

ANDRÉ RIBEIRO CORRÊA DA COSTA

**AVALIAÇÃO GENÉTICA E VALORES ECONÔMICOS DE
CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO 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
AGOSTO - 1999

ANDRÉ RIBEIRO CORRÊA DA COSTA

**AVALIAÇÃO GENÉTICA E VALORES ECONÔMICOS DE
CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO 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: 08 de fevereiro de 1999.

Marília Fernandes Maciel Gomes

Robledo de Almeida Torres

Martinho de Almeida e Silva

Adair José Regazzi
(Conselheiro)

Paulo Sávio Lopes
(Orientador)

A meus avós Benjamin, Ribeiro e Demétrica, com carinho.

A minha avó Esmeralda (*in memoriam*), com saudade.

A meus pais Antônio e Maura, com admiração.

A meus irmãos Daniela e Bruno, com carinho.

À Adriana, minha noiva, com muito amor.

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade oferecida.

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

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

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

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

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

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

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

À professora Marília Fernandes Maciel Gomes, pela ajuda e pelas sugestões.

A minha noiva Adriana Dalla Valle, pelo apoio, pela compreensão e pela confiança a mim dedicados.

Aos colegas Aldrin, Amauri, Ana Paula, Braccini, Eliane, Jaime, Julio, Paulo, Policarpo, Renato, Ricardo, Rodolpho, Shiguero, Sandra e William, pela amizade e pelo grato convívio.

Aos professores Rinaldo Polastre e Ana Silvia Alves Meira Tavares Moura, pela orientação, pela amizade e pela confiança durante os anos de graduação.

Aos professores, funcionários e alunos do Departamento de Zootecnia e dos demais departamentos ligados ao curso de Zootecnia, pelo saudável convívio.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

ANDRÉ RIBEIRO CORRÊA DA COSTA, filho de Antônio Benjamim Fontoura Corrêa da Costa e Maura Marcondes Ribeiro, nasceu em Campo Grande, Mato Grosso do Sul, em 31 de julho de 1970.

De março de 1990 a novembro de 1994, foi estudante do curso de Zootecnia na Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, São Paulo. Durante grande parte desse período, foi bolsista de iniciação científica do CNPq, no Programa de Melhoramento de Coelhos, sob orientação do professor Rinaldo Polastre, do Departamento de Nutrição e Melhoramento Animal, e da professora Ana Sílvia Alves Meira Tavares Moura, do Departamento de Produção Animal, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UNESP.

Em dezembro de 1994, graduou-se em Zootecnia.

De dezembro de 1994 a fevereiro de 1997, trabalhou na empresa COOPERCENTRAL, em Chapecó, Santa Catarina, sendo responsável pela área de melhoramento genético de suínos.

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

Em 8 de fevereiro de 1999, submeteu-se aos exames finais de defesa de tese.

CONTEÚDO

	Página
EXTRATO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Métodos de avaliação genética	3
2.2. Métodos de estimação de componentes de (co)variância	5
2.3. Estimação de tendências genéticas	8
2.4. Métodos de obtenção de valores econômicos	9
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1. Instalações, alimentação e manejo dos animais	16
3.2. Dados e modelo	18
3.3. Estimação dos componentes de (co)variância	20
3.4. Estimação das tendências genéticas	20
3.5. Obtenção dos valores econômicos	21

	Página
3.6. Índice econômico	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1. Componentes de (co)variância, herdabilidades e correlações ..	23
4.2. Tendências genéticas	33
4.3. Valores econômicos	38
4.4. Índice econômico	40
5. RESUMO E CONCLUSÕES	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

EXTRATO

COSTA, André Ribeiro Corrêa da, M.S., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 1999. **Avaliação genética e valores econômicos de características de desempenho em suínos.** Orientador: Paulo Sávio Lopes. Conselheiros: Ricardo Frederico Euclides e Adair José Regazzi.

Dados de suínos Large White (LW), Landrace (LD) e Duroc (DU) foram utilizados na estimação dos componentes de variância, dos valores genéticos e das tendências genéticas e na determinação dos valores econômicos para peso ajustado aos 70 dias (PA70), ganho de peso diário (GPD) e espessura de toucinho (ET). Os componentes de (co)variância foram estimados pelo método de máxima verossimilhança restrita (REML). Esses componentes foram utilizados no cálculo das estimativas das herdabilidades; do efeito comum de leitegada; e das correlações genética, de leitegada e residual; bem como na avaliação genética dos animais. As estimativas de tendências genéticas foram obtidas por meio da regressão das médias dos valores genéticos das características, em função do ano de nascimento do animal. Os valores econômicos foram obtidos por meio da derivada parcial da equação de lucro por suíno, em relação a PA70, GPD e ET. As características apresentaram valores de herdabilidades de médio a alto, indicando a possibilidade de ganhos genéticos por meio de seleção. As correlações genéticas entre PA70 e GPD (LW = 0,46; LD = 0,08; e DU = -0,47) e entre PA70 e ET (LW = 0,48; LD = 0,31;

e $DU = 0,47$) indicam que a pré-seleção, efetuada aos 70 dias, pode influir na seleção de GPD e ET. As correlações entre GPD e ET ($LW = 0,31$; $LD = 0,33$; e $DU = 0,02$) indicam que a associação entre essas duas características pode atrasar o progresso genético, quando estas são selecionadas, separadamente, em programas de melhoramento genético, razão por que deverão ser selecionadas pelo uso de metodologias ou procedimentos multivariados. As estimativas de tendência genética, para PA70 ($LW = -0,22$; $LD = -0,24$; e $DU = -0,57$), foram negativas, em razão, provavelmente, da maior ênfase dada à seleção de GPD e ET e das correlações entre essas características. As estimativas de tendência genética, para GPD ($LW = 14,11$; $LD = 9,81$; e $DU = 2,75$) e ET ($LW = -0,07$; $LD = -0,05$; e $DU = -0,04$), estão de acordo com os objetivos do programa e com a correlação existente entre essas características, assim como os valores econômicos, para GPD ($a_{GPD} = 0,0052$) e ET ($a_{ET} = -3,70$), estão em conformidade com o objetivo da indústria suinícola, que é obter um animal com maior quantidade de carne magra, por meio de maior ênfase na seleção de ET do que de GPD.

ABSTRACT

COSTA, André Ribeiro Corrêa da, M.S., Universidade Federal de Viçosa, August 1999. **Genetic evaluation and the economic values of performance traits in swine.** Adviser: Paulo Sávio Lopes. Committee Members: Ricardo Frederico Euclides and Adair José Regazzi.

Data for of Large White (LW), Landrace (LD) and Duroc (DU) swine were used in estimation of the variance components, breeding values and genetic trends as well as in determination of the economic values for adjusted weight at 70-days old (PA70), daily weight gain (GPD) and backfat thickness (ET). The (co)variance components were estimated by the restricted maximum likelihood method (REML). These components were used in calculation of the estimates of heritabilities; common litter effect; and genetic, common litter and residual correlations; as well as in the genetic evaluation of the animals. The genetic trends were estimated by regression of the averages of breeding values as a function of the animal birth year. The economic values were obtained by the partial derivative of the profit equation for each pig in relation to PA70, GPD and ET. The heritability values for the traits ranged from medium to high, so indicating the probability of genetic gains by selection. The genetic correlations between PA70 and GPD (LW = 0.46; LD = 0.08; and DU = -0.47) and between PA70 and ET (LW = 0.48; LD = 0.31; and DU = 0.47) indicate that the prior selection performed at 70-days old might affect the GPD and ET selection.

Correlations between GPD and ET (LW = 0.31; LD = 0.33; and DU = 0.02) indicate that the association between these traits might decrease the genetic advance, when these traits are selected separately in the genetic improvement programs, suggesting that their selection should be based on multivariate methodologies or procedures. The estimates of the genetic trend for PA70 (LW = -0.22; LD = -0.24; and DU = -0.57) were negative, probably due to a greater emphasis given to the selection for GPD and ET and the correlations between these traits as well. The estimates of the genetic trend for GPD (LW = 14.11; LD = 9.81; and DU = 2.75) and ET (LW = -0.07; LD = -0.05; and DU = -0.04) are according to the objectives of the genetic improvement program and to correlation existing between these traits as well. Also the economical values for GPD ($a_{GPD} = 0.0052$) and ET ($a_{ET} = -3.70$) are according to the objective of the swine industry, which consists in obtaining an animal with a greater amount of lean meat by selecting with more emphasis upon ET than GPD.

1. INTRODUÇÃO

A suinocultura brasileira, nesses últimos anos, vem passando por grandes transformações, principalmente quanto à disponibilidade de material genético de qualidade. A abertura do mercado possibilitou a instalação de grandes companhias de melhoramento genético de suínos do mundo no Brasil, empresas estas que estão fazendo grandes investimentos para ocupar o mercado brasileiro.

Porém, na implantação e no desenvolvimento de qualquer programa de melhoramento, é necessária a obtenção de estimativas de parâmetros genéticos na população a ser selecionada, uma vez que, em geral, esses parâmetros são específicos a uma particular população e a determinado período de tempo, e a eficiência da seleção depende de suas magnitudes.

A seleção é o principal instrumento utilizado na escolha dos melhores animais para reprodução. A sua eficiência, que está associada ao progresso genético a ser obtido, baseia-se na utilização de métodos adequados de avaliação dos animais, os quais devem predizer, com precisão, os verdadeiros valores genéticos dos animais.

Apesar de sua importância, a avaliação genética de animais, por meio da melhor predição linear não-viesada (BLUP), tem sido pouco utilizada no país. Na utilização do BLUP, é necessário o conhecimento prévio dos componentes de (co)variância das características em estudo. Esses componentes podem ser estimados por vários métodos, dentre os quais, o da

máxima verossimilhança restrita (REML), que é o recomendado quando se trata de modelos lineares mistos e dados desbalanceados.

Aliada à predição do valor genético do animal para as várias características, é necessária a obtenção de um critério de seleção que combine as informações do indivíduo acerca de um conjunto de variáveis. A influência de cada característica no escore total (critério de seleção) depende do valor econômico desta. O valor econômico relativo de cada característica depende do lucro esperado, em razão do aumento, em cada unidade melhorada, da característica.

Assim, os objetivos deste trabalho foram estimar os parâmetros genéticos necessários à realização de avaliações genéticas e obter valores econômicos relativos para características de desempenho em suínos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Métodos de avaliação genética

O melhoramento genético objetiva alterar o valor fenotípico médio de uma população. O valor fenotípico de um indivíduo é o resultado do seu genótipo mais o efeito do ambiente ao qual ele foi submetido. Tendo em vista que somente os genes são transmitidos à geração seguinte, a avaliação genética deve maximizar a correlação entre o valor fenotípico e o valor genotípico de um indivíduo.

As diferenças fenotípicas entre os indivíduos podem ser classificadas em duas ou mais categorias, dependendo do caráter examinado e das unidades utilizadas. Os caracteres, para os quais há duas ou apenas algumas poucas categorias, são de variação descontínua e considerados controlados por poucos genes. Mendel desenvolveu suas teorias de controle e segregação genéticos com caracteres que revelavam variação descontínua. Em geral, no melhoramento genético, trabalha-se com características de variação contínua, cujo número de categorias é grande e considerado controlado por vários locos.

Baterson, no início do século, foi um dos primeiros a estudar a herança em animais domésticos, ao pesquisar a forma da crista em galinhas e o caráter mocho-chifrudo em bovinos, sugerindo o nome Genética para a nova ciência.

Os primeiros trabalhos da aplicação da genética de populações e quantitativa no melhoramento animal foram desenvolvidos por Lush, que foi um

dos pioneiros da teoria geral da herança de caracteres quantitativos (LUSH, 1931).

Yates (1934), citado por HENDERSON (1973), desenvolveu a técnica de quadrados mínimos para grandes conjuntos de dados com classificação cruzada e desbalanceamento nas subclasses. Segundo HENDERSON (1974), na avaliação por meio do método de quadrados mínimos, não se tem variância mínima do erro de predição; as funções de predição nem sempre são estimáveis; e tende-se a “superavaliar” ou “subavaliar” animais com pequeno número de informações.

LUSH (1931) e WRIGHT (1931) apresentaram a metodologia de índice de seleção, enquanto SMITH (1936) apresentou a aplicação desta em melhoramento de plantas, e HAZEL (1943), em melhoramento animal. Este método envolve a combinação de duas ou mais características para formar um único valor para cada animal. HAZEL e LUSH (1942), ao compararem a eficiência do índice de seleção com o método de Tandem e com o método de níveis independentes de descarte, concluíram que o índice de seleção é o mais eficiente e que sua superioridade cresce com o aumento do número de características.

HENDERSON (1973) apresentou alguns defeitos do índice de seleção, tais como necessidade de se conhecerem a esperança condicional dos valores genéticos, dados os valores das observações, e as variâncias e covariâncias das observações e dos valores genéticos. Na maioria dos casos, esses parâmetros não são conhecidos e são estimados a partir dos próprios dados.

HENDERSON (1973) apresentou o método denominado melhor predição linear não-viesada (*best linear unbiased prediction* - BLUP), que consiste na predição dos valores genéticos tomados como aleatórios, ajustando-se os dados, concomitantemente, aos efeitos fixos e ao número desigual de informações nas subclasses. Segundo HENDERSON (1974), sob distribuição normal multivariada, o BLUP apresenta as seguintes propriedades:

- a) É o estimador de máxima verossimilhança, o estimador dos quadrados mínimos generalizados e o melhor estimador linear não-viesado da média condicional dos valores genéticos, dados os valores das observações;
- b) Se a média dos valores genéticos é zero, então o BLUP, na classe de todos os

preditores lineares não-viesados, maximiza a correlação entre as predições dos valores genéticos e os valores genéticos verdadeiros.

Essa metodologia, inicialmente, só podia ser utilizada no modelo de reprodutor, visto que o modelo animal demandava alto custo computacional na análise de grande volume de dados. Entretanto, o modelo de reprodutor despreza o lado materno do pedigree, pela não-inclusão das covariâncias entre indivíduos, atribuídas à existência de ancestrais maternos comuns, e considera que as fêmeas acasaladas com dado reprodutor sejam amostra aleatória do mesmo grupo de fêmeas com valor genético igual a zero. O efeito genético empregado é o reprodutor, pela sua diferença esperada na progênie (DEP), que representa a metade do seu valor genético. A não-utilização do lado materno no pedigree e, principalmente, a pressuposição de que as fêmeas acasaladas com dado reprodutor sejam consideradas amostra aleatória do mesmo grupo de fêmeas com média do valor genético igual a zero, o que, normalmente, não corresponde à realidade, acarretam problemas na utilização desse modelo (HENDERSON, 1973).

HENDERSON (1975, 1976 e 1988) e QUAAS (1976) derivaram algoritmos para obtenção de A^{-1} e do cálculo de A, o que possibilitou a utilização da matriz de parentesco completa na avaliação genética de animais e viabilizou a utilização do modelo animal, que permite a obtenção do valor genético do indivíduo que produziu a informação, em grandes conjuntos de dados.

2.2. Métodos de estimação de componentes de (co)variância

Para predição de valores genéticos e avaliação de tendências genéticas por meio da metodologia de modelos mistos, é necessário o conhecimento prévio dos componentes de variância e covariância.

HENDERSON (1953) apresentou três métodos para estimação desses componentes. O método I consiste em igualar os quadrados médios às suas esperanças matemáticas e resolver o sistema de equações formado. Este método fornece estimativas não-viesadas, com variância mínima, quando os dados são balanceados ou quando o modelo é aleatório e os efeitos são não correlacionados. O método II consiste em estimar os efeitos fixos em um

modelo que ignora os efeitos aleatórios, em ajustar os dados para esses efeitos e em aplicar o método I em um modelo aleatório. Este método não pode ser usado em modelos que contenham interações de efeitos fixos e aleatórios, ou efeitos aleatórios aninhados em efeitos fixos. O método III utiliza o ajustamento de constantes, de Yates, em que a soma de quadrados, obtida para cada fator, é calculada pela diferença entre as somas de quadrados, obtidas pelo ajustamento de um modelo completo, e de um submodelo que exclui aquele fator. Após a obtenção das somas de quadrados, são calculados os quadrados médios, que, igualados às suas esperanças matemáticas, fornecem as estimativas de componentes de variância. Este método é apropriado para modelos mistos e suas estimativas são não-viesadas.

Entretanto, o método III, de Henderson, não corrige o viés atribuído às mudanças nas frequências gênicas, em razão de oscilação genética ou de seleção (SORENSEN e KENNEDY, 1984a).

Em virtude das limitações dos métodos de Henderson, foram propostos novos métodos, dentre os quais, o método da máxima verossimilhança (ML), que consiste em maximizar a função densidade de probabilidade das observações, em relação aos efeitos fixos e aos componentes de variância dos efeitos aleatórios do modelo. Este método é iterativo, fornece sempre estimativas não-negativas de componentes de variância, e elimina o viés atribuído às mudanças nas frequências gênicas, se o parentesco entre indivíduos for considerado. Contudo, os estimadores do método ML são viesados, porque o método não considera a perda de graus de liberdade, resultante da estimação dos efeitos fixos do modelo (ANDERSON, 1984).

Outros métodos para estimação de componentes de (co)variância são o método de estimação quadrática não-viesada, de norma mínima (MINQUE), e o método de estimação quadrática não-viesada, de variância mínima (MIVQUE), desenvolvidos por RAO (1970, 1971a, 1971b e 1972). Ambos os métodos se baseiam na estimação de funções quadráticas dos componentes de variância, por meio de formas quadráticas nas observações. Os dois métodos diferem apenas na forma usada para estabelecer a precisão dos estimadores, norma mínima e variância mínima, respectivamente, para MINQUE e MIVQUE.

Segundo RAO (1971b), os estimadores fornecidos pelos dois métodos equivalem-se, sob a pressuposição de normalidade das observações.

ANDERSON (1984) afirmou que esses estimadores são de pouca utilidade, pois pressupõem o conhecimento dos parâmetros, o que faz com que a estimação não seja mais necessária.

PATTERSON e THOMPSON (1971) derivaram o método denominado método da máxima verossimilhança restrita (REML), em que cada observação é dividida 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.

De acordo com MEYER (1986), o REML é o método preferido para estimação de parâmetros genéticos dos dados de melhoramento animal, pois, além de considerar a perda de graus de liberdade resultante da estimação dos efeitos fixos, as estimativas caem sempre dentro do espaço paramétrico.

A utilização do REML, entretanto, é um processo iterativo que implica grande demanda computacional, quanto à memória e ao tempo de processamento. Para contornar esse problema, GRASER et al. (1987) propuseram um algoritmo para análise de uma única característica, no qual o ponto máximo do logaritmo da função densidade de probabilidade, da parte aleatória das observações, é determinado pelas sucessivas avaliações da função, a partir de valores atribuídos à razão entre os componentes de variância genética aditiva e residual. Esse algoritmo não envolve a derivação da função densidade de probabilidade, em relação aos componentes de variância, no estabelecimento do sistema de equações, razão por que foi denominado DFREML (*derivative-free restricted maximum likelihood*). Porém, segundo LOPES et al. (1993), por usar o método de eliminação de Gauss, a utilização do DFREML em sistemas de grande porte pode ficar comprometida, em razão de erros de arredondamento gerados durante a absorção.

MEYER (1991) estendeu o método para análise de dados com estrutura multivariada e advertiu que o número de parâmetros a serem

estimados cresce, marcadamente, com o aumento do número de características; conseqüentemente, há aumento drástico do número de avaliações da função densidade de probabilidade.

BOLDMAN et al. (1995) propuseram um conjunto de programas para estimar os componentes de variâncias e covariâncias, utilizando-se DFREML, denominado MTDFREML (*multiple trait derivative-free restricted maximum likelihood*).

2.3. Estimação de tendências genéticas

A estimação de tendências genéticas em uma população permite a visualização da eficácia dos procedimentos de seleção.

Segundo HUDSON e KENNEDY (1985), a estimação da tendência genética em uma população permite o monitoramento da eficácia das estratégias de melhoramento, assegurando que a pressão de seleção seja direcionada para as características de importância econômica, além de auxiliar na definição de futuras ênfases de seleção.

Em melhoramento animal, em que se trabalha com grande número de animais e é difícil controlar as flutuações ambientais, o maior problema é a estimação de tendências genéticas livres do viés causado pelo ambiente.

HILL (1972a e 1972b) propôs dois procedimentos para se remover a influência ambiental - por meio da utilização de grupos-controle ou pelo esquema de seleção divergente. Porém, quando se desenvolve melhoramento com fins comerciais, esses dois procedimentos são difíceis de serem estabelecidos, principalmente em razão do custo de se manterem as populações-controle.

SORENSEN e KENNEDY (1984b), ao usarem dados simulados, demonstraram que, sob determinadas condições, as equações de modelos mistos dispensam o uso de populações-controle como meio para separar, adequadamente, a tendência fenotípica em componentes genéticos e ambientais. Segundo esses autores, se as variâncias das características, antes da seleção, forem conhecidas, se a seleção for função linear dos dados, e se a matriz de parentesco for completa, ou seja, se todos os animais com dados de

desempenho tiverem pai e mãe conhecidos, então a tendência genética pode ser estimada por meio da metodologia de modelos mistos.

BLAIR e POLLAK (1984), ao trabalharem com uma linha-controle e uma linha selecionada, utilizaram três metodologias para estimar a superioridade genética da linha selecionada, a saber: 1) O desvio do fenótipo anual predito da linha selecionada, em relação ao fenótipo anual predito da linha-controle; 2) O desvio do fenótipo anual predito da linha selecionada em relação à estimativa do ano da linha-controle; e 3) A média do valor genético anual da linha selecionada para estimar a superioridade genética da linha selecionada. Observaram que a média do valor genético anual da linha selecionada dependia da herdabilidade e promovia melhor separação da tendência fenotípica em genética e ambiental, concluindo que esse tipo de análise pode ser usado na estimação de tendências genéticas, principalmente em dados provenientes de rebanhos de melhoramento para fins comerciais, nos quais não é possível estabelecer linhas-controle.

2.4. Métodos de obtenção de valores econômicos

O valor econômico relativo de cada característica depende do lucro que pode ser esperado pelo aumento em cada unidade melhorada da característica. O lucro (receita líquida recebida) é definido como:

$$P = R - C,$$

em que P é o lucro; R, receita por unidade de produção; e C, custo por unidade de produção.

Boas aproximações de valor econômico relativo podem ser obtidas de médias de preço e custo de produção no longo prazo. Esses valores podem variar de rebanho para rebanho ou de região para região, dentro do mesmo rebanho, e podem mudar sempre quando um programa de melhoramento estiver em progresso, se permanentes mudanças na demanda de mercado ocorrerem (HAZEL, 1943).

A designação de valores econômicos relativos não é fácil. As razões para essa dificuldade foram descritas, por YAMADA et al. (1975), como: 1) Em algumas características, o padrão para designação de valores econômicos

relativos não é prontamente obtido, tal como a conformação corporal; 2) Em algumas características, a hipótese de que os valores econômicos permaneçam constantes sobre uma faixa de variação não é atendida; e 3) Quando algumas restrições são impostas, os valores econômicos relativos não são tão precisos quanto aqueles do índice de seleção não-restrito.

LIN (1978) também citou algumas dificuldades de se estabelecerem valores econômicos relativos: 1) Quando os valores econômicos relativos são derivados de análises econômicas de um sistema de produção, algumas características são difíceis de serem definidas objetivamente; 2) Quando valores econômicos relativos são derivados de análises de regressão múltipla, eles variam, dependendo de como o lucro é definido, do número de características consideradas na equação de regressão múltipla e da variabilidade aleatória; e 3) Os valores econômicos relativos podem mudar com o tempo ou de um local para outro.

Apesar de todas essas justificativas da dificuldade de se obterem valores econômicos, a maioria dos trabalhos apresenta, como principal obstáculo, o fato de o lucro calculado variar de acordo com a unidade de seleção usada como base de avaliação.

A lucratividade de um programa de melhoramento pode ser dividida em dois grupos: (i) Aqueles relativos à performance reprodutiva da fêmea, e (ii) Aqueles relativos às características de crescimento e carcaça da progênie, como discutido por MOAV e MOAV (1966).

O custo total de uma unidade de produção é, normalmente, dividido em custos fixos e variáveis. Os custos podem ser também subdivididos em custos de reprodução e de produção. MOAV e MOAV (1966) definiram reprodutividade como o número de unidades de produção produzido por uma fêmea, em um ano.

Reprodutividade = peso de mercado x fecundidade,

em que fecundidade é o número de animais vendidos, produzidos por uma única fêmea. A produtividade é, por sua vez, definida como a eficiência de ganho de peso da progênie.

A receita líquida (Y) ou lucro, como função de dada característica (x), pode ser representada, conforme MOAV e MOAV (1966), por

$$Y = (A - F) - V(x) = K - V,$$

em que A é a receita bruta por unidade de produção; F, custo fixo, independente da variação em x e, portanto, não afetado pelas diferenças genéticas; V(x), custo variável; F e V(x) incluem ambos os custos de alimentos e de não-alimentos; e V(x) denota que os custos variáveis são função de x. Desde que A e F sejam independentes de x, eles podem ser combinados com uma constante simples K, no lado direito da equação. No caso da produção de suínos, os custos de alimentação, incluídos em F, são aqueles necessários à produção de um leitão, enquanto os outros custos de alimentação serão incluídos em V(x). Similarmente, custos de não-alimentos, que são uma função direta do número de leitões produzidos, tal como mão-de-obra necessária ao manejo dos leitões, são incluídos em F, enquanto outros custos de não-alimentos são incluídos em V(x).

No caso da produção de suínos, o lucro por suíno (unidade de produção), P_1 , é calculado, conforme MOAV (1973), por

$$P_1 = K_1 - K_2x_2 - K_3/x_1,$$

em que x_1 é o número de suínos desmamados por porca, por ano; x_2 , razão entre a conversão alimentar e a taxa de crescimento ou a idade de abate; K_1 , receita bruta menos os custos fixos (custos que são independentes das duas características x_1 e x_2); K_2 , custos alimentares mais outras despesas que são dependentes de x_2 ; e K_3 , custo fixo por porca, por ano. Ao definir-se K como a receita por kg de suíno menos o custo por kg de suíno, e x_3 como o peso de abate, pode-se reescrever esta equação, conforme WELLER (1994), como

$$P_1 = Kx_3 - K_2x_2 - K_3/x_1.$$

O cálculo do lucro por kg de suíno vendido, P_3 , é feito pela divisão da equação P_1 por x_3 :

$$P_3 = K - K_2x_2/x_3 - K_3/(x_1x_3).$$

Similarmente, o lucro por porca, P_2 , pode ser calculado pela multiplicação da equação P_1 por x_1 :

$$P_2 = Kx_1x_3 - K_2x_1x_2 - K_3.$$

Os valores econômicos da mudança de uma unidade nos valores das características são calculados pelas derivadas parciais das equações de lucro, com relação a cada característica. As derivadas parciais dos três critérios de lucro, com relação a x_1 , x_2 e x_3 , são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Derivadas parciais de lucro com relação a porco/porca (x_1), idade ao abate(x_2) e peso ao abate (x_3)

Critério de lucro	Derivadas parciais		
	x_1	x_2	x_3
Por suíno (P_1)	$\frac{K_3}{x_1^2}$	$-K_2$	K
Por porca (P_2)	$Kx_3 - K_2x_2$	$-K_2x_1$	Kx_1
Por kg de suíno (P_3)	$\frac{K_3}{x_1^2x_3}$	$\frac{-K_2}{x_3}$	$\frac{K_2x_2}{x_3^2} + \frac{K_3}{x_1x_3^2}$

Fonte: WELLER (1994).

Como se observa na Tabela 1, os valores econômicos das características são diferentes para cada um dos três critérios de lucro. Admitindo-se que K , K_2 e K_3 sejam constantes, e x_1 , x_2 e x_3 , positivos, o valor econômico de x_2 será maior se o lucro for calculado por suíno, em vez de o ser por porca ou por kg de suíno. Além disso, os valores econômicos serão iguais a uma constante somente se houver lucro, por suíno, em relação a x_2 e x_3 .

Outro método usado no cálculo de valores econômicos é a eficiência econômica, ou sua inversa, definida, por DICKERSON (1970), como

$$E = R/C,$$

em que E é a eficiência econômica; R , retorno da unidade de produção; e C , custo da unidade de produção. A eficiência econômica tem a vantagem,

quando comparada com o lucro, de ser independente da unidade usada no cálculo de R e C. Desde que as unidades de R e C sejam as mesmas, E é um número adimensional. Então, com base na eficiência econômica, é possível comparar diferentes espécies e sistemas de produção; e, desde que R e C sejam aproximadamente iguais, E, geralmente, será próxima da unidade (WELLER, 1994). A desvantagem da eficiência econômica é que, como ela também depende de R e C, variará com o tempo.

Como visto anteriormente, os valores econômicos da mudança de uma unidade nos valores das características foram calculados pelas derivadas parciais das equações de lucro, com relação a cada característica. Esse método também pode ser aplicado à eficiência econômica. O lucro, por porca, foi calculado por

$$P_2 = (A_1 - F_1)x_1x_3 - K_2x_1x_2 - K_3,$$

em que A_1 é a renda por kg de suíno; F_1 , custo fixo por kg de suíno; x_1 , número de suínos desmamados por porca; x_2 , idade de abate; x_3 , peso de abate; K_2 , custo dependente de x_2 ; e K_3 , custo fixo por porca. Para diferenciar custos e retornos, K_1 foi definido como $A_1 - F_1$. O inverso da eficiência econômica é calculado, agora, por

$$E_1 = \frac{F_1x_1x_3 + K_2x_1x_2 + K_3}{A_1x_1x_3}.$$

Os valores econômicos de x_1 , x_2 e x_3 podem ser calculados pela derivada de E_1 , com relação a essas três características. Uma das razões de E_1 ter sido preferido está no fato de a obtenção das derivadas parciais, geralmente, ser mais fácil por esta função. Essas derivadas parciais serão iguais às derivadas parciais apresentadas na última linha da Tabela 1. Como a multiplicação dos valores econômicos por uma constante não influi na taxa de progresso genético, pode-se concluir, como no último exemplo, que os valores econômicos, pelo critério da eficiência econômica, pelo lucro e por unidade de produto, serão os mesmos.

Como mostrado anteriormente, diferentes valores econômicos são obtidos quando o lucro é calculado por diferentes critérios, por fêmea, por progênie, ou por unidade de produto. BRASCAMP et al. (1985) e SMITH et al.

(1986) derivaram três condições para se igualarem os pesos econômicos, quando calculados por diferentes critérios de lucro e eficiência econômica: 1) Lucro zero; 2) Desconsiderando-se o aumento do lucro, que pode ser alcançado pelo reescalonamento do empreendimento; e 3) Desconsiderando-se o aumento do lucro, que pode ser obtido pela correção nas ineficiências do sistema de produção.

Lucro zero é considerado como longo prazo; neste caso, o preço do produto iguala-se aos custos marginais e médios de produção. Então, se o lucro for calculado pela diferença entre retornos e custos, o lucro tenderá a zero, o que não significa que o produtor não receba compensação pela produção. Um lucro razoável é incluído nos custos de produção, de forma que esta seja vantajosa.

As derivadas parciais, da pressuposição de que $P_1 = P_2 = P_3 = 0$, podem ser reescritas conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Derivadas parciais de lucro com relação a porco/porca (x_1), idade ao abate (x_2) e peso ao abate (x_3)

Critério de lucro	Derivadas parciais		
	x_1	x_2	x_3
Por suíno ($P_1 = 0$)	$\frac{K_3}{x_1^2}$	$-K_2$	K
Por porca ($P_2 = 0$)	$\frac{K_3}{x_1}$	$-K_2x_1$	Kx_1
Por kg de suíno ($P_3 = 0$)	$\frac{K_3}{x_1^2x_3}$	$\frac{-K_2}{x_3}$	$\frac{K}{x_3}$

Fonte: WELLER (1994).

Assim, as derivadas parciais para cada critério são agora proporcionais, e as derivadas parciais de P_2 são iguais às correspondentes derivadas parciais de P_1 , multiplicadas por x_1 , enquanto as derivadas parciais de P_3 são iguais às derivadas parciais de P_1 , divididas por x_3 . Desde que as taxas de valores econômicos sejam melhores do que seus valores absolutos, os quais determinam a direção de seleção, os valores econômicos são os mesmos para todos os três critérios.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Instalações, alimentação e manejo dos animais

Os dados utilizados são provenientes de animais da empresa COOPERCENTRAL, situada no município de Chapecó-SC, das raças Landrace, Large White e Duroc. Os animais da raça Landrace e Large White são provenientes de duas granjas com capacidade de 160 e 240 matrizes cada, e os da raça Duroc, de uma granja com capacidade de 120 matrizes.

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, e aqueles que, por algum motivo, não foram pesados a essa idade tinham seus pesos ajustados, de acordo com a seguinte fórmula:

$$PAD = \{[(POD - 1,4) * 21]/ID\} + 1,4,$$

em que PAD = peso do leitão ajustado aos 21 dias; POD = peso do leitão na pesagem; ID = idade do leitão no dia da pesagem; 1,4 = peso-padrão adotado para peso ao nascer.

O desmame foi feito no período de 24 a 28 dias de idade, não sendo feita a pesagem no desmame.

Após o desmame, os animais foram levados para a creche, classificados por peso e colocados em baias de 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 aquecimento dos animais nas primeiras semanas de creche, principalmente no inverno. Da segunda semana até a fase final de creche, os animais recebiam ração inicial à base de milho e soja. Por volta dos 70 dias de idade, foram pesados e os pesos ajustados aos 70 dias, de acordo com a seguinte fórmula:

$$PA70 = \{[(PO70 - POD) * 49]/(ID - 70)\} + PAD,$$

em que PA70 = peso do leitão ajustado aos 70 dias; PO70 = peso do leitão, na pesagem do último dia de creche; POD = peso do leitão no desmame; ID - 70 = diferença de idade do leitão, na desmama e no final da fase de creche.

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

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

em que I70 = índice de seleção do leitão, no final da fase de creche; NNV = número de leitões nascidos vivos da própria mãe; PLD = peso da leitegada, amamentada pela mãe legítima do leitão; PA70 = peso do leitão ajustado aos 70 dias.

Após a seleção dos animais, estes foram transferidos para o local de teste, sendo separados por sexo e por peso, e colocados em baias coletivas, com oito animais por baia. Na fase de teste, recebiam ração de crescimento à base de milho e soja. Próximo aos 140 dias de idade, foram pesados, e a espessura de toucinho foi medida na altura da garupa, a 5 cm da linha dorsal mediana, utilizando-se aparelho de ultra-som.

3.2. Dados e modelo

Os dados das duas granjas das raças Landrace e Large White foram reunidos, formando um único arquivo para cada raça. Assim, o banco de dados da raça Landrace foi constituído por registros de 6.237 animais, para peso ajustado aos 70 dias, e de 3.184 animais, para ganho de peso diário e espessura de toucinho, no teste. Da raça Large White, o arquivo foi constituído por registros de 8.432 animais, para peso ajustado aos 70 dias, e 4.965 animais, para ganho de peso diário e espessura de toucinho, no teste. Da raça Duroc, foram utilizados dados de 4.696 animais, para peso ajustado aos 70 dias, e 1.823 animais, para ganho de peso diário e espessura de toucinho, no teste. As médias aritméticas e os desvios-padrão das características são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Médias aritméticas e desvios-padrão das características, por raça

Raça	PA70 (kg)	GPD (g)	ET (cm)
Large White	25,31 ± 5,27	858,83 ± 110,13	1,65 ± 0,47
Landrace	25,79 ± 5,26	824,43 ± 112,23	1,71 ± 0,58
Duroc	18,98 ± 4,96	800,88 ± 89,65	1,39 ± 0,28

O arquivo de pedigree possuía 8.651 animais da raça Landrace, 11.184 animais da Large White e 6.835 animais da Duroc. Esse arquivo constava da identificação do indivíduo, de seu pai e de sua mãe.

Os animais foram reunidos em grupos contemporâneos formados pela combinação da estação do ano (1 - dezembro a fevereiro; 2 - março a maio; 3 - junho a agosto; e 4 - setembro a novembro) com o ano de nascimento e com

sexo, para a raça Duroc, e da combinação destes com a granja, para as raças Landrace e Large White.

Os dados foram processados e gravados em arquivo auxiliar que continha a identificação de grupo contemporâneo; o tamanho da leitegada, no desmame; a idade, ao final da fase de creche; o peso ajustado aos 70 dias e o peso, ao final do teste; a idade, ao final do teste; a espessura de toucinho; e o ganho de peso diário.

O tamanho da leitegada, no desmame; a idade, ao final da fase de creche; e o peso, ao final do teste, foram usados, respectivamente, como covariáveis para peso ajustado aos 70 dias, ganho de peso diário e espessura de toucinho.

Utilizou-se o seguinte modelo estatístico:

$$y = X\beta + Z\mu + Wp + \varepsilon,$$

em que y = vetor dos dados para as três características; X = matriz de incidência dos efeitos fixos e covariáveis; β = vetor dos efeitos fixos de grupo contemporâneo e covariáveis, para as três características; Z = matriz de incidência dos valores genéticos; μ = vetor dos valores genéticos dos indivíduos, para as três características; W = matriz de incidência dos efeitos de leitegada; p = vetor dos efeitos aleatórios de leitegada, para a três características; e ε = vetor dos erros aleatórios.

Admitiu-se que y , μ , p e ε tinham distribuição normal multivariada,

$$\begin{bmatrix} y \\ \mu \\ p \\ \varepsilon \end{bmatrix} \sim \text{NMV} \left(\begin{bmatrix} X\beta \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} ZGZ'+WPW'+R & ZG & WP & R \\ & GZ' & G & \phi & \phi \\ & & PW' & \phi & P & \phi \\ & & & R & \phi & \phi & R \end{bmatrix} \right),$$

em que $G = A \otimes G_0$, sendo A , matriz do numerador dos coeficientes de parentesco, de Wright; G_0 , matriz de (co)variâncias genéticas aditivas; \otimes , operador do produto direto; $P = I \otimes P_0$, sendo I , matriz identidade, e P_0 , matriz de (co)variâncias do efeito de leitegada; $R = I \otimes R_0$, sendo I , matriz identidade, e R_0 , matriz de (co)variâncias residuais.

Para obtenção das predições dos valores genéticos e das estimativas dos efeitos fixos, utilizou-se o programa MTDFREML (BOLDMAN et al., 1995).

3.3. Estimação dos componentes de (co)variância

Para estimação dos componentes de (co)variância, empregou-se o método da máxima verossimilhança restrita, mediante o programa MTDFREML (BOLDMAN et al., 1995). Este programa utiliza o método livre de derivadas (GRASER et al., 1987), para se obterem as estimativas dos componentes de (co)variância, o qual se baseia num processo de procura por meio de sucessivas avaliações do valor assumido pela função de verossimilhança. Essa procura é feita por meio do método Simplex (Nelder e Mead, 1965, citados por BOLDMAN et al., 1995).

Inicialmente, para cada arquivo, as características foram analisadas separadamente, para obtenção dos componentes de variância, a serem utilizados, como valores iniciais, na estimação conjunta dos componentes de variância e covariância das três características. Esses valores iniciais eram então utilizados numa estimação conjunta, em que o critério de convergência exigido era baixo, sendo as novas estimativas utilizadas, como informação inicial, na estimação conjunta, dentro do critério de precisão desejado (variância dos valores assumidos pela verossimilhança, nos pontos do Simplex inferiores a 10^{-9}).

3.4. Estimação das tendências genéticas

A tendência dos valores genéticos foi calculada pela regressão linear da média dos valores genéticos para peso ajustado aos 70 dias, ganho de peso diário e espessura de toucinho, em função do ano de nascimento dos animais. Os cálculos da regressão linear foram efetuados no programa SAS, versão 6.12 (SAS INSTITUTE INCORPORATION, 1990).

3.5. Obtenção dos valores econômicos

Para obtenção dos valores econômicos das características, baseou-se na equação do lucro por suíno, proposta por WELLER (1994),

$$P_1 = K_1x_3 - K_2x_2 - K_3/x_1,$$

em que P_1 é o lucro por suíno (uma unidade de produção); x_1 , número de suínos desmamados, por porca, por ano; x_2 , razão entre a conversão alimentar e a taxa de crescimento ou a idade de abate; K_1 , receita bruta menos os custos fixos (custos que são independentes das duas características x_1 e x_2); K_2 , custos alimentares mais outras despesas que são dependentes de x_2 ; e K_3 , custo fixo, por porca, por ano.

Utilizou-se esta equação, visto que, na sua derivação, ela fornece os mesmos valores econômicos, empregando-se a restrição de lucro zero, ou não. Assim, os valores econômicos obtidos para as características em questão não serão diferentes, de acordo com a unidade de comparação (lucro por suíno, por porca, ou por kg de suíno).

Para o cálculo dos custos de produção e das receitas, trabalhou-se com os valores somados das granjas, e os dados de desempenho dos animais, necessários ao cálculo, foram obtidos pela média aritmética entre as raças Large White e Landrace.

Como as receitas das granjas são provenientes da venda de leitões (31,72%), venda de reprodutores (38,60%) e venda de animais não selecionados para o frigorífico (29,68%), a receita por kg (K_1) e o peso de abate ou venda (x_3) foram desmembrados para se calcular a receita total obtida por meio dessas três diferentes fontes de receita. Como uma das características de interesse é o ganho de peso diário, utilizou-se, na equação de lucro, a razão entre o peso médio de abate ou venda e o ganho de peso diário, em vez da idade de abate. Assim, a equação do lucro, por suíno, foi:

$$P_1 = (K_{11}x_{31} + K_{12}x_{32} + K_{13}x_{33}) - K_2x_{21}/x_{22} - K_3/x_1,$$

em que x_{21} = peso médio, no abate ou na venda; x_{22} = ganho de peso diário médio, no teste; x_{31} = peso médio ajustado aos 70 dias; x_{32} = peso médio, na venda dos reprodutores; x_{33} = peso médio da carcaça dos animais vendidos ao

frigorífico; K_{11} = diferença entre a receita recebida por kg de leitão vendido e o custo de se produzir o kg de leitão; K_{12} = diferença entre a receita recebida por kg de reprodutor vendido e o custo de se produzir o kg do reprodutor; K_{13} = diferença entre a receita recebida por kg de carcaça vendida e o custo de se produzir o kg de carcaça; sendo as outras variáveis definidas anteriormente.

O cálculo da receita recebida pelo kg de carcaça entregue ao frigorífico foi feito pela regressão linear do valor recebido por kg de carcaça em função da espessura de toucinho. Utilizou-se o programa SAS, versão 6.12 (SAS INSTITUTE INCORPORATION, 1990).

Mediante derivação da equação de lucro em relação às três características de interesse neste trabalho, peso ajustado aos 70 dias, ganho de peso diário e espessura de toucinho, obtiveram-se os valores econômicos.

3.6. Índice econômico

Para escolha dos melhores indivíduos destinados à reprodução, adotou-se um critério de seleção denominado índice econômico do indivíduo.

HENDERSON (1963) mostrou que, seguindo a afirmação de Hazel, o índice é a diferença esperada na progênie (DEP) para todas as características multiplicadas pelos respectivos valores econômicos e somadas.

Da mesma forma, utilizando-se o modelo animal, o índice econômico (critério de seleção) de cada indivíduo é obtido pela soma dos valores genéticos preditos para todas as características, multiplicados pelos respectivos valores econômicos, ou seja,

$$I_i = a_{PA70}g_{i(PA70)} + a_{GPD}g_{i(GPD)} + a_{ET}g_{i(ET)},$$

em que I_i = índice econômico do animal i ; a_{PA70} = valor econômico para a característica peso aos 70 dias; $g_{i(PA70)}$ = valor genético predito do animal i , para a característica peso aos 70 dias; a_{GPD} = valor econômico para a característica ganho de peso diário; $g_{i(GPD)}$ = valor genético predito do animal i , para a característica ganho de peso diário; a_{ET} = valor econômico para a característica espessura de toucinho; $g_{i(ET)}$ = valor genético predito do animal i , para a característica espessura de toucinho.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Componentes de (co)variância, herdabilidades e correlações

As matrizes de (co)variâncias de efeitos genético aditivo, de leitegada e residuais, para as raças Large White, Landrace e Duroc, são apresentadas nas Tabelas 4, 5 e 6 ; as matrizes de correlações estimadas pelos efeitos genético aditivo, de leitegada e residuais, para as raças Large White, Landrace e Duroc, nas Tabelas 7, 8 e 9; e as herdabilidades e os coeficientes c^2 estimados, para as raças Large White, Landrace e Duroc, nas Tabelas 10, 11 e 12.

As correlações genéticas entre ganho de peso diário e espessura de toucinho foram positivas e consistentes, para as raças Large White e Landrace, e próximas a zero, para a raça Duroc. Essas correlações são semelhantes às encontradas por BERESKIN (1987) e LO et al. (1992), as quais foram positivas e são também semelhantes às correlações encontradas por LI e KENNEDY (1994), BRYNER et al. (1992), KENNEDY et al. (1985), DAVID et al. (1983), IRGANG et al. (1995), SILVA et al. (1992) e TORRES JÚNIOR (1996), apesar de as estimativas obtidas por esses autores serem negativas, em razão de a característica usada ser peso, a certa idade, em vez do ganho de peso diário. Essas correlações indicam que os animais com maior ganho de peso diário ou com maior peso, em determinada idade, tendem a apresentar maior espessura de toucinho; e animais com menor ganho de peso ou maior idade, a determinado peso, tendem a apresentar menor espessura de toucinho. Essa

Tabela 4 - Matrizes de (co)variâncias¹ dos efeitos genético aditivo (\hat{G}_0), de leitegada (\hat{P}_0) e residuais (\hat{R}_0), para a raça Large White

$$\hat{G}_0 = \begin{bmatrix} \hat{\sigma}_{g1}^2 & \hat{\sigma}_{g12}^2 & \hat{\sigma}_{g13}^2 \\ \hat{\sigma}_{g21}^2 & \hat{\sigma}_{g2}^2 & \hat{\sigma}_{g23}^2 \\ \hat{\sigma}_{g13}^2 & \hat{\sigma}_{g32}^2 & \hat{\sigma}_{g3}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 7,00586 & 79,81856 & 0,25604 \\ 79,81856 & 4260,40143 & 4,14353 \\ 0,25604 & 4,14353 & 0,04090 \end{bmatrix}$$

$$\hat{P}_0 = \begin{bmatrix} \hat{\sigma}_{p1}^2 & \hat{\sigma}_{p12}^2 & \hat{\sigma}_{p13}^2 \\ \hat{\sigma}_{p21}^2 & \hat{\sigma}_{p2}^2 & \hat{\sigma}_{p23}^2 \\ \hat{\sigma}_{p13}^2 & \hat{\sigma}_{p32}^2 & \hat{\sigma}_{p3}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4,94578 & 35,7971 & -0,03711 \\ 35,7971 & 1187,22 & 0,5867 \\ -0,03711 & 0,58670 & 0,00869 \end{bmatrix}$$

$$\hat{R}_0 = \begin{bmatrix} \hat{\sigma}_{e1}^2 & \hat{\sigma}_{e12}^2 & \hat{\sigma}_{e13}^2 \\ \hat{\sigma}_{e21}^2 & \hat{\sigma}_{e2}^2 & \hat{\sigma}_{e23}^2 \\ \hat{\sigma}_{e13}^2 & \hat{\sigma}_{e32}^2 & \hat{\sigma}_{e3}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 14,25525 & 85,60889 & -0,02096 \\ 85,60889 & 5552,71601 & 1,69299 \\ -0,02096 & 1,69299 & 0,04628 \end{bmatrix}$$

¹ Os índices 1, 2 e 3 referem-se às características peso aos 70 dias (kg), ganho de peso diário (g) e espessura de toucinho (cm), respectivamente.

Tabela 5 - Matrizes de (co)variâncias¹ dos efeitos genético aditivo (\hat{G}_0), de leitegada (\hat{P}_0) e residuais (\hat{R}_0), para a raça Landrace

$$\hat{G}_0 = \begin{bmatrix} \hat{\sigma}_{g1}^2 & \hat{\sigma}_{g12}^2 & \hat{\sigma}_{g13}^2 \\ \hat{\sigma}_{g21}^2 & \hat{\sigma}_{g2}^2 & \hat{\sigma}_{g23}^2 \\ \hat{\sigma}_{g13}^2 & \hat{\sigma}_{g32}^2 & \hat{\sigma}_{g3}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 6,05822 & 10,76139 & 0,17511 \\ 10,76139 & 2899,45484 & 4,01023 \\ 0,17511 & 4,01023 & 0,05132 \end{bmatrix}$$

$$\hat{P}_0 = \begin{bmatrix} \hat{\sigma}_{p1}^2 & \hat{\sigma}_{p12}^2 & \hat{\sigma}_{p13}^2 \\ \hat{\sigma}_{p21}^2 & \hat{\sigma}_{p2}^2 & \hat{\sigma}_{p23}^2 \\ \hat{\sigma}_{p13}^2 & \hat{\sigma}_{p32}^2 & \hat{\sigma}_{p3}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4,11717 & 28,0752 & -0,006575 \\ 28,0752 & 525,932 & 0,713257 \\ -0,006575 & 0,713257 & 0,00569 \end{bmatrix}$$

$$\hat{R}_0 = \begin{bmatrix} \hat{\sigma}_{e1}^2 & \hat{\sigma}_{e12}^2 & \hat{\sigma}_{e13}^2 \\ \hat{\sigma}_{e21}^2 & \hat{\sigma}_{e2}^2 & \hat{\sigma}_{e23}^2 \\ \hat{\sigma}_{e13}^2 & \hat{\sigma}_{e32}^2 & \hat{\sigma}_{e3}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16,24548 & 103,56566 & 0,07686 \\ 103,56566 & 6161,75933 & 4,43462 \\ 0,07686 & 4,43462 & 0,04614 \end{bmatrix}$$

¹ Os índices 1, 2 e 3 referem-se às características peso aos 70 dias (kg), ganho de peso diário (g) e espessura de toucinho (cm), respectivamente.

Tabela 6 - Matrizes de (co)variâncias¹ dos efeitos genético aditivo (\hat{G}_0), de leitegada (\hat{P}_0) e residuais (\hat{R}_0), para a raça Duroc

$$\hat{G}_0 = \begin{bmatrix} \hat{\sigma}_{g1}^2 & \hat{\sigma}_{g12}^2 & \hat{\sigma}_{g13}^2 \\ \hat{\sigma}_{g21}^2 & \hat{\sigma}_{g2}^2 & \hat{\sigma}_{g23}^2 \\ \hat{\sigma}_{g13}^2 & \hat{\sigma}_{g32}^2 & \hat{\sigma}_{g3}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5,49497 & -37,29992 & 0,14906 \\ -37,29992 & 1167,75545 & 0,09265 \\ 0,14906 & 0,09265 & 0,01968 \end{bmatrix}$$

$$\hat{P}_0 = \begin{bmatrix} \hat{\sigma}_{p1}^2 & \hat{\sigma}_{p12}^2 & \hat{\sigma}_{p13}^2 \\ \hat{\sigma}_{p21}^2 & \hat{\sigma}_{p2}^2 & \hat{\sigma}_{p23}^2 \\ \hat{\sigma}_{p13}^2 & \hat{\sigma}_{p32}^2 & \hat{\sigma}_{p3}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,93503 & 32,8869 & -0,03675 \\ 32,8869 & 975,167 & -0,00907 \\ -0,03675 & -0,00907 & 0,00480 \end{bmatrix}$$

$$\hat{R}_0 = \begin{bmatrix} \hat{\sigma}_{e1}^2 & \hat{\sigma}_{e12}^2 & \hat{\sigma}_{e13}^2 \\ \hat{\sigma}_{e21}^2 & \hat{\sigma}_{e2}^2 & \hat{\sigma}_{e23}^2 \\ \hat{\sigma}_{e13}^2 & \hat{\sigma}_{e32}^2 & \hat{\sigma}_{e3}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10,43906 & 105,73278 & -0,14824 \\ 105,73278 & 4057,52986 & -0,08693 \\ -0,14824 & -0,08963 & 0,03222 \end{bmatrix}$$

¹ Os índices 1, 2 e 3 referem-se às características peso aos 70 dias (kg), ganho de peso diário (g) e espessura de toucinho (cm), respectivamente.

Tabela 7 - Matrizes de correlações¹ dos efeitos genético aditivo (R_g), de leitegada (R_p) e residuais (R_e), para a raça Large White

$$R_g = \begin{bmatrix} r_{g1} & r_{g12} & r_{g13} \\ r_{g21} & r_{g2} & r_{g23} \\ r_{g31} & r_{g32} & r_{g3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,00 & 0,46 & 0,48 \\ 0,46 & 1,00 & 0,31 \\ 0,48 & 0,31 & 1,00 \end{bmatrix}$$

$$R_p = \begin{bmatrix} r_{p1} & r_{p12} & r_{p13} \\ r_{p21} & r_{p2} & r_{p23} \\ r_{p31} & r_{p32} & r_{p3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,00 & 0,47 & -0,18 \\ 0,47 & 1,00 & 0,18 \\ -0,18 & 0,18 & 1,00 \end{bmatrix}$$

$$R_e = \begin{bmatrix} r_{e1} & r_{e12} & r_{e13} \\ r_{e21} & r_{e2} & r_{e23} \\ r_{e31} & r_{e32} & r_{e3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,00 & 0,30 & -0,03 \\ 0,30 & 1,00 & 0,11 \\ -0,03 & 0,11 & 1,00 \end{bmatrix}$$

¹ Os índices 1, 2 e 3 referem-se às características peso aos 70 dias (kg), ganho de peso diário (g) e espessura de toucinho (cm), respectivamente.

Tabela 8 - Matrizes de correlações¹ dos efeitos genético aditivo (R_g), de leitegada (R_p) e residuais (R_e), para a raça Landrace

$$R_g = \begin{bmatrix} r_{g1} & r_{g12} & r_{g13} \\ r_{g21} & r_{g2} & r_{g23} \\ r_{g31} & r_{g32} & r_{g3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,00 & 0,08 & 0,31 \\ 0,08 & 1,00 & 0,33 \\ 0,3 & 0,33 & 1,00 \end{bmatrix}$$

$$R_p = \begin{bmatrix} r_{p1} & r_{p12} & r_{p13} \\ r_{p21} & r_{p2} & r_{p23} \\ r_{p31} & r_{p32} & r_{p3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,00 & 0,60 & 0,04 \\ 0,60 & 1,00 & 0,41 \\ 0,04 & 0,41 & 1,00 \end{bmatrix}$$

$$R_e = \begin{bmatrix} r_{e1} & r_{e12} & r_{e13} \\ r_{e21} & r_{e2} & r_{e23} \\ r_{e31} & r_{e32} & r_{e3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,00 & 0,33 & 0,09 \\ 0,33 & 1,00 & 0,26 \\ 0,09 & 0,26 & 1,00 \end{bmatrix}$$

¹ Os índices 1, 2 e 3 referem-se às características peso aos 70 dias (kg), ganho de peso diário (g) e espessura de toucinho (cm), respectivamente.

Tabela 9 - Matrizes de correlações¹ dos efeitos genético aditivo (R_g), de leitegada (R_p) e residuais (R_e), para a raça Duroc

$$R_g = \begin{bmatrix} r_{g1} & r_{g12} & r_{g13} \\ r_{g21} & r_{g2} & r_{g23} \\ r_{g31} & r_{g32} & r_{g3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,00 & -0,47 & 0,47 \\ -0,47 & 1,00 & 0,02 \\ 0,47 & 0,02 & 1,00 \end{bmatrix}$$

$$R_p = \begin{bmatrix} r_{p1} & r_{p12} & r_{p13} \\ r_{p21} & r_{p2} & r_{p23} \\ r_{p31} & r_{p32} & r_{p3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,00 & 0,53 & -0,27 \\ 0,53 & 1,00 & -0,004 \\ -0,27 & -0,004 & 1,00 \end{bmatrix}$$

$$R_e = \begin{bmatrix} r_{e1} & r_{e12} & r_{e13} \\ r_{e21} & r_{e2} & r_{e23} \\ r_{e31} & r_{e32} & r_{e3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,00 & 0,51 & -0,26 \\ 0,51 & 1,00 & -0,01 \\ -0,26 & -0,01 & 1,00 \end{bmatrix}$$

¹ Os índices 1, 2 e 3 referem-se às características peso aos 70 dias (kg), ganho de peso diário (g) e espessura de toucinho (cm), respectivamente.

Tabela 10 - Herdabilidades (h^2) e coeficientes c^2 , para as três características da raça Large White

Característica	h^2	c^2
Peso aos 70 dias	0,27	0,19
Ganho de peso diário	0,39	0,11
Espessura de toucinho	0,43	0,09

Tabela 11 - Herdabilidades (h^2) e coeficientes c^2 , para as três características da raça Landrace

Característica	h^2	c^2
Peso aos 70 dias	0,23	0,16
Ganho de peso diário	0,30	0,05
Espessura de toucinho	0,50	0,05

Tabela 12 - Herdabilidades (h^2) e coeficientes c^2 , para as três características da raça Duroc

Característica	h^2	c^2
Peso aos 70 dias	0,28	0,20
Ganho de peso diário	0,19	0,16
Espessura de toucinho	0,34	0,08

associação entre essas duas características pode atrasar o progresso genético, quando estas são selecionadas, separadamente, em programa de melhoramento genético, razão pela qual devem ser selecionadas por meio de metodologias ou procedimentos multivariados, como, por exemplo, BLUP ou índice de seleção.

As correlações genéticas entre peso ajustado aos 70 dias e ganho de peso diário diferiram bastante entre as raças, sendo alta e positiva para a raça Large White; próxima a zero para a raça Landrace; e alta e negativa para a raça Duroc. Esses resultados diferem dos obtidos por IRGANG et al. (1995), que encontraram baixa correlação entre peso aos 90 dias de idade e idade

para se atingir os 100 kg, para as raças Large White e Landrace. O resultado encontrado neste trabalho, para a raça Duroc, provavelmente foi devido aos problemas de creche existentes na granja avaliada, em que a média do peso ajustado aos 70 dias foi de 19,0 kg. Assim, possivelmente, os animais de menor peso, ao final do período da creche, apresentaram ganho de peso compensatório durante o teste. Para contornar esse problema, pode-se utilizar a característica peso ao final do teste, a certa idade, ou a idade para se atingir determinado peso, em vez do ganho de peso diário.

As correlações genéticas entre peso ajustado aos 70 dias e espessura de toucinho foram altas e positivas, sendo os valores consistentes entre as três raças. Esses resultados indicam que a pré-seleção, efetuada aos 70 dias, pode influir na seleção, com vistas na redução da espessura de toucinho. IRGANG et al. (1995) encontraram valores mais baixos de correlação e concluíram que a pré-seleção não influenciou na seleção, para redução da idade e espessura de toucinho, aos 100 kg. Segundo KENNEDY et al. (1985), a pré-seleção dos animais candidatos ao teste de desempenho, se baseada na taxa de crescimento, pode causar viés maior nas estimativas de herdabilidade para ganho de peso diário do que para espessura de toucinho. Em razão disso, outros trabalhos que utilizam o peso, na fase de saída da creche, precisam ser realizados, para verificar o efeito dessa característica no ganho de peso diário e na espessura de toucinho, e para que seja recomendada, ou não, a sua inclusão em programa de melhoramento, caso a pré-seleção seja feita por ocasião da saída da creche.

As estimativas de herdabilidade, para peso ajustado aos 70 dias, foram consistentes entre as três raças, mas menores que as encontradas por IRGANG et al. (1995), que trabalharam com um modelo no qual não se incluía efeito de leitegada. As estimativas encontradas mostram variabilidade genética nesta característica, possibilitando respostas à seleção.

As estimativas do efeito de leitegada, para peso aos 70 dias, variaram de 0,16, para a raça Landrace, a 0,20, para a raça Duroc. Esses valores mostram maior influência do ambiente materno, comum nesta característica, em relação às características ganho de peso diário e espessura de toucinho. Não se encontraram trabalhos, na literatura, que estimassem este efeito nesta característica, o que dificulta uma discussão maior a propósito desses valores.

Os valores de herdabilidade, para ganho de peso diário, variaram de 0,19, para a raça Duroc, a 0,39, para a raça Large White, e estão de acordo com os encontrados por LO et al. (1992), FERRAZ e JOHNSON (1993), BRYNER et al. (1992), BERESKIN (1987), SILVA et al. (1992) e SIEWERDT e CARDELLINO (1994), e com os apresentados por LI e KENNEDY (1994), JOHNSON et al. (1994), KENNEDY et al. (1985), DAVID et al. (1983), ROSO et al. (1995), IRGANG et al. (1995) e TORRES JÚNIOR (1996), que trabalharam com a característica idade, a certo peso. Os resultados obtidos mostram que o ganho de peso diário possui variabilidade genética, o que indica possibilidades de ganhos genéticos por meio da seleção.

As estimativas dos efeitos de leitegada, para ganho de peso diário, variaram de 0,05, para a raça Landrace, a 0,16, para a raça Duroc, e são menores que as apresentadas por LI e KENNEDY (1994); BERESKIN (1987) e KENNEDY et al. (1985). FERRAZ e JOHNSON (1993) e ROSO et al. (1995) encontraram estimativas menores que as apresentadas neste trabalho. Estimativas próximas às obtidas neste trabalho foram feitas por TORRES JÚNIOR (1996). Os efeitos de ambiente comum são resultados dos efeitos maternos e do fato de as leitegadas serem contemporâneas e, freqüentemente, criadas juntas (KENNEDY et al., 1985). Essa menor estimativa dos efeitos de leitegada, apresentada neste trabalho, em relação à maioria dos trabalhos consultados, pode ser atribuída à equalização das leitegadas ao nascimento, o que, segundo TORRES JÚNIOR (1996), reduz as diferenças de ambiente materno, passando o efeito de leitegada a contabilizar apenas as variações do efeito materno, que proporciona ambiente comum durante o período de gestação, e as variações dos efeitos atribuídos aos desvios de dominância.

As estimativas de herdabilidade, para espessura de toucinho, variaram de 0,34, para a raça Duroc, a 0,50, para a raça Landrace. Esses valores estão de acordo com os apresentados por FERRAZ e JOHNSON (1993), BERESKIN (1987), KENNEDY et al. (1985), JOHNSON et al. (1994), IRGANG et al. (1995) e TORRES JÚNIOR (1996). Por outro lado, LI e KENNEDY (1994) e BRYNER et al. (1992) encontraram valores maiores de herdabilidade, enquanto DAVID et al. (1983), KEELE et al. (1988), ROSO et al. (1995), SILVA et al. (1992) e SIEWERDT e CARDELLINO (1994) encontraram valores menores de herdabilidade, do que os apresentados neste trabalho. As estimativas de

herdabilidade para espessura de toucinho foram maiores que as estimativas de herdabilidade para peso aos 70 dias e ganho de peso diário, o que indica a possibilidade de haver maior variabilidade genética nessa característica e de se obterem maiores ganhos genéticos por meio de seleção.

As estimativas de efeito de leitegada, para espessura de toucinho, foram consistentes entre as três raças e estão próximas às encontradas por FERRAZ e JOHNSON (1993), LI e KENNEDY (1994), BERESKIN (1987) e TORRES JÚNIOR (1996), enquanto KENNEDY et al. (1985) e ROSO et al. (1995) encontraram estimativas superiores às apresentadas neste trabalho.

Os valores de herdabilidade para as três características, neste trabalho, foram de médio a alto. Segundo BELONSKY e KENNEDY (1988), a vantagem da seleção pelo BLUP é menor em relação à seleção fenotípica, pois, com esta magnitude de valores, não há grande vantagem do uso da informação de família. Entretanto, este método combina, adequadamente, a informação da família e do desvio, em relação à média da família, fornecendo previsões mais precisas dos valores genéticos dos animais (TORRES JÚNIOR, 1996). Além disso, segundo KOVAC e GROENEVELD (1990), o BLUP facilita o monitoramento da mudança genética na população, permitindo controle eficiente dos programas de melhoramento, pois o BLUP, para os méritos genéticos, é acumulativo sobre o tempo.

4.2. Tendências genéticas

As estimativas das tendências genéticas anuais do peso aos 70 dias (kg), do ganho de peso diário (g) e da espessura de toucinho (cm), para as raças Large White, Landrace e Duroc, são apresentadas na Tabela 13.

Os gráficos das tendências dos valores genéticos são apresentados nas Figuras 1, 2 e 3.

Tabela 13 - Estimativas das tendências genéticas anuais (\hat{b}) e respectivos desvios-padrão [$s(\hat{b})$] das características

Característica	Raça		
	Large White	Landrace	Duroc
Peso aos 70 dias (kg)	- 0,22 ± 0,12	- 0,24 ± 0,09	- 0,57 ± 0,11
Ganho de peso diário (g)	14,11 ± 0,56	9,81 ± 3,45	2,75 ± 2,32
Espessura de toucinho (cm)	- 0,07 ± 0,01	- 0,05 ± 0,003	- 0,04 ± 0,01

As estimativas da tendência genética anual do peso aos 70 dias foram negativas, para as três raças. Uma provável explicação para essas tendências negativas, apesar de ter havido seleção para se obter maior peso na fase de saída da creche, pode ser atribuída à correlação genética alta e positiva, encontrada entre peso aos 70 dias e espessura de toucinho, e à correlação alta e negativa, encontrada entre peso aos 70 dias e ganho de peso diário, para a raça Duroc. Assim, em razão de a maior ênfase na seleção ter sido no aumento no ganho de peso diário e na redução na espessura de toucinho, houve redução no peso aos 70 dias.

Na raça Landrace, apesar de a tendência também ser negativa, a redução no peso aos 70 dias foi menos intensa do que para a raça Duroc, pois, para a raça Landrace, a correlação entre peso aos 70 dias e ganho de peso diário foi próxima a zero. Com isso, houve menor pressão sobre o peso aos 70 dias.

Na raça Large White, essa tendência de redução no peso aos 70 dias é difícil de ser explicada, pois as correlações entre essa característica e ganho de peso diário e espessura de toucinho foram altas e positivas. Talvez a maior ênfase dada à redução na espessura de toucinho do que no aumento do ganho de peso diário, em razão da necessidade de um animal com mais carne, tenha resultado nessa redução no peso aos 70 dias.

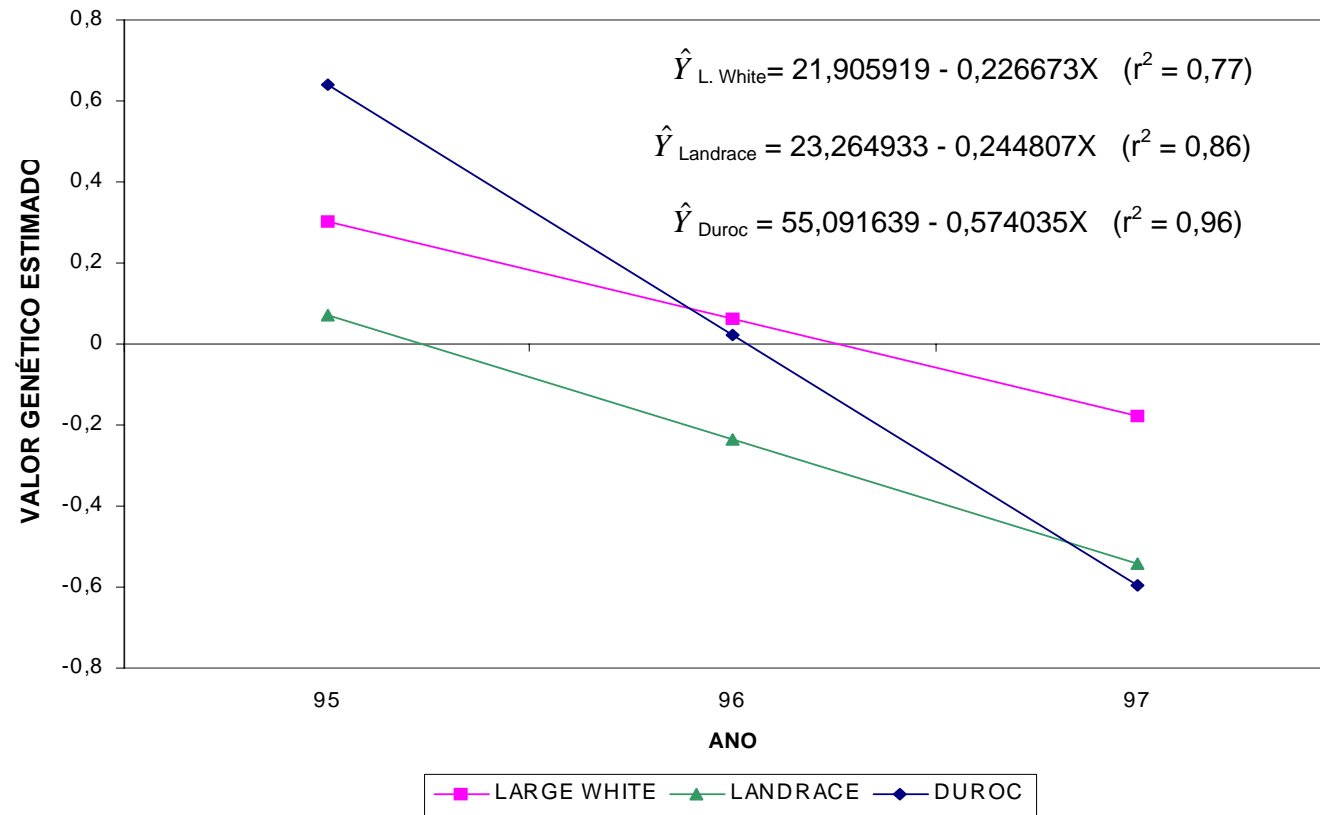


Figura 1 - Tendência genética do peso aos 70 dias, calculada por meio da análise de regressão.

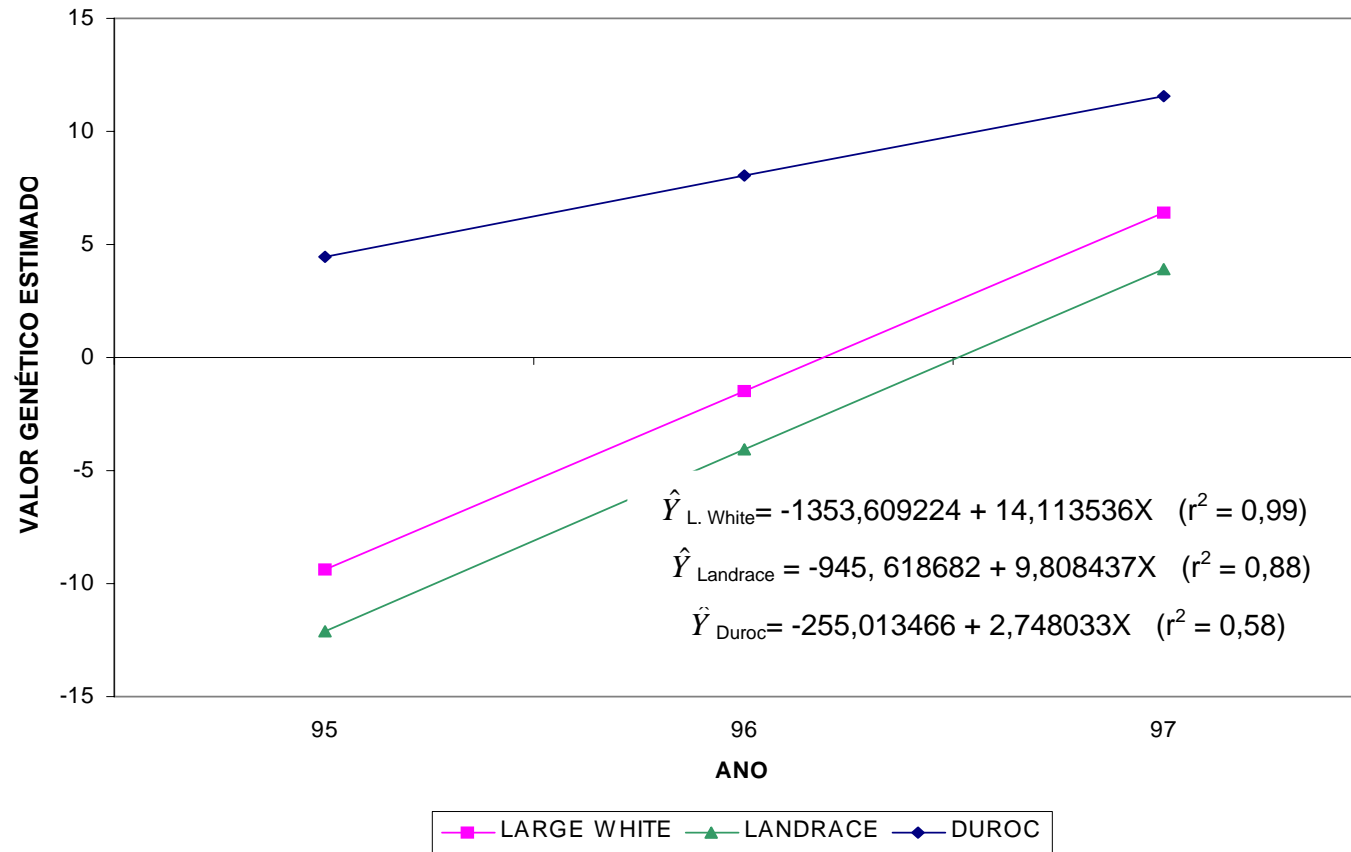


Figura 2 - Tendência genética do ganho de peso diário, calculada por meio da análise de regressão.

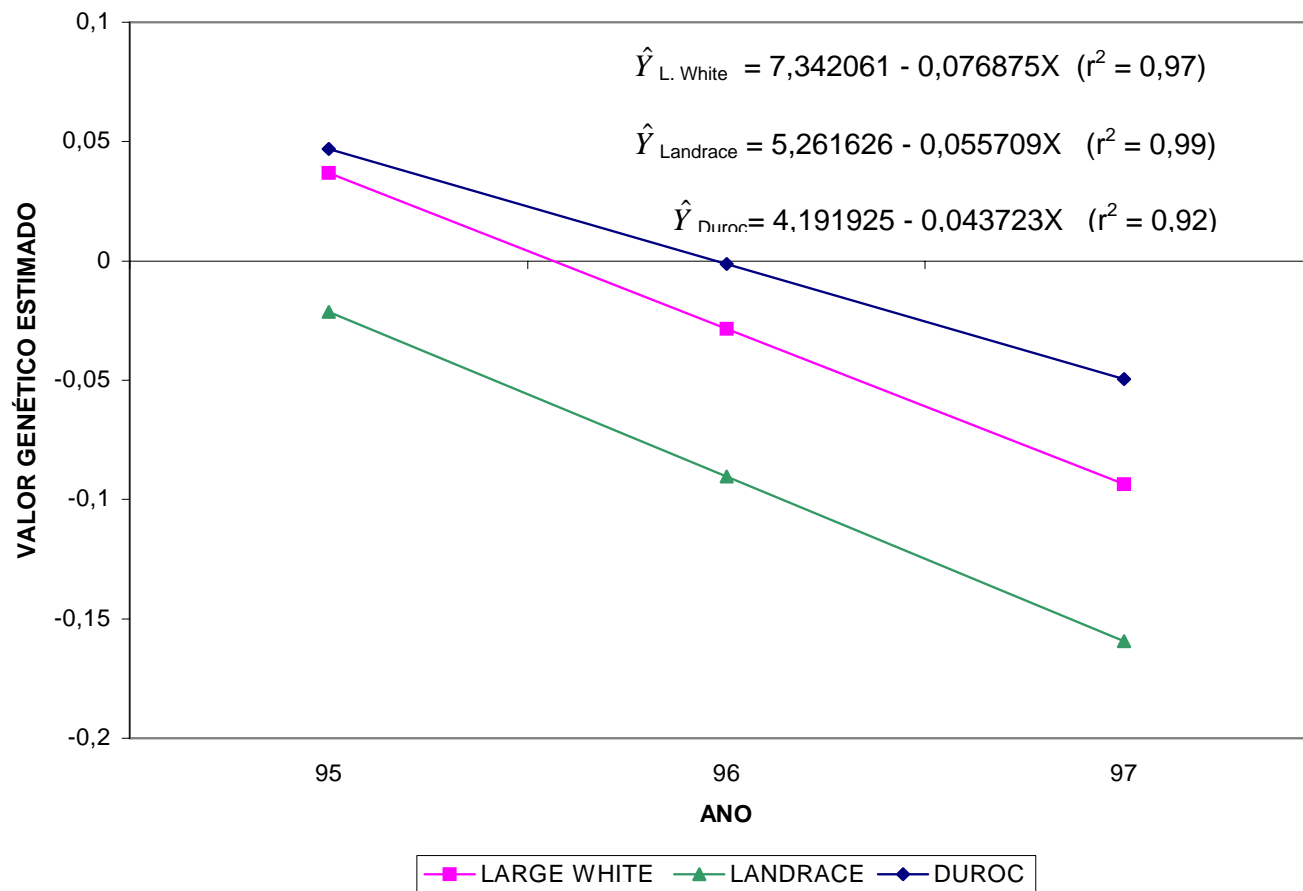


Figura 3 - Tendência genética da espessura de toucinho, calculada por meio da análise de regressão.

O progresso genético, estimado para peso aos 70 dias, foi de -0,22 kg/ano, -0,24 kg/ano e -0,57 kg/ano, para as raças Large White, Landrace e Duroc, respectivamente.

As estimativas de tendências genéticas anuais, para ganho de peso diário, foram positivas e, para espessura de toucinho, foram negativas, para as três raças, e estão de acordo com os objetivos do programa, que são o aumento no ganho de peso diário e a redução na espessura de toucinho, e de acordo com a correlação existente entre essas duas características.

O progresso genético, estimado pelo ganho de peso diário, foi de 14,11 g/ano, 9,81 g/ano e 2,75 g/ano, para as raças Large White, Landrace e Duroc, respectivamente. Os valores encontrados para as raças Large White e Landrace foram maiores que os obtidos por FERRAZ e JOHNSON (1993), HOFER et al. (1992) e McKAY (1990), enquanto o valor obtido para a raça Duroc foi menor que os encontrados por esses autores.

O progresso genético, estimado pela espessura de toucinho, foi de -0,07 cm/ano, -0,05 cm/ano e -0,04 cm/ano, para as raças Large White, Landrace e Duroc, respectivamente. Esses valores são maiores que os encontrados por FERRAZ e JOHNSON (1993), KAPLON et al. (1991) e HUDSON e KENNEDY (1985), e próximos aos alcançados por DAVID et al. (1985) e McKAY (1990).

4.3. Valores econômicos

A fórmula da equação de lucro, obtida pelos valores médios das características, foi:

$$P_1 = \{0,13PA70 + 1,06x_{32} + [(1,237817 - 0,050781ET) - 0,52]x_{33}\} - (36,94x100)/GPD - 223,84/18,07.$$

As fórmulas para cálculo dos valores econômicos, encontrados pela derivação da equação de lucro em função da característica desejada (PA70, GPD e ET), e os valores econômicos calculados pelos valores médios dessas características, entre as raças Large White e Landrace, são apresentados nas Tabelas 14 e 15, respectivamente.

Tabela 14 - Derivadas da equação de lucro em relação a peso aos 70 dias, ganho de peso diário e espessura de toucinho

	PA70 (kg)	GPD (g/dia)	ET (cm)
∂P_1	K_{11}	$K_2 X_{21} / (X_{22})^2$	$-b X_{33}$

b = coeficiente angular da equação de regressão do valor recebido por kg de carcaça, em função da espessura de toucinho.

Tabela 15 - Valores econômicos calculados para peso ajustado aos 70 dias (R\$/kg), ganho de peso diário (R\$/g) e espessura de toucinho (R\$/cm)

a_{PA70}	a_{GPD}	a_{ET}
0,13	0,0052	-3,70

Assim, 1 kg a mais no peso aos 70 dias representa R\$ 0,13 a mais no lucro; 1 g a mais no ganho de peso diário representa R\$ 0,0052 a mais no lucro; e 1 cm a menos na espessura de toucinho representa R\$ 3,70 a mais no lucro. Os valores econômicos do ganho de peso diário e da espessura de toucinho refletem a maior ênfase dada à redução na espessura de toucinho, do que no aumento no ganho de peso diário.

A comparação das estimativas de valores econômicos, encontrados neste trabalho, com as estimativas de valores econômicos, encontrados em outros trabalhos, é difícil, pois, além de os valores econômicos serem específicos a cada rebanho ou região, as metodologias utilizadas variam bastante. ALVES et al. (1978) utilizaram a regressão do lucro líquido, estimado nas características de interesse, pela função de produção tipo Cobb Douglas, e

LUDWIG et al. (1979) estimaram os valores econômicos por meio de pressuposições sobre as receitas e despesas geradas na produção de suínos. Porém, a maioria dos trabalhos utiliza valores econômicos arbitrários nas características de interesse.

A equação de lucro e os valores econômicos estimados podem ser úteis na verificação da vantagem, ou não, de se utilizar restrição alimentar em animais em fase de terminação, caso se deseje obter um animal com menor porcentagem de gordura na carcaça. Isso permite verificar se a bonificação paga pela carne magra compensa a diminuição no ganho de peso diário e o aumento no tempo necessário para que o animal atinja o peso de abate.

4.4. Índice econômico

O índice econômico, que combina os valores genéticos dos indivíduos, para as três características, com os seus respectivos valores econômicos, é obtido por meio da seguinte equação:

$$I_i = 0,13g_{i(PA70)} + 0,0052g_{i(GPD)} - 3,70g_{i(ET)},$$

em que I_i = índice econômico do animal i ; $g_{i(PA70)}$ = valor genético predito do animal i , para a característica peso aos 70 dias (kg); $g_{i(GPD)}$ = valor genético predito do animal i , para a característica ganho de peso diário (g); $g_{i(ET)}$ = valor genético predito do animal i , para a característica espessura de toucinho (cm).

Uma das formas de se tentar comparar os valores econômicos, obtidos nos diversos trabalhos, é pelo cálculo da razão entre o valor econômico ou fator de ponderação do índice, para ganho de peso diário, e o valor econômico ou fator de ponderação do índice, para espessura de toucinho. A razão entre os valores econômicos do ganho de peso diário e da espessura de toucinho, neste trabalho, foi de 0,0014. As razões entre os fatores de ponderação, encontrados por LUDWIG et al. (1979) e COSTA et al. (1986), foram de 0,0044 e 0,0052, respectivamente. A razão entre os fatores de ponderação, encontrados por ALVES et al. (1978), foi de 0,014. A comparação entre essas razões, apesar das diferentes metodologias empregadas, demonstra que se deu maior ênfase à espessura de toucinho, no índice calculado neste trabalho

e no de ALVES et al. (1978), do que nos índices calculados por LUDWIG et al. (1979) e COSTA et al. (1986).

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Neste trabalho foram utilizados dados de animais da raça Large White, Landrace e Duroc, fornecidos pela empresa COOPERCENTRAL-SC. As características analisadas foram peso ajustado aos 70 dias, ganho de peso diário e espessura de toucinho. O tamanho da leitegada, no desmame e no final do período da creche, e o peso final do teste foram usados, respectivamente, como covariáveis para peso ajustado aos 70 dias, ganho de peso diário e espessura de toucinho.

O modelo de análise dos dados incluiu efeito aleatório do animal (modelo animal); efeito fixo de grupo contemporâneo (sexo, estação, ano e granja); efeito aleatório de leitegada; e efeito aleatório do erro associado a cada observação.

Os componentes de variância, atribuídos aos efeitos aleatórios, foram estimados pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML), e as correlações genéticas aditivas, de leitegadas e residuais, assim como os coeficientes de herdabilidade e c^2 do efeito de leitegada, foram calculadas com base nesses componentes.

As tendências genéticas das características, para cada raça, foram calculadas por meio da regressão linear da média dos valores genéticos das características, em função do ano de nascimento dos animais.

Os valores econômicos das características foram obtidos por meio da derivada primeira da equação de lucro por suíno, em relação a peso aos 70 dias, ganho de peso diário e espessura de toucinho.

O índice econômico (critério de seleção), para cada animal, foi obtido pela soma dos valores genéticos preditos para todas as características, multiplicados pelos respectivos valores econômicos.

As correlações genéticas entre peso aos 70 dias, ganho de peso diário e espessura de toucinho mostraram certo antagonismo, podendo a pré-seleção, na saída do animal da creche, influir na seleção de animais para ganho de peso diário e espessura de toucinho. A correlação genética alta e negativa entre peso aos 70 dias e ganho de peso diário, na raça Duroc, resultante, possivelmente, dos problemas de creche existentes na granja avaliada, pode ser contornada por uma das alternativas: peso ao final do teste, a certa idade, ou idade para atingir determinado peso, em vez do ganho de peso diário. As correlações entre ganho de peso diário e espessura de toucinho foram altas e positivas, o que indica a necessidade de se trabalhar com métodos ou com procedimentos multivariados, para seleção dessas características em programas de melhoramento.

Os valores de herdabilidade, para as três características, foram de médio a alto, de modo que a vantagem da seleção pelo BLUP pode ser menor em relação à seleção fenotípica. Entretanto, o BLUP fornece previsões mais precisas dos valores genéticos dos animais e facilita o monitoramento da mudança genética na população, permitindo controle eficiente dos programas de melhoramento.

As tendências genéticas foram positivas para ganho de peso diário e negativas para peso aos 70 dias e espessura de toucinho. Tendências genéticas positivas para ganho de peso diário e negativas para espessura de toucinho estão de acordo com os objetivos do programa, que são aumento no ganho de peso diário e redução na espessura de toucinho, e com as correlações genéticas entre essas características. Por outro lado, tendências genéticas negativas, para peso aos 70 dias, não são desejáveis e, provavelmente, ocorreram em razão das correlações genéticas, encontradas entre esta característica e o ganho de peso diário e a espessura de toucinho, e da maior ênfase dada a estas duas últimas características, na seleção.

Os valores econômicos obtidos principalmente para ganho de peso diário e espessura de toucinho, utilizados no índice econômico, demonstram a maior ênfase que se dá à seleção de animais que apresentam menor espessura de toucinho, graças à implementação da tipificação de carcaças nos frigoríficos e à bonificação paga pelos animais com maior quantidade de carne magra. A equação de lucro e os valores econômicos encontrados podem ser utilizados na ponderação dos valores genéticos dos animais e na verificação da vantagem, ou não, de se recomendar a restrição alimentar na fase de terminação, a fim de se obter um animal mais magro. Deve-se ressaltar, porém, que os valores encontrados são válidos apenas para as condições estudadas, pois os valores econômicos variam de rebanho para rebanho, ou de região para região, e podem mudar de acordo com as mudanças na demanda de mercado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, R.G.O., SILVA, M.A., MILAGRES, J.C., COSTA, P.M.A. Análises econômica e genética das características de desempenho e de carcaça de suínos Landrace e Duroc. **R. Soc. Bras. Zootec.**, v. 7, n. 2, p. 245-257, 1978.
- ANDERSON, R.D. Variance components. In: QUAAS, R.L., ANDERSON, R.D., GILMOUR, A.R. **Use of mixed models for prediction and for estimation of (co)variance components**. [S.l.]: University of New England-AGBU, 1984. p. 77-145. (BLUP School Handbook).
- BELONSKY, G.M., KENNEDY, B.W. Selection on individual phenotype and best linear unbiased predictor of breeding values in a closed swine herd. **J. Anim. Sci.**, v. 66, n. 5, p. 1124-1131, 1988.
- BERESKIN, B. Genetic and phenotypic parameters for pig growth and body composition estimated by intraclass correlation and parent-offspring regression. **J. Anim. Sci.**, v. 64, n. 6, p. 1619-1629, 1987.
- BLAIR, H.T., POLLAK, E.J. Estimation of genetic trend in a selected population with and without the use of a control population. **J. Anim. Sci.**, v. 58, n. 4, p. 878-886, 1984.
- BOLDMAN, K.G., KRIESE, L.A., VAN VLECK, L.D., VAN TASSEL, C.P., KACHMAN, S.D. **A manual for use of MTDFREML**. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances [DRAFT]. Lincoln: USDA/ARS, 1995. 120 p.
- BRASCAMP, E.W., SMITH, C., GUY, D.R. Derivation of economic weights from profit equations. **Anim. Prod.**, v. 40, p. 175-180, 1985.

- BRYNER, S.M., MABRY, J.W., BERTRAND, J.K., BENYSHEK, L.L., KRIESE, L.A.. Estimation of direct and 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.
- COSTA, C.N., SARALEGUI, W.H., FÁVERO, J.A., LEITÃO, G.R. Parâmetros genéticos e índices de seleção para suínos. **R. Soc. Bras. Zootec.**, v. 15, n. 2, p. 124-131, 1986.
- DAVID, P.J., JOHNSON, R.K., SOCHA, T.E. Genetic and phenotypic parameters estimated from Nebraska specific-pathogen-free swine field records. **J. Anim. Sci.**, v. 57, n. 5, p. 1117-1123, 1983.
- DAVID, P.J., JOHNSON, R.K., SOCHA, T.E. Selection practices and genetic and phenotypic trends estimated from Nebraska SPF swine field records. **J. Anim. Sci.**, v. 61, n. 6, p. 1411-1420, 1985.
- DICKERSON, G.E. Efficiency of animal production - molding the biological components. **J. Anim. Sci.**, v. 30, n. 6, p. 849-859, 1970.
- FERRAZ, J.B.S., JOHNSON, R.K. Animal model estimation of genetic parameters and response to selection for litter size and weight, growth and backfat in closed seedstock populations of Large White and Landrace swine. **J. Anim. Sci.**, v. 71, p. 850-858, 1993.
- GRASER, H.U., SMITH, S.P., TIER, B. A derivative-free approach for estimating variance components in animal models by restricted maximum likelihood. **J. Anim. Sci.**, v. 64, n. 5, p. 1362-1370, 1987.
- HAZEL, L.N., LUSH, J.L. The efficiency of three methods of selection. **J. Hered.**, v. 33, n. 11, p. 393-399, 1942.
- HAZEL, L.N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, v. 28, n. 6, p. 476-490, 1943.
- HENDERSON, C.R. Estimation of variance and covariance components. **Biometrics**, v. 9, p. 226-252, 1953.
- HENDERSON, C.R. Selection index and genetic expected advance. In: HANSON, W.D., ROBINSON, H.F. (Eds.). **Statistical genetics and plant breeding**. Washington: NAS-NRC, 1963. p. 141-163. (Publication, 982).
- HENDERSON, C.R. Sire evaluation and genetics trends. In: ANIMAL BREEDING AND GENETICS SYMPOSIUM IN HONOR OF DR. JAY L. LUSH, 1973, Blacksburg. **Proceedings...** Champaign: ASAS/ADSA, 1973. p. 10-41.
- HENDERSON, C.R. General flexibility of linear model techniques for sire evaluation. **J. Dairy Sci.**, v. 57, n. 8, p. 963-972, 1974.

- HENDERSON, C.R. Rapid method for computing the inverse of a relationship matrix. **J. Dairy Sci.**, v. 58, n. 11, p. 1727-1730, 1975.
- HENDERSON, C.R. A simple method for computing the inverse of a numerator relationship matrix used in prediction of breeding values. **Biometrics**, v. 32, p. 69-83, 1976.
- HENDERSON, C.R. Use of an average numerator relationship matrix for multiple-sire joining. **J. Anim. Sci.**, v. 66, n. 7, p. 1614-1621, 1988.
- HILL, W.G. Estimation of realized heritabilities from selection experiments. I. Divergent selection. **Biometrics**, v. 28, n. 3, p. 747-765, 1972a.
- HILL, W.G. Estimation of realized heritabilities from selection experiments. II. Selection in one direction. **Biometrics**, v. 28, n. 3, p. 767-780, 1972b.
- HOFER, A., HAGGER, C., KUNZI, N. Genetic evaluation of on-farm tested pigs using an animal model. II. Prediction of breeding values with a multiple trait model. **Livest. Prod. Sci.**, v. 30, p. 83, 1992.
- HUDSON, G.F.S., KENNEDY, B.W. Genetic trend of growth rate and backfat thickness of swine in Ontario. **J. Anim. Sci.**, v. 61, n. 1, p. 92-97, 1985.
- IRGANG, R., SCHEID, I.R., AFONSO, S.B. Correlações genéticas e fenotípicas entre peso aos 90 dias, idade aos 100 kg e espessura de toucinho em suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 7, 1995, Blumenau. **Anais...** Blumenau: ABRAVES, 1995. p. 175.
- JOHNSON, R.K., ECKARDT, G.R., RATHJE, T.A., DRUDIK, D.K. Ten generations of selection for predicted weight of tests in swine: direct response and correlated response in body weight, backfat, age at puberty and ovulation rate. **J. Anim. Sci.**, v. 72, n. 8, p. 1978-1988, 1994.
- KAPLON, M.J., ROTHSCHILD, M.F., BERGER, P.J., HEALEY, M. Genetic and phenotypic trends in Polish Large White nucleus swine herds. **J. Anim. Sci.**, v. 69, n. 2, p. 551-558, 1991.
- KEELE, J.W., JOHNSON, R.K., YOUNG, L.D., SOCHA, T.E. Comparison of methods of predicting breeding values of swine. **J. Anim. Sci.**, v. 66, n. 12, p. 3040-3048, 1988.
- KENNEDY, B.W., JOHANSSON, K., HUDSON, G.F.S. Heritabilities and genetic correlations for backfat and age at 90 kg in performance-tested pigs. **J. Anim. Sci.**, v. 61, n. 1, p. 78-82, 1985.
- KOVAC, M., GROENEVELD, E. Multivariate genetic evaluation in swine combining data from different testing schemes. **J. Anim. Sci.**, v. 68, p. 3507-3522, 1990.

- LI, X., KENNEDY, B.W. Genetic parameters for growth rate and backfat in canadian Yorkshire, Landrace, Duroc and Hampshire pigs. **J. Anim. Sci.**, v. 72, n. 6, p. 1450-1454, 1994.
- LIN, C.Y. Index selection for genetic improvement of quantitative characters. **Theor. Appl. Genet.**, v. 52, p. 49-56, 1978.
- LO, L.L., McLAREN, D.G., McKEITH, F.K., FERNANDO, R.L., NOVAKOFSKI, J. Genetic analyses of growth, real-time ultrasound, carcass, and pork quality traits in Duroc and Landrace pigs: II. Heritabilities and correlations. **J. Anim. Sci.**, v. 70, n. 8, p. 2387-2396, 1992.
- LOPES, P.S., MARTINS, E.N., SILVA, M.A., RAGGI, L.A. **Métodos de resolução de sistemas de equações lineares**. Viçosa, MG: UFV, 1993. 55 p.
- LUDWIG, A., ALVES, R.G.O., SARALEGUI, W., IRGANG, R. Estimativa dos parâmetros genéticos e fenotípicos das características de desempenho e de carcaça de suínos Landrace e proposição de um índice de seleção. **R. Soc. Bras. Zootec.**, v. 8, n. 3, p. 473-487, 1979.
- LUSH, J.L. The number of daughters necessary to prove a sire. **J. Dairy Sci.**, v. 14, n. 2, p. 209-220, 1931.
- McKAY, R.M. Responses to index selection for reduced backfat thickness and increased growth rate in swine. **Can. J. Anim. Sci.**, v. 70, p. 973, 1990.
- 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. Estimating variances and covariances for multivariate animal models by restricted maximum likelihood. **Genet. Sel. Evol.**, v. 23, p. 67-83, 1991.
- MOAV, R. Economic evaluation of genetic differences. In: AGRICULTURAL genetics. New York: John Wiley & Sons, 1973. p. 319-352.
- MOAV, R., MOAV, J. Profit in a broiler enterprise as a function of egg production of parent stocks and growth rate of their progeny. **Brit. Poult. Sci.**, v. 7, p. 5-16, 1966.
- PATTERSON, H.D., THOMPSON, R. Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. **Biometrika**, v. 58, n. 3, p. 545-554, 1971.
- QUAAS, R.L. Computing the diagonal elements and inverse of a large numerator relationship matrix. **Biometrics**, v. 32, n. 4, p. 949-953, 1976.
- RAO, C.R. Estimation of heteroscedastic variances in linear models. **J. Am. Statist. Ass.**, v. 65, p. 161-172, 1970.

- RAO, C.R. Estimation of variance and covariance components - MINQUE theory. **J. Mult. Anal.**, v. 1, p. 257-275, 1971a.
- RAO, C.R. Minimum variance quadratic unbiased estimation of variance components. **J. Mult. Anal.**, v.1, p. 445-456, 1971b.
- RAO, C.R. Estimation of variance and covariance components in linear models. **J. Am. Statistical Ass.**, v. 67, n. 337, p.112-115, 1972.
- ROSO, V.M., FRIES, L.A., MARTINS, E.S. Parâmetros genéticos em características de desempenho e qualidade de carcaça em suínos da raça Duroc. **R. Soc. Bras. Zootec.**, v. 24, n. 2, p. 310-316, 1995.
- SAS INSTITUTE INCORPORATION. **SAS/STAT® user's guide**: version 6. 4.ed. Cary, NC: 1990.
- SIEWERDT, F., CARDELLINO, R.A. Índices de seleção para suínos Landrace submetidos a teste de granja. **R. Soc. Bras. Zootec.**, v. 23, n. 1, p. 110-118, 1994.
- SILVA, M.A., CATALAN, G., TORRES, R.A., CARNEIRO, L.H.D.M. Estimativas de componentes genéticos de características de importância econômica, em três diferentes raças de suínos. **R. Soc. Bras. Zootec.**, v. 25, n. 5, p. 923-932, 1992.
- SMITH, H.F. A discriminant function for plant breeding selection. **Ann. Eugen.**, v. 7, p. 240-250, 1936.
- SMITH, C., JAMES, J.W., BRASCAMP, E.W. On the derivation of economic weights in livestock improvement. **Anim. Prod.**, v. 43, p. 545-550, 1986.
- SORENSEN, D.A., KENNEDY, B.W. Estimation of genetics variances from unselected and selected populations. **J. Anim. Sci.**, v. 59, n. 5, p. 1213-1223, 1984a.
- 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, 1984b.
- TORRES JUNIOR, R.A.A. **Eficiência das informações de diferentes grupos contemporâneos na avaliação genética de suínos utilizando modelos mistos em procedimentos uni e multivariados**. Viçosa: UFV, 1996. 117 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, 1996.
- WELLER, J.I. **Economic aspects of animal breeding**. London: Chapman & Hall, 1994. 244 p.
- WRIGHT, S. Evolution in Mendelian populations. **Genetics**, v. 16, p. 97-159, 1931.

YAMADA, Y., YOKOUCHI, K., NISHIDA, A. Selection index when genetic gains of individual traits are of primary concern. **Jap. J. Genet.**, v. 50, p. 33-41, 1975.