 <sup>ns</sup>	134,29236 <sup>**</sup>	0,54332 <sup>ns</sup>	37,87376 <sup>**</sup>

<sup>ns</sup> = não-significativo;

<sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup> = significativo a 5 e 1%, respectivamente.

#### 4.6. Tendências genéticas

Os gráficos das tendências genéticas dos efeitos genéticos diretos estão apresentados nas Figuras 1, 2, 3, 4 e 5. As estimativas das tendências genéticas anuais, referente ao efeito genético direto, com os respectivos desvios-padrão, para as características PLN, PL21, TLN, TLD e TM, nas três raças, são apresentadas na Tabela 17.

Observou-se, em alguns casos, baixos coeficientes de determinação ( $r^2$ ), indicando que não houveram tendências genéticas definidas.

As raças Landrace e Large White tiveram comportamento similar nas tendências dos efeitos genéticos direto, sendo que ambas apresentam tendências distintas da raça Duroc, o que pode ser evidenciado nas Figuras de 1 a 5. Isso se deve ao fato de as raças Landrace e Large White produzirem matrizes híbridas destinadas aos rebanhos comerciais.

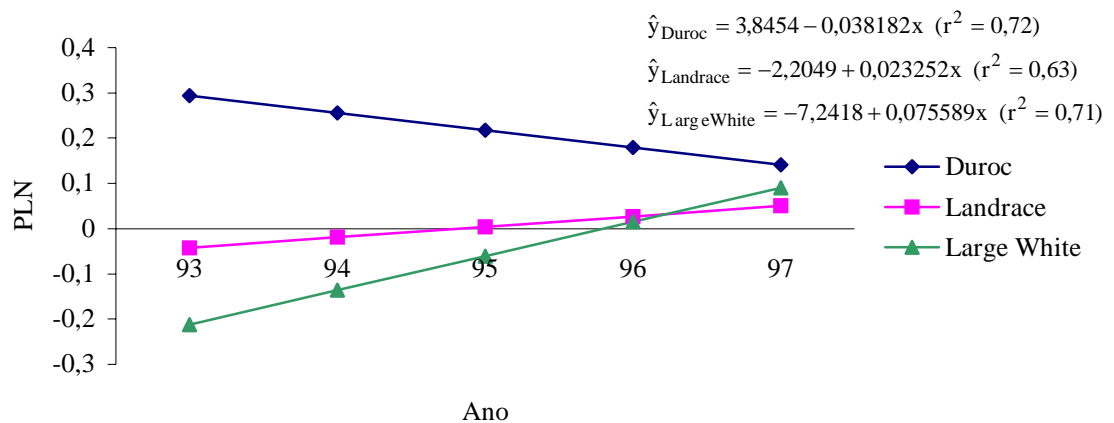


Figura 1 – Tendências genéticas dos efeitos genéticos direto para peso da leitegada ao nascimento (PLN) em kg, para as raças Duroc, Landrace e Large White, no período de 1993 a 1997.

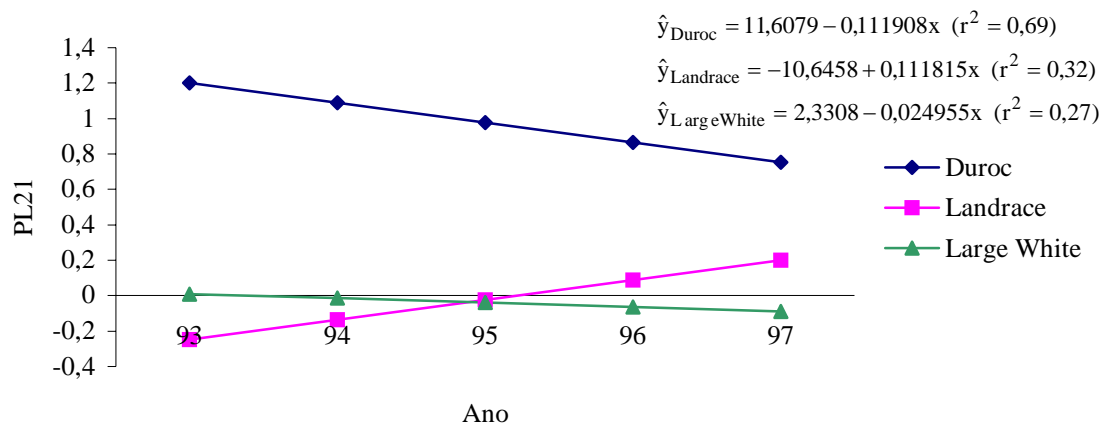


Figura 2 – Tendências genéticas dos efeitos genéticos direto para peso da leitegada ao desmame, ajustado para 21 dias (PL21) em kg, para as raças Duroc, Landrace e Large White, no período de 1993 a 1997.

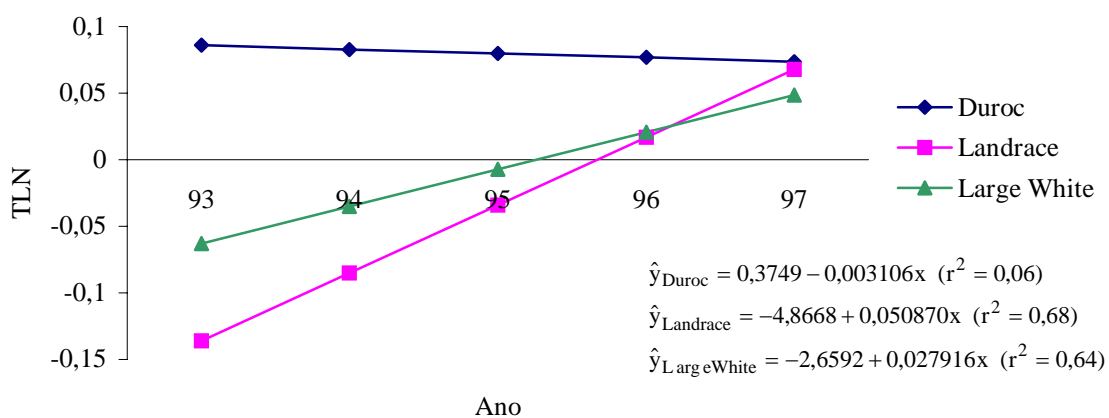


Figura 3 – Tendências genéticas dos efeitos genéticos direto para tamanho de leitegada ao nascimento (TLN) em nº de leitões, para as raças Duroc, Landrace e Large White, no período de 1993 a 1997.

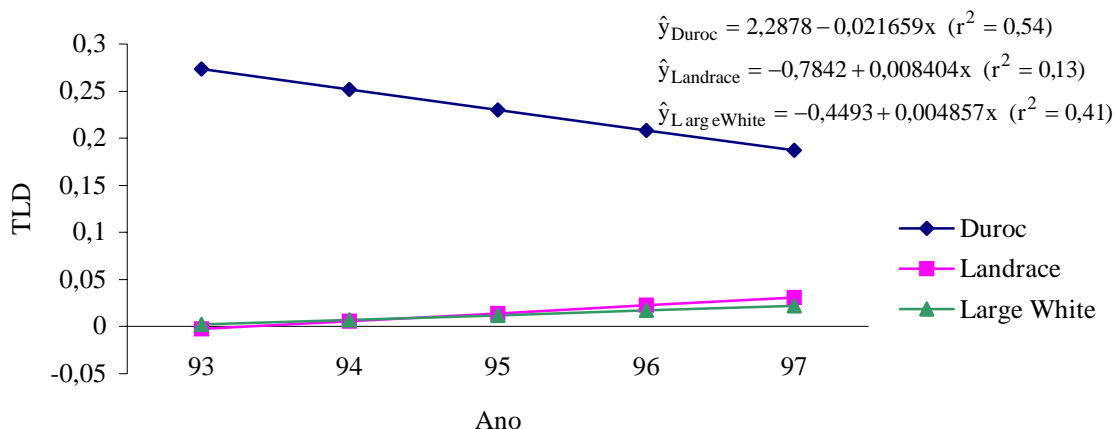


Figura 4 – Tendências genéticas dos efeitos genéticos direto para tamanho de leitegada ao desmame (TLD) em nº de leitões, para as raças Duroc, Landrace e Large White, no período de 1993 a 1997.

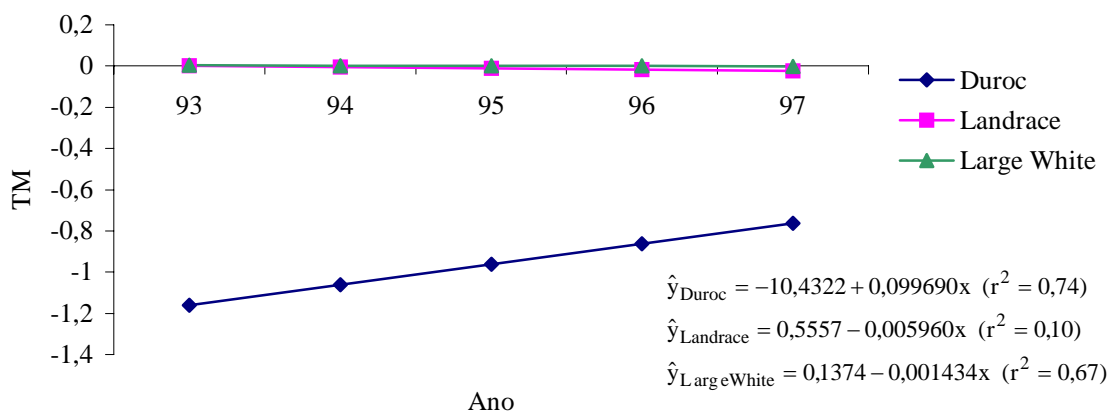


Figura 5 – Tendências genéticas dos efeitos genéticos direto para taxa de mortalidade (TM) em percentagem, para as raças Duroc, Landrace e Large White, no período de 1993 a 1997.

Tabela 17 - Estimativas das tendências genéticas anuais ( $\hat{b}$ ) e respectivos desvios padrão ( $s(\hat{b})$ ) das características, nas três raças, para o efeito genético direto

Característica	Raça		
	Duroc	Landrace	Large White
PLN (kg)	$-0,0382 \pm 0,0137$	$0,0232 \pm 0,0103$	$0,0756 \pm 0,0276$
PL21 (kg)	$-0,1119 \pm 0,0434$	$0,1118 \pm 0,0931$	$-0,0249 \pm 0,0235$
TLN (nº de leitões)	$-0,0031 \pm 0,0069$	$0,0509 \pm 0,0199$	$0,0279 \pm 0,0121$
TLD (nº de leitões)	$-0,0217 \pm 0,0115$	$0,0084 \pm 0,0124$	$0,0049 \pm 0,0034$
TM (%)	$0,0997 \pm 0,0339$	$-0,0059 \pm 0,0102$	$-0,0014 \pm 0,0006$

No entanto, o progresso genético ao longo dos anos, nas características PLN, PL21, TLN, TLD e TM, foi muito pequeno, sugerindo pouca ou nenhuma atenção dada a estas características no programa de melhoramento genético, deve ser acrescentado o fato de tais características apresentarem baixa herdabilidade, o que dificulta ainda mais o progresso genético. IRGANG et al. (1997) também encontraram ganho genético pouco expressivo em número de leitões nascidos vivos nas raças Landrace e Large White, enquanto que BIDANEL et al. (1994) e JOHNSON (1992) relataram ganhos bem significativos, 0,7 e 1,8 leitão por leitegada, respectivamente.

Percebe-se, na raça Duroc, que as tendências genéticas para PLN, PL21, TLN e TLD foram negativas. Isso ocorreu em função da correlação genética negativa entre estas características reprodutivas e as de desempenho. Uma vez que os programas de melhoramento desta raça, têm o objetivo de produzir machos, as características de desempenho são prioritárias, determinando assim, resposta correlacionada negativamente nas características reprodutivas.

No processo de avaliação de suínos, sobretudo das raças Landrace e Large White, as características reprodutivas, tamanho e peso da leitegada ao nascimento e ao desmame, juntamente com taxa de mortalidade, devem ser

incluídas como critério de seleção e/ou descarte, para que assim se obtenham maiores ganhos, e conseqüente aumento na produtividade.

O uso de ferramentas sofisticadas de avaliação genética, tais como o BLUP e modelo animal, deve resultar em melhores previsões de valor genético (SOUTHWOOD e KENNEDY, 1991), e seleção mais acurada de animais hiperprolíficos (BIDANEL et al., 1994), aumentando as possibilidades de obtenção de ganhos genéticos no tamanho de leitegada de suínos.

Os gráficos das tendências genéticas dos efeitos genéticos maternos estão apresentados nas Figuras 6, 7, 8, 9 e 10. As estimativas das tendências genéticas anuais, com os respectivos desvios padrão, para as características PLN, PL21, TLN, TLD e TM, nas três raças, são apresentadas na Tabela 18.

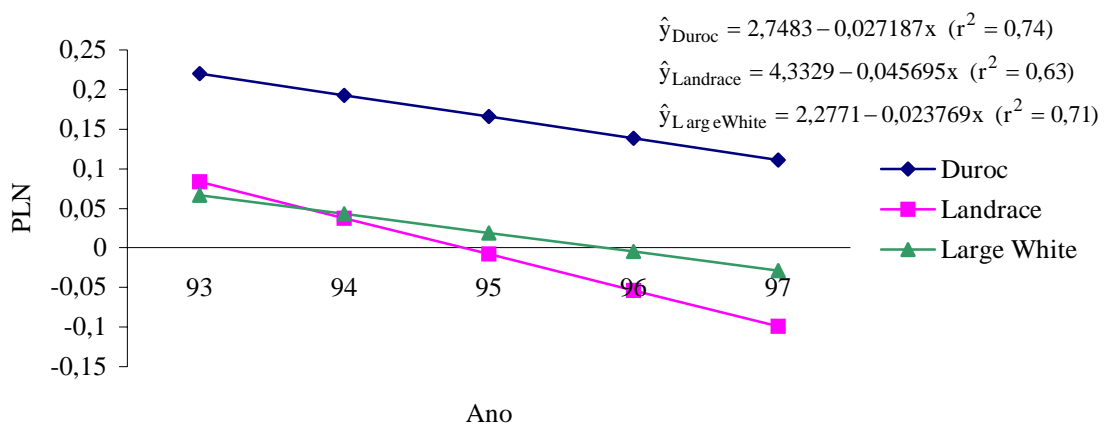


Figura 6 – Tendências genéticas dos efeitos genéticos maternos para peso da leitegada ao nascimento (PLN) em kg, para as raças Duroc, Landrace e Large White, no período de 1993 a 1997.

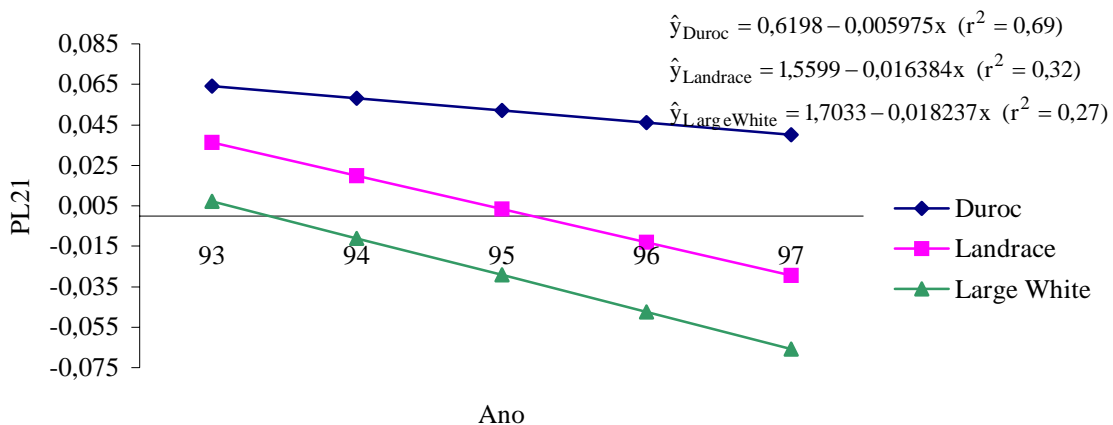


Figura 7 – Tendências genéticas dos efeitos genéticos maternos para peso da leitegada ao desmame, ajustado para 21 dias (PL21) em kg, para as raças Duroc, Landrace e Large White, no período de 1993 a 1997.

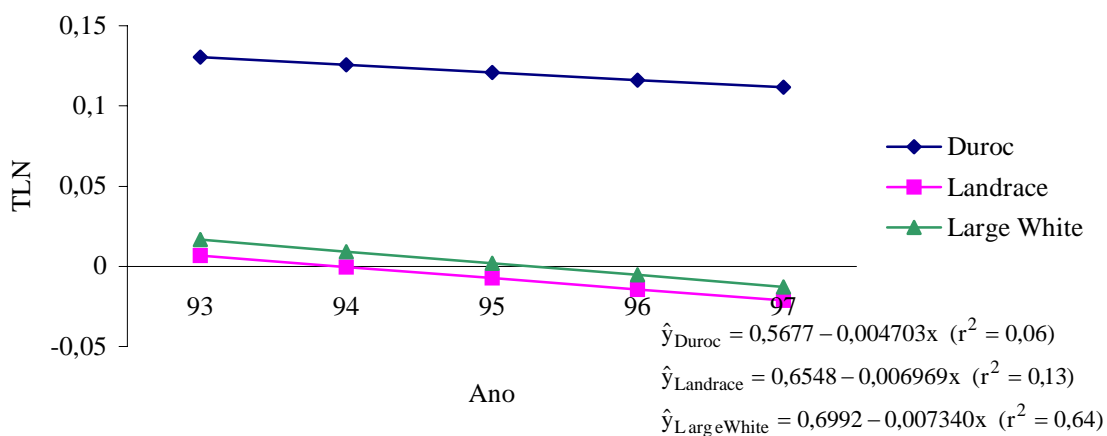


Figura 8 – Tendências genéticas dos efeitos genéticos maternos para tamanho de leitegada ao nascimento (TLN) em nº de leitões, para as raças Duroc, Landrace e Large White, no período de 1993 a 1997.

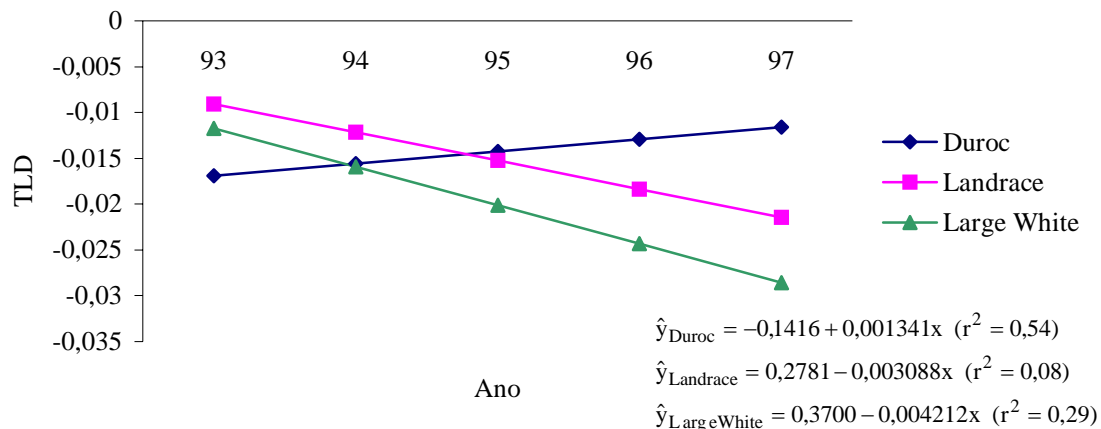


Figura 9 – Tendências genéticas dos efeitos genéticos maternos para tamanho de leitegada ao desmame (TLD) em nº de leitões, para as raças Duroc, Landrace e Large White, no período de 1993 a 1997.

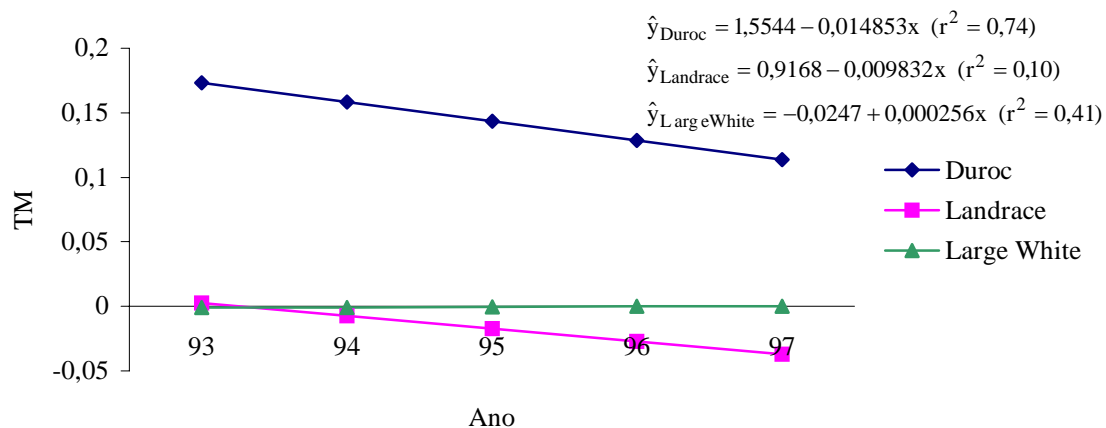


Figura 10 – Tendências genéticas dos efeitos genéticos maternos para taxa de mortalidade (TM) em percentagem, para as raças Duroc, Landrace e Large White, no período de 1993 a 1997.

Tabela 18 - Estimativas das tendências genéticas anuais ( $\bar{b}$ ) e respectivos desvios padrão ( $s(\bar{b})$ ) das características, nas três raças, para o efeito genético materno

Característica	Raça		
	Duroc	Landrace	Large White
PLN (kg)	-0,0272 ± 0,0094	-0,0457 ± 0,0203	0,0238 ± 0,0086
PL21 (kg)	-0,0059 ± 0,0023	-0,0164 ± 0,0136	-0,0182 ± 0,0172
TLN (nº de leitões)	-0,0047 ± 0,0105	-0,0070 ± 0,0101	-0,0073 ± 0,0032
TLD (nº de leitões)	0,0013 ± 0,0007	-0,0031 ± 0,0060	-0,0042 ± 0,0038
TM (%)	0,0148 ± 0,0051	-0,0098 ± 0,0168	0,0003 ± 0,0002

As tendências genéticas dos efeitos genéticos maternos apresentaram-se negativas, ou praticamente nulas, indicando inexistência de preocupação com tal efeito nos programas de melhoramento das populações estudadas.

Segundo ROEHE e KENNEDY (1993a), o efeito genético materno influencia a reposta pela seleção direta para tamanho de leitegada ao nascimento, e as estimativas de tendências genéticas e ambientais para tamanho de leitegada são viesadas quando o efeito materno for ignorado.

BRADFORD (1972), estudando efeito materno em cabras, cita que há necessidade de programas genéticos designados a melhorar o desempenho materno, não apenas por causa da contribuição direta deste componente, mas também pelo aparente efeito do ambiente materno na expressão da variação genética na taxa de crescimento. Sugere, ainda, maior ênfase ao desenvolvimento de linhas fêmeas especializadas com desempenho materno superior.

Os trabalhos de tendência genética materna são raros, sobretudo em suínos. Os efeitos genéticos aditivos maternos têm recebido atenção apenas do ponto de vista teórico, em estudos. Mas, como visto no teste da razão de verossimilhança, a inclusão do efeito materno, juntamente com os efeitos permanentes de meio, foi significativa para a maioria das características e,

portanto, deve fazer parte dos modelos, no processo de avaliação animal, principalmente no que se refere a raças utilizadas para produzir fêmeas, em que a habilidade materna em produzir com qualidade e quantidade deve merecer atenção adequada.

Outro fator que pode ajudar a explicar estas baixas, nulas ou negativas estimativas de tendência genética dos efeitos direto e materno, é o antagonismo existente entre tais efeitos, verificado pela altas e negativas correlações entre eles. Desta forma, ao se selecionarem indivíduos apenas com base nas informações de seus efeitos genéticos direto, está se reprimindo a habilidade ou capacidade materna destes, e assim, estaria então prejudicando ou até mesmo impedindo a melhoria genética da população.

## 5. RESUMO E CONCLUSÕES

No presente trabalho foram utilizados dados de animais Duroc, Landrace e Large White, fornecidos pela empresa COOPERCENTRAL, situada em Chapecó, SC. As características analisadas foram peso da leitegada ao nascimento (PLN), peso da leitegada corrigido para os 21 dias (PL21), tamanho de leitegada ao nascimento (TLN), tamanho de leitegada ao desmame (TLD) e taxa de mortalidade do nascimento ao desmame (TM).

O trabalho consistiu em estimar componentes de variância, valores genéticos e tendências genéticas; e verificar a importância da inclusão do efeito materno nos modelos de avaliação animal, avaliando quatro diferentes modelos classificados, de acordo com a inclusão de um ou mais efeitos aleatórios, além do residual, da seguinte maneira: modelo 1 - efeito genético aditivo direto, modelo 2 - efeito genético aditivo direto e materno, modelo 3 - efeito genético aditivo direto e permanente de meio, e modelo 4 - efeito genético aditivo direto e materno e efeito permanente de meio.

Efeito fixo, de grupo contemporâneo, foi considerado nos modelos, sendo que para as raças Landrace e Large White foi constituído por rebanho, ano e estação de parição; para a raça Duroc consideraram-se os efeitos de ano e estação de parição. O efeito da covariável idade da porca à parição, linear (registros das três primeiras partições) para Duroc e quadrático (registros das

quatro primeiras partições) para Landrace e Large White, foi incluído nos modelos. Estações de parição foram classificadas em: 1- dezembro a fevereiro, 2- março a maio, 3- junho a agosto e 4- setembro a novembro.

Os componentes de variância, atribuídos aos efeitos aleatórios, foram estimados pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML), e estes componentes foram então utilizados para a estimação das herdabilidades direta, materna e total, do efeito permanente de meio (comum de leitegada), da correlação genética aditiva direta, da correlação genética aditiva entre os efeitos direto e materno, bem como na avaliação genética dos animais.

O teste da razão de verossimilhança foi aplicado para verificar qual dos modelos citados anteriormente seria mais adequado na avaliação genética, para cada raça e característica.

As estimativas de tendências genéticas foram obtidas por meio da regressão das médias dos valores genéticos dos efeitos genéticos aditivos direto e materno das características, obtidas no modelo 4 (modelo mais adequado para a maioria das características e raças), em função do ano de nascimento da porca.

As herdabilidades direta e total apresentaram, em geral, valores médios baixos, destacando a importância da seleção com base nas informações de parentes, para o melhoramento destas características. A grande influência do meio, sobre as características reprodutivas, indica a importância de se fornecer um ambiente adequado aos animais. A herdabilidade materna foi geralmente baixa, e as correlações, entre os efeitos genéticos aditivos direto e materno, foram, de modo geral, altas e negativas, evidenciando certo antagonismo entre estes efeitos.

As correlações genéticas entre as características peso da leitegada ao nascer, peso da leitegada aos 21 dias, tamanho de leitegada ao nascer e tamanho de leitegada ao desmame foram positivas. Já as correlações genéticas entre essas características e taxa de mortalidade tenderam a ser negativas. Esses resultados indicam que devem ser utilizadas metodologias que não desprezem tais correlações. Para tanto, no processo de seleção, devem ser adotados procedimentos multivariados. Mas a análise destas cinco características,

simultaneamente, certamente levaria a problemas computacionais. Uma alternativa para este problema seria descartar as características PLN e PL21, porque elas são altamente e positivamente correlacionadas com TLN e TL21.

No teste da razão de verossimilhança, constatou-se que a inclusão do efeito genético aditivo materno (modelo 2), efeito permanente de meio (modelo 3) ou de ambos os efeitos (modelo 4) tendeu, em todas as raças e características, a obter valores maiores de  $\log_e L$ , quando comparados com os valores obtidos pelo modelo 1. O teste da razão de verossimilhança indicou diferentes modelos para diferentes características e raças, sendo que o modelo completo, modelo que inclui os efeitos direto, materno e permanente de meio, foi o que apresentou mais adequado para a maioria das características.

As estimativas de tendência genética, dos efeitos genéticos direto, mostraram pouco ou nenhum progresso genético nestas características de leitegada, nas raças Landrace e Large White, e, na raça Duroc, ocorreu tendências genéticas negativas, indicando a grande dificuldade que se tem para melhorar características reprodutivas. As estimativas de tendência genética dos efeitos genéticos materno apresentaram-se, em geral, negativas. Um fator que pode ajudar a explicar estas baixas, nulas ou negativas estimativas de tendência genética dos efeitos direto e materno, é o antagonismo existente entre tais efeitos, verificado pela altas e negativas correlações entre eles. Desta forma, ao se selecionar, apenas com base nas informações dos efeitos direto dos indivíduos, está se reprimindo a habilidade ou capacidade materna destes, prejudicando ou até mesmo impedindo a melhoria genética da população.

Assim, nos modelos estatísticos para avaliação do valor genético animal, visando o melhoramento de características de leitegada, deve-se considerar o efeito materno, evitando-se estimativas viesadas de componentes de (co)variância, e garantindo a eficiência da seleção.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, L.G., ELLER, J.P., COSTA, M.J.R.P., SOUZA, R.C. Produção de leite e desempenho do bezerro na fase de aleitamento em três raças bovinas de corte. **R. Soc. Bras. Zoot.**, v. 22, n. 5, p. 745-754, 1993.
- ALBUQUERQUE, L.G., FRIES, L.A. Parâmetros genéticos da produção de leite e crescimento do bezerro até a desmama, como características da vaca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. **Anais ...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. v. 3, p. 22-24.
- ALFONSO, L., NOGUERA, J.L., BABOT, D., ESTANY, J. Selection for litter size in swine using a multivariate animal model. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 5, 1994, Guelph. **Proceedings...** Guelph: University of Guelph, 1994. v. 17, p. 347-350.
- ALVES, R.G.O. **Estudo genético de características reprodutivas em suínos e avaliação de curvas de crescimento em cruzamentos dialélicos.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1986. 124p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, 1986.
- ANDERSON, R.D. **Variance components.** In: USE of mixed model for prediction and for estimation of (co)variance components. Armidale: University of New England, AGBU, 1984. p. 77-145.
- AVALOS, E., SMITH, C. Genetic improvement for litter size in pigs. **Anim. Prod.**, v. 44, n. 01, p. 153-164, 1987.

- BAAS, T.J., CHRISTIAN, L.L., ROTHSCILD, M.F. Heterosis and recombination effects in Hampshire and Landrace swine: I. Maternal traits. **J. Anim. Sci.** v. 70, n. 01, p. 89-98, 1992.
- BABOT, D., NOGURA, J.L., ALFONSO, L., ESTANY, J. Influence of management effects and comparison group size on the prediction of breeding values for litter size in pigs. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 5, 1994. Guelph. **Proceedings...** Guelph: University of Guelph, 1994. v. 17, p. 351-354.
- BARBOSA, A.S., ARAÚJO, C.V., AQUINO, L.H., OLIVEIRA, A.I.G., GONÇALVES, T.M. Estimativas de parâmetros genéticos de características reprodutivas de suínos da raça Piau. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. v. 3, p. 311-313.
- BENNET, G.L., LEYMASTER, K. A. Integration of ovulation rate, potential embryonic viability and uterine capacity into a model of litter size in swine. **J. Anim. Sci.**, v. 67, n. 5, p. 1230-1241, 1989.
- BICHARD, M. Attempts to select for larger litters. **Pig Improve**, v. 4, n. 2, p. 1-2, 1983.
- BIDANEL, J.P., GRUAND, J., LEGAULT, C. An overview of twenty years of selection for litter size in pigs using “hyperprolific” schemes. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 5, 1994, Guelph. **Proceedings...** Guelph: University of Guelph, 1994. v. 17, p. 512-515.
- BOLDMAN, K.G., KRIESE L.A., Van VLECK, L.D., Van TASSELL, C.P., KACHMAN, S.D. **A Manual for Use of MTDFREML. A set of programs to obtain estimates of variance and covariance** [Draft]. Lincoln, U.S. Department of Agriculture, Agriculture Research Service, 1995. 115p.
- BRADFORD, G.E., CHAPMAN, A.B., GRUMMER, R.H. Effects of inbreeding, selection, linecrossing and topcrossing in swine. III. Predicting combining ability and general conclusions. **J. Anim. Sci.**, v. 17, n. 2, p. 456-467, 1958.
- BRADFORD, G.E. The role of maternal effects in animal breeding: VII. Maternal effects in sheep. **J. Anim. Sci.**, v. 35, n. 6, p. 1324-1334, 1972.

- BRYNER, S.M., MABRY, J.W., BERTRAND, J.K., BENYSHEK, L.L. and KRIESE, L.A. Estimation of direct e maternal heritability and genetic correlation for backfat and growth rate in swine using data from centrally tested Yorkshire boars. **J. Anim. Sci.**, v. 70, n. 6, p. 1755-1759, 1992.
- CHENETTE, C.G., FRAHM, R.R., WHITEMAN, J.V. Direct and correlated responses to selection for increase weaning and yearling weights in Hereford cattle. II. Evaluation of response. **Anim. Sci. Res. Rep.**, v.112, p. 301-307, 1982.
- CHRISTENSON, R.K., LEYMASTER, K.A., YOUNG, L.D. Justification of unilateral hysterectomy ovariectomy as a model to evaluate uterine capacity in swine. **J. Anim. Sci.**, v. 65, n. 3, p. 738-744, 1987.
- COATES, A. PIC doubles boar testing facilities. **Pig Improver.**, v. 4, n. 1, p. 1-5, 1983.
- COBUCCI, J.A., OLIVEIRA, A.I.G., GONÇALVES, T.M. Parâmetros genéticos de características reprodutivas em suínos híbridos - comparação de métodos usados na estimativa. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA. ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. v. 3, p. 314-316.
- CORBEIL, R.R., SEARLE, S.R. A comparison of variance component estimators. **Biometrics**, v. 32, n. 04, p. 779- 791, 1976.
- CORRÊA DA COSTA, A.R. **Avaliação genética e valores econômicos de características de desempenho em suínos.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1999. (no prelo). Dissertação (Mestrado em Zootecnia)- Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- COSTA, C.N., FÁVERO, J.A., COSTA, O.A.D., IRGANG, R. Eficiência reprodutiva, prolificidade e desempenho de leitegadas de fêmeas suínas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 26, 1989, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1989. p. 394.
- CUNDIFF, L.V. The role of maternal effects in animal breeding: VII. Comparative aspects of maternal effects. **J. Anim. Sci.**, v. 35, n. 6, p. 1335-1337, 1972.
- CUNNINGHAM, P.J., ENGLAND, M.E., YOUNG, L.D., ZIMMERMAN, D.R. Selection for ovulation rate in swine: correlated response in litter size and weight. **J. Anim. Sci.**, v. 48, n. 3, p. 509-516, 1979.

- DE LOS REYES, A., LÔBO, R.B., OLIVEIRA, H.N., BEZERRA, S.P.F., MESSAGE Jr. A., GESTAL, R.L.P. Estimativa de efeitos genético direto e maternal para pesos até 365 dias, usando modelo animal bivariado em rebanhos Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31, 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: SBZ, 1994. p.167.
- DZIUK, P. In: **Manipulating Pig Prod., Porc. Inaugural Conf.** Australian Pig Science, 1987.
- ELER, J.P., LOBO, R.B., DUARTE, F.A.M. Avaliação dos efeitos genéticos direto e materno em pesos de bovinos da raça Nelore criados no Estado de São Paulo. **R. Soc. Bras. Zoot.**, v. 18, n. 2, p. 112-123, 1989.
- ELER, J.P., LOBO, R.B. Índices de seleção, respostas correlacionadas para efeitos genéticos direto e materno e predição das respostas fenotípicas no peso à desmama de bovinos da raça Nelore criados no estado de São Paulo. **R. Soc. Bras. Zoot.**, v. 18, n. 2, p. 124-134, 1989.
- EUCLYDES, R.F. **Sistema para Análises Estatísticas (SAEG) versão 7.1.** Viçosa, MG: UFV, 1997. 152p.
- FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa.** Viçosa, MG: UFV, 1981. 279p.
- FERRAZ, J.B.S., JOHNSON, R.K. Animal model estimation of genetic parameters and response selection for litter size and wieght, growth and backfat in closed seedstock populations of Large White and Landrace swine. **J. Anim. Sci.**, v. 71, n. 4, p. 850-858, 1993.
- FIREMAN, F.A.T., SIEWERDT, F. Efeito do peso ao nascer sobre a mortalidade de leitões do nascimento até 21 dias de idade. **R. Soc. Bras. Zoot.**, v. 26, n. 3, p. 479-484, 1997.
- FOULLEY, J.L., LEFORT, G. Méthodes déstimation des effects directs et maternles en sélection animale. **Ann. Génét. Séléc. Anim.**, v. 10, n. 3, p. 476-496, 1978.
- FREITAS, R.T.F., OLIVEIRA, A.I.G., LIMA, J.A.F., ALMEIDA, A.J.L., SOARES, M.C. Estudo de características reprodutivas em matrizes de criações de suínos no Sul do Estado de Minas Gerais. **R. Soc. Bras. Zoot.**, v. 21, n. 2, p.186-199, 1992.

- GRAZER, H.U., SMITH, S.P., TIER, B. A derivate-free approach for estimating variance components in animal models by restricted maximum likelihood. **J. Anim. Sci.**, v. 64, n. 5, p. 1362-1370, 1987.
- HALEY, C.S., AVALOS, E., SMITH, C. Selection for litter size in the pig. **Anim. Breed. Abstr.**, v.53, p.317, 1988.
- HENDERSON, C.R. Recent developments in variance and covariance estimation. **J. Anim. Sci.**, v. 63, n. 1, p. 208-216. 1986.
- HILL, W.G. Estimation of realized heritabilities from selection experiments. I. Selection in one direction. **Biometrics**, v. 28, n. 3, p. 767-780, 1972a.
- HILL, W.G. Estimation of realized heritabilities from selection experiments. II. Divergent selection. **Biometrics**, v. 28, n. 3, p. 747-765, 1972b.
- HILL, W.G. Genetic improvement of reproductive performance in pigs. **Pig News Inf.**, v. 3, n. 2, p. 137-141, 1982.
- HOHENBOKEN, W.D. **Maternal Effects**. In: GENERAL and quantitative genetics. Amsterdam: Elsevier Science, 1985. p. 135-149.
- IRGANG, R., FÁVERO, J.A., KENNEDY, B.W. Estimativas de herdabilidade e correlação genética para tamanho de leitegada de diferentes parições em porcas Duroc, Landrace e Large White. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31, 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: SBZ, 1994a. p. 248.
- IRGANG, R., FÁVERO, J.A., KENNEDY, B.W. Genetic Parameters for Litter Size of Different Parities in Duroc, Landrace, and Large White Sows. **J. Anim. Sci.**, v. 72, n. 9, p. 2237-2246. 1994b.
- IRGANG, R., FÁVERO, J.A., KENNEDY, B.W. Variâncias genética e de ambiente comum e prolificidade em diferentes parições de porcas Duroc, Landrace e Large White. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31, 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: SBZ, 1994c, p. 249.
- IRGANG, R., FÁVERO, J.A., MEDEIROS, G. Tendências fenotípicas e genéticas do número de leitões nascidos vivos em porcas Landrace e Large White. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. v. 3, p. 320-323.

- JOAKIMSEN, O., BAKER, R.L. Selection for litter size in mice. **Acta Agric. Scand.**, v. 27, p. 301-318, 1977.
- JOHANSSON, K., KENNEDY, B.W. Estimation of genetic parameters for reproductive traits in pigs. **Acta Agric. Scand.**, v. 35, p. 421, 1985.
- JOHNSON, R.K. Selection for fertility in swine. **Pig News Inf.**, v. 13, n. 2, p. 59-61, 1992.
- JOHNSON, R.K., ZIMMERMAN, D.R., KITTOC, R.J. Selection for components of reproduction in swine. **Livest. Prod. Sci.**, v. 11, n. 6, p. 541-558, 1984.
- KEELE, J.W., JOHNSON, R.K., YOUNG, L.D. Comparison of methods of predicting breeding values of swine. **J. Anim. Sci.**, v. 66, n. 12, p. 3040-3048, 1988.
- KOCH, R.M. The role of maternal effects in animal breeding: VI. Maternal effects in beef cattle. **J. Anim. Sci.**, v.35, n.6, p.1316-1323, 1972.
- LASLEY, E.L. Ovulation prenatal mortality and litter size in swine. **J. Anim. Sci.**, v.16, p.335, 1957.
- LEDUR, M.C., CARREGAL, R.D., SOBRINHO, E.B. Avaliação da heterose e da habilidade materna na fase de crescimento de coelhos de corte. **R. Soc. Bras. Zoot.**, v. 23, n. 2, p. 165-172, 1994.
- LEGATES, J.E. The role of maternal effects in animal breeding: IV. Maternal effects in laboratory species. **J. Anim. Sci.**, v. 35, n. 6, p. 1294-1302, 1972.
- LEGAULT, C., GRUAND, J. Improvement of litter size in sows by the creation of a “hiperprolific” line and the use of artificial insemination. Theory and preliminary experimental results. **J. Recher. Porcine France.** v. 6, p. 201-208, 1976.
- LEYMASTER, K. A., JOHNSON, R. K. Second thoughts on selection for components of reproduction in swine. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 5, 1994, Guelph. **Proceedings...** Guelph: University of Guelph, 1994. v. 17, p. 307- 314.
- LOPES, P.S. **Avaliação genética de suínos utilizando metodologia de modelos mistos.** Viçosa, MG: UFV, 1994. 98p. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Federal de Viçosa, 1994a.

- LOPES, P.S., FREITAS, R.T.F., FERREIRA, A.S. **Melhoramento de suínos**. Viçosa, MG: UFV, 1994b. 39p.
- MARÍA, G.A., BOLDMAN, K.G., Van VLECK, L.D. Estimates of variance due to direct and maternal effects for growth traits of Romanov sheep. **J. Anim. Sci.**, 71, n. 4, p. 845-849, 1993.
- MARTINS, E.N. **Desenvolvimento de uma estratégia computacional para a seleção de coelhos usando a melhor predição linear não-viesada**. Viçosa, MG: UFV, 1995. 117p. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- MAGNABOSCO, C.U., LÔBO, R.B., REYES, A., MARTINS, E.N., FAMULA, T. Inferência bayesiana na estimação de parâmetros genéticos para peso aos 205 dias de idade em bovinos da raça nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. v. 3, p. 165-167.
- MATHERSON, G., POUJARDIEU, B. LEFORT, G. A model of estimation the genetic parameters in the presence of genetics direct and maternal effects in the rabbits. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 1974, [s.l.]. **Proceedings...** [s.l.]: 1974, v. 3, p. 447-453.
- MERCADANTE, M.E.Z., LÔBO, R.B. Estimativas de (co)variâncias e parâmetros genéticos dos efeitos direto e materno de características de crescimento de fêmeas de um rebanho nelore. **R. Bras. Zootec.**, v.26, n.6, p.1124-1133, 1997.
- MERCER, J.T., HOSTE, S. Prospects for the commercial use of chinese pigs. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 5, 1994, Guelph. **Proceedings...** Guelph: University of Guelph, 1994. v. 17, p. 327-334.
- MESSER, L., WANG, L., LEGAULT, C., ROTHSCHILD, M.F. Mapping and investigation of candidate genes for litter size in French Large White pigs. **Anim. Genet.**, v. 27, p.114, 1996. (Suppl., 2).
- MEYER, K. Between algorithms: A “Short Cut” restricted maximum likelihood procedure to estimate variance components. **J. Dairy Sci.**, v. 69, n. 7, p. 1904-1916, 1986.
- MEYER, K., CARRICK, M.J., DONNLEY, B.J.P. Genetic parameters for milk production of Australian beef cows and weaning weight of their calves. **J. Anim. Sci.**, v.72, n. 5, p. 1155-1165, 1994.

- MILAGRES, J.C., FEDALTO, L.M., PEREIRA, J.A.A., COSTA, P.M.A. Fontes de variação de tamanho e pesos de leitegadas do nascimento aos 21 dias de idade, nas raças Duroc, Landrace e Large White. I. Tamanho da Leitegada. **R. Soc. Bras. Zoot.**, v. 10, n. 4, p. 653-671, 1981a.
- MILAGRES, J.C., FEDALTO, L.M., PEREIRA, J.A.A., COSTA, P.M.A. Fontes de variação de tamanhos e pesos de leitegadas do nascimento aos 21 dias de idade, nas raças Duroc, Landrace e Large White. II. Pesos de leitões e leitegadas. **R. Soc. Bras. Zoot.**, v. 10, n. 4, p. 672-691, 1981b.
- MILAGRES, J.C., FEDALTO, L.M., PEREIRA, J.A.A., COSTA, P.M.A. Fontes de variação de tamanhos e pesos de leitegadas do nascimento aos 21 dias de idade, nas raças Duroc, Landrace e Large White. III. Mortalidade de leitões. **R. Soc. Bras. Zoot.**, v. 10, n. 4, p. 692-705, 1981c.
- MILAGRES, J.C., FEDALTO, L.M., PEREIRA, J.A.A., COSTA, P.M.A. Fontes de variação de tamanhos e pesos de leitegadas do nascimento aos 21 dias de idade, nas raças Duroc, Landrace e Large White. V. Parâmetros genéticos. **R. Soc. Bras. Zoot.**, v. 10, n. 4, p. 720-734, 1981d.
- NELSON, R.E., ROBISON, O. W. Comparisons of specific two-and three-way crosses of swine. **J. Anim. Sci.**, v. 42, n. 5, p. 1150-1157, 1976.
- NICOLAO, N.A. **Produtividade de porcas mestiças em uma exploração comercial em Jequeri, Minas Gerais.** Viçosa, MG: UFV, 1982. 116p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Viçosa, 1982.
- NOBRE, P.R.C., EUCLIDES FILHO, K., ROSA, A.N. Componentes materno e direto das tendências genéticas para pesos em gado Nelore. **R. Soc. Bras. Zoot.**, v. 17, n. 1, p. 01-16, 1988.
- NOGUERA, J.L., PÉREZ-ENCISO, M., ALFONSO, L., BABOT D., ESTANY, J. A selection experiment for increasing litter size of Landrace pigs in Spain. In: **WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION**, 5, 1994, Guelph. **Proceedings...** Guelph: University of Guelph, 1994. v. 17, p. 343-346.
- OLLIVIER, L. Five generations of selection for increasing litter size in swine. **Genetics**, v. 74, n. 2, p. 202, 1973. (Supl., 2).
- OLLIVIER, L. Selection for prolificacy in the pig. **Pig News Inf.**, v. 3, n. 4, p. 383-388, 1982.

- OLLIVIER, L., BOLET, G. Selection for prolificacy in the pig: results of a 10 generation selection experiment. **J. Recher. Porcine France**, v. 11, p. 261-268, 1981.
- PARK, Y.I., KIM, J.B. Heritabilities of litter size and litter weight at birth in swine. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 3, 1986, Lincoln. **Proceedings...** Lincoln: 1986. v. 10, p. 59-62.
- PARTANEN, J. The influence of litter number and season on the litter size. **Anim. Breed. Abst.**, v. 18, n. 3, p. 304, 1950. (Resumo).
- PAVLIK, J., POVR, M., HOVORKA, F. Birth weight and its relationship with further growth in piglets from different commercial crossings. **Anim. Breed. Abst.**, v. 38, n. 2, p. 285, 1970. (Resumo).
- PATTERSON, H.D., THOMPSON, R. Recovery of inter-block information when block size are unequal. **Biometrika**, v. 58, n. 3, p. 545-554, 1971.
- PEREZ-ENCISO, M., FOULLEY, J.L., BONDIM, L., POIVEY, J.P. Genetic implications of a bivariate threshold model for litter size components. **J. Anim. Sci.**, v. 72, n. 11, p.2775-2786, 1994.
- POLASTRE, R., MOURA, A.S.A.M.T., CARMELO, M.J. Estudo de efeitos genéticos direto e materno em características de produção de coelhos Selecta. **R. Soc. Bras. Zoot.**, v. 21, n. 5, p. 855-865, 1992.
- POND, W.G., ROBERTS, S.J., DUNN, J.A., WILLMAN, J.P. Late embryonic mortality and stillbirth in three breeds of swine. **J. Anim. Sci.**, v. 19, n. 3, p. 881-886, 1960.
- QUEIROZ, S.A., ALBUQUERQUE, L.G., DIAS, A.S.C. Avaliação dos efeitos genéticos diretos e materno sobre características de crescimento em bezerros da Raça Caracu. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32, 1995, Brasília. **Anais...** Brasília: SBZ, 1995. p. 668-669.
- RAO, C.R. **Linear Statistical Inference and its Applications**. 2 Ed. New York: John Willy & Sons, 1973. p. 417-420.
- RATHJE, T.A., GAMA, L.T., JOHNSON, R.K. **J. Anim. Sci.**, v. 71, p. 94, 1993. (suppl. 1).

- RATHJE, T.A., ROHRER, G.A., JOHNSON, R.K. Evidence for quantitative trait loci affecting ovulation rate in pigs. **J. Anim. Sci.**, v. 75, n. 6, p. 1486-1494, 1997.
- REVELLE, T. J., ROBISON, O. W. An explanation for the low heritability of litter size in swine. **J. Anim. Sci.**, v. 37, n. 3, p. 668-675, 1973.
- ROBISON, O.W. The role of maternal effects in animal breeding: V. Maternal effects in swine. **J. Anim. Sci.**, v. 35, n. 6, p. 1303-1315, 1972.
- ROEHE, R., KENNEDY, B.W. Efficiency of an approximate animal model for maternal and direct genetic effects of litter size in swine. **J. Anim. Sci.**, v. 71, n. 12, p. 3251-3260, 1993a.
- ROEHE, R., KENNEDY, B.W. The influence of maternal effects on accuracy of evaluation of litter size in swine. **J. Anim. Sci.**, v. 71, n. 9, p. 2353-2364, 1993b.
- ROHRER, G.A., TAYLOR, J.F., SANDERS, J.O., THALLMAN, R.M. Evaluation of line and breed of cytoplasm effects on performance of purebred Brangus cattle. **J. Anim. Sci.**, v. 72, n. 11, p. 2798-2803, 1994.
- ROSO, V.M. Parâmetros genéticos para ganho de peso médio diário e espessura de toucinho em suínos de diferentes grupos raciais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. v. 3, p. 332-334.
- ROSO, V.M., SEVERO, J.L.P. Efeito da ordem do parto sobre o número de leitões nascidos vivos em leitegadas Landrace x Large White. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. v. 3, p. 314-316.
- ROTHSCHILD, M.F., JACOBSON, C., VASKE, D.A., TUGGLE, C.K., SHORT, T.H., SASAKI, S., ECKARDT, G.R., McLAREN, D.G. A major gene for litter size in pigs. In: WORLD CONGRES ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 5, 1994, Guelph. **Proceedings...** Guelph: University of Guelph, v. 21, p. 225-228, 1994.
- SEARLE, S.R. **Linear models**. New York: John Wiley, Sons, 1971. 532p.

- SHOSTAK, B., METODIEV, S. Effects of line, parity and farrowing season on reproduction ability in Danube White sows. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 5, 1994, Guelph. **Proceedings...** Guelph: University of Guelph, 1994. v. 17, p. 359-361.
- SHORT, T.H., WILSON, E.R., MCLAREN, D.G. Relationships between growth and litter traits in pig dam lines. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 5, 1994, Guelph. **Proceedings...** Guelph: University of Guelph, 1994. v. 17, p. 413-416.
- SIEWERDT, F., ROSA, V.C., CARDELLINO, R.A. Fatores genéticos que contribuem com a mortalidade de leitões até 21 dias na raça Large White. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 30, 1993, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBZ, 1993. p. 211.
- SIEWERDT, F., CARDELLINO, R.A. Parâmetros genéticos da mortalidade de leitões até 21 dias de idade, na raça Landrace. **R. Soc. Bras. Zoot.**, v. 25, n. 5, p. 902-909, 1996.
- SILIÓ, L., RODRIGUEZ, M.C., TORO, M.A., RODRIGÁÑEZ, J. Maternal and individual genetic effects on piglet weight. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 5, 1994, Guelph. **Proceedings...** Guelph: University of Guelph, 1994. v. 17, p. 355-358.
- SILVA, I.S. **Efeito de fatores genéticos e ambiente sobre a produtividade de porcas das raças Duroc, Landrace, Large White.** Viçosa, MG: UFV, 1988. 114p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Viçosa, 1988.
- SILVA, M.A. **Melhoramento animal: métodos de estimação de componentes genéticos.** Viçosa, MG: UFV, 1980. 49p.
- SILVA, R.G. **Métodos de genética quantitativa aplicados ao melhoramento animal.** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1982. 162p.
- SKJERVOLD, H. A breeding scheme to improve prolificacy in pigs by intense sire and dam selection. **Pig News Inf.**, v. 4, n. 4, p. 427-430, 1983.
- SORENSEN, D.A., KENNEDY, B.W. Estimation of response to selection using least-squares and mixed model methodology. **J. Anim. Sci.**, v. 58, n. 5, p. 1097-1106, 1984.

- SORENSEN, D.A., KENNEDY, B.W. Analysis of selection experiments using mixed model methodology. **J. Anim. Sci.**, v. 63, n. 1, p. 245-258, 1986.
- SORENSEN, D.A. Predicted breeding values for litter size with an animal model used in the Danish pig breeding program. **Report from the Natl. Inst. Anim. Sci. Denmark.** p. 27, 1991.
- SOUSA, W.H., TORRES, R.A., LEITE, P.R.M. Estimativas de componentes de variância devido aos efeitos direto e materno para características de crescimento em caprinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32, 1995, Brasília. **Anais...** Brasília: SBZ, 1995. p. 721-722.
- SOUTHWOOD, O.I., KENNEDY, B.W. Genetic and environmental trends for litter size in swine. **J. Anim. Sci.**, v. 69, n. 8, p. 3177-3182, 1991.
- STORMONT, C. The role of maternal effects in animal breeding: I. Passive immunity in newborn animals. **J. Anim. Sci.**, v. 35, n. 6, p. 1275-1279, 1972.
- STRANG, G. S., SMITH, C. A note on the heritability of litter traits in pigs. **Anim. Prod.**, v. 28, n. 3, p. 403-406, 1979.
- TESS, M.W., MacNEIL, M.D. Evaluation of cytoplasmic genetic effects in Miles City line 1 Hereford cattle. **J. Anim. Sci.**, v. 72, n.4, p. 851-856, 1994.
- TORRES Jr., R.A.A. **Eficiência das informações de diferentes grupos contemporâneos na avaliação genética de suínos utilizando modelos mistos em procedimentos uni e multivariados.** Viçosa, MG: UFV, 1996. 117p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento)-Universidade Federal de Viçosa, 1996.
- UPNMOOR, I. **Influência de fatores genéticos e de ambiente sobre a produtividade de suínos mestiços Landrace e Large White.** Viçosa, MG: UFV, 1984. 180p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Viçosa, 1984.
- Van VLECK, L.D. Theoretical and actual genetic progress in dairy cattle. **Acta Agric. Scan.**, v.32, p.48-60, 1982.
- VANGEN, O. Problems and possibilities for selection for fecundity in multiparous species. **Pig News Inf.**, v. 2, n. 3, p. 257-263, 1981.

- WILLHAM, R.L. The covariance between relatives for characters composed of components contributed by related individuals. **Biometrics**, v. 19, n. 1, p. 18-26, 1963.
- WILLHAM, R.L. The role of maternal effects in animal breeding: III. Biometrical aspects of maternal effects in animals. **J. Anim. Sci.**, v. 35, n. 6, p. 1288-1293, 1972.
- WINTERS, L.M., CUMMINGS, J.N., STEWART, H.A. A study of factors affecting survival from birth to weaning and total weaning weight of the litter in swine. **J. Anim. Sci.**, v. 6, n. 3, p. 288-296, 1947.
- YOUNG, L.D. Reproduction of one-half and one-quarter Meishan, Fengjing, Minzhu and Duroc gilts and sows. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 5, 1994, Guelph. **Proceedings...** Guelph: University of Guelph, 1994. v.17, p. 335-338.