

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

**PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE
PROLIFICIDADE NAS RAÇAS LANDRACE E LARGE WHITE**

MARIANA ANRAIN

**BELO HORIZONTE
ESCOLA DE VETERINÁRIA – UFMG
2011**

MARIANA ANRAIN

PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE
PROLIFICIDADE NAS RAÇAS LANDRACE E LARGE WHITE

Dissertação apresentada à Escola de Veterinária da
Universidade Federal de Minas Gerais, como
requisito parcial para obtenção do grau de Mestre
em Zootecnia.

Área de Concentração: Genética e Melhoramento
Animal

Orientador: José Aurélio Garcia Bergmann

Co-orientador: Renato Irgang

Anrain, Mariana, 1985-
A616p Parâmetros genéticos para características de prolificidade nas raças Landrace e Large
White / Mariana Anrain. 2011. -
50 p. : il.

Orientador: José Aurélio Garcia Bergmann

Co-orientador: Renato Irgang

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária
Inclui bibliografia

1. Leitão – Melhoramento genético – Teses. 2. Verossimilhança (Estatística) – Teses.
3. Hereditariedade – Teses. I. Bergmann, José Aurélio Garcia. II. Irgang, Renato.
III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. IV. Título.

CDD – 636.408 2

Comissão Examinadora:

José Aurélio Garcia Bergmann
(Orientador)

Prof. Martinho de Almeida e Silva

Prof. André Luis Ferreira Lima

*Perhaps, the final product of genomics will be a model of an animal involving at least a few hundred genes that describe dynamics and complex relationships among traits within the animal. Perhaps computer simulations will be able to look at changes in the phenotype under pressure from a variety of environments and challenges, and find genotypes useful for each environment. Perhaps, we will find a machine that creates an embryo given the genotype. Such a scenario is possible, though not anytime soon, and I bet that such a model will involve quantitatively-trained geneticists.
Ignacy Misztal, 2010.*

A Ricardo, meu pai e Carmen, minha mãe,
Dedico.

Agradeço...

A Deus, companhia perfeita e Pai amável! Obrigada por me dar a graça de acordar todos os dias para caminhar atrás de meus sonhos!

À Universidade Federal de Minas Gerais, pela oportunidade desta pós graduação,

À Universidade Federal de Santa Catarina pela minha sólida graduação,

Ao meu orientador Prof. José Aurélio Garcia Bergmann, pela disposição de aceitar minha orientação, pelas excelentes oportunidades e pelo auxílio.

Ao meu co-orientador, prof. Renato Irgang, pela sua sempre grande disposição em me escutar, me auxiliar e me apoiar nas decisões. Obrigada sempre professor!

Ao prof. Martinho, pela disposição em nos ensinar um pouco do muito que sabe!

Ao Prof. André Luis Ferreira Lima, por aceitar fazer parte da banca que avalia este trabalho.

Aos meus colegas de turma, de grupo de estudo, de almoços, que sempre me auxiliaram a edificar meu conhecimento neste melhoramento.

Ao colega Bruno Dourado Valente, pela eterna disposição em ajudar, pela paciência e pelo companheirismo!

À equipe da DB-DanBred pela cessão dos dados e pelo auxílio neste ano!

Ao Sr. Décio Bruxel e toda sua família, que nos deram um voto de confiança, que possibilitaram a continuidade do meu mestrado e a execução deste trabalho.

Aos meus pais, Ricardo e Carmen, e às minhas irmãs Chaiene e Clarissa que longe, mais sempre perto, me ajudaram a concluir mais esta fase.

Aos meus familiares pelo apoio nesta jornada.

Ao meu namorado Solano, pelo amor, pela companhia, todo o apoio e incentivo!

Aos meus avôs, que estão muito vivos nas minhas lembranças. Quero caminhar com e como vocês!

SUMÁRIO

RESUMO	11
1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 Taxa de ovulação, sobrevivência embrionária, eficiência placentária e capacidade uterina.....	13
2.2 Tamanho da leitegada	15
2.3 Sobrevivência dos leitões.....	16
2.4 Presença de defeitos de nascença.....	21
2.5 Habilidade materna e produção de leite.....	22
2.6 Resistência a doenças.....	24
2.7 Modelos	25
2.8 Parâmetros genéticos para características de tamanho de leitegada	26
3. MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1 Material	28
3.2 Métodos	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1 Estatísticas descritivas	31
4.2 Componentes de Variância	34
5. CONCLUSÕES.....	43
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1: Média, desvio padrão e coeficiente de variação para as características de leitegada nas raças Large White e Landrace..... 31
- Tabela 2: Componentes de variância para Número total de leitões nascidos (NTN), Nascidos vivos (NV) e leitões vivos ao quinto dia (NV5) na raça Landrace. 34
- Tabela 3: Componentes de variância para Número de leitões nascidos total (NTN), Nascidos vivos (NV) e leitões vivos ao quinto dia (NV5) na raça Large White. 35
- Tabela 4: Herdabilidade no sentido restrito (h^2), herdabilidade do efeito genético materno (h^2_{mater}) e repetibilidade (R) das características número total de leitões nascidos (NTN), nascidos vivos (NV) e leitões vivos ao quinto dia (NV5) na raça Large White, seguidos dos critérios AIC e BIC para cada modelo..... 36
- Tabela 5: Herdabilidade no sentido restrito (h^2), herdabilidade do efeito genético materno (h^2_{mater}) e repetibilidade (R) das características número total de leitões nascidos (NTN), nascidos vivos (NV) e leitões vivos ao quinto dia (NV5) na raça Landrace, seguidos dos critérios AIC e BIC para cada modelo..... 36
- Tabela 6: Correlações genéticas entre as características indicativas de prolificidade obtidas por análise multicaracterística, considerando apenas o primeiro parto na raça Landrace..... 38
- Tabela 7: Correlações genéticas entre as características indicativas de prolificidade obtidas por análise multicaracterística, considerando apenas o primeiro parto na raça Large White. 38
- Tabela 8: Correlações genéticas entre características indicativas de prolificidade, obtidas por correlação de valor genético para as características (acima da diagonal) e correlação fenotípica (abaixo da diagonal) em Landrace. 38
- Tabela 9: Correlações genéticas entre as características indicativas de prolificidade, obtidas por correlação de valor genético para as características (acima da diagonal) e correlação fenotípica (abaixo da diagonal), na raça Large White..... 39

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Número total de leitões nascidos (NTN), nascidos vivos (NV) e vivos ao quinto dia (NV5) por ordem de parto na raça Landrace..... 32
- Figura 2: Número total de leitões nascidos (NTN), nascidos vivos (NV) e vivos ao quinto dia (NV5) por ordem de parto na raça Large White..... 32
- Figura 3: Distribuição do número de leitões vivos ao quinto dia (NV5) na raça Landrace e Large White..... 33
- Figura 4: Evolução fenotípica do número total de leitões nascidos (NTN), nascidos vivos (NV) e vivos ao quinto dia (NV5), entre 2006 e 2010 na raça Landrace..... 33
- Figura 5: Evolução fenotípica do número total de leitões nascidos (NTN), nascidos vivos (NV) e vivos ao quinto dia (NV5), entre 2006 e 2010 na raça Large White. .. 34
- Figura 6: Evolução do valor genético das fêmeas, por ano de nascimento, para o NV5 na raça Landrace. 40
- Figura 7: Evolução do valor genético das fêmeas, por ano de nascimento, para o NV5 na raça Large White. 41

RESUMO

Dados de animais das raças Landrace (LD) e Large White (LW) foram utilizados para estimar os componentes de variância para número total de leitões nascidos (NTN), número de leitões nascidos vivos (NV) e número de leitões vivos ao quinto dia (NV5). Para obtenção dos componentes de variância, foi utilizado o método da máxima verossimilhança restrita (REML). O modelo misto continha os efeitos fixos época de nascimento da porca, de época de monta e de ordem de parto. Foram realizadas análises unicaracterísticas, contendo os efeitos genético direto, genético materno e de ambiente permanente, gerando quatro combinações para cada característica, em cada raça. Posteriormente foram realizadas análises multicaracterísticas para a estimação das correlações genéticas. Os modelos unicaracterísticas foram comparados e o que continha apenas o efeito genético direto foi considerado o mais adequado. As estimativas de herdabilidade calculadas para NTN foram de 0,15 para LW e 0,08 a 0,12 para LD, dependendo do modelo, em NV 0,14 para LW e 0,05 a 0,12 para LD e em NV5, variaram de 0,11 a 0,12 para LW e 0,03 a 0,08 para LD. Os resultados sugerem que a seleção para NV5 pode ser uma via interessante para o aumento do tamanho da leitegada e para seleção indireta para componentes de sobrevivência e habilidade materna.

Palavras chaves: herdabilidade, prolificidade, resposta à seleção.

ABSTRACT

Data from Landrace (LD) and Large White (LW) sows were analyzed to estimate variance components for total number of piglets born (NTN), number of piglets born alive (NV) and number alive at day 5 after birth (NV5). REML mixed model equations included the fixed effects of sow year and birth season, and litter contemporary group (sow conception season-sow order of parity). In addition, univariate analyses included, alternatively, direct genetic, maternal genetic and permanent environmental effects, resulting in four models for each trait and each breed. Multiple trait analysis was performed to estimate genetic correlations among the traits. Univariate models comparison indicated that the model containing only direct genetic effect was the most appropriated for parameter estimation. Estimates of heritability for NTN, NV e NV5 were calculated and ranged from .15 for LW and .08 to .12 for LD (NTN), from .14 for LW and .05 to .12 for LD (NV) and from .11 to .12 for LW and .03 to .08 for LD (NV5). Results suggested that selection for NV5 could be

an interesting alternative to increase litter size and others components by indirect selection for piglet survival and maternal ability.

Keywords: heritability, litter size, selection response.

1. INTRODUÇÃO

A suinocultura apresentou grandes avanços nos últimos anos graças aos esforços feitos nas áreas de melhoramento genético, nutrição e manejo dos animais. Neste cenário, houve grande transformação na carcaça dos animais e também nos índices reprodutivos, o que permitiu o aumento da produtividade em todos os setores da atividade. Esta evolução nos índices de produtividade, em parte, foi decorrente do melhoramento genético realizado nos rebanhos suínos.

O tamanho da leitegada ao desmame é considerado uma das características mais importantes na produção de suínos (SU et al. 2007). Enquanto há alguns anos 21 a 23 leitões desmamados por porca por ano (MERKS et al., 2000) era considerado um bom índice, atualmente as exigências para uma suinocultura competitiva elevam estes índices para 30 leitões.

O aumento no número de leitões vivos e desmamados nos últimos anos foi expressivo e colaborou para o aumento da produtividade e do retorno econômico da atividade, pois, de acordo com Lay Júnior et al. (2002), o custo por leitão desmamado é elevado, na época de, aproximadamente, R\$ 30,00.

Apesar do número de leitões desmamados ser característica importante, a seleção direta para tamanho de leitegada ao desmame é difícil, pois existe alta taxa de uniformização de leitegada por meio da troca de leitões entre as fêmeas que tiveram parição em momentos próximos. Em razão dessa prática, é difícil estimar parâmetros genéticos para o tamanho da leitegada ao desmame (SU et al., 2007). É importante ressaltar que acuradas estimativas de parâmetros genéticos para tamanho de leitegada são essenciais para estimação dos valores genéticos e otimização da predição da resposta genética à seleção.

Em programas de melhoramento genético de suínos, o tamanho da leitegada ao desmame pode ser melhorado por meio da seleção para tamanho da leitegada ao nascimento. Este foi, por muito tempo, um importante objetivo de seleção da suinocultura moderna. Porém, o aumento do número de leitões nascidos foi acompanhado por redução na sobrevivência até o desmame (LUND et al. 2002; BOUQUET et al. 2006). Adicionalmente, a mortalidade entre o parto e a desmama foi apontada por Su et al. (2006) como o maior problema na produção de suínos. Cerca de 90% das mortes na fase pré-desmame acontecem entre o primeiro e o quinto dia de vida da leitegada, e o número de leitões vivos ao quinto dia tem alta correlação ($r=0,99$) com o número de leitões desmamados. Portanto, uma alternativa à seleção tradicional para prolificidade, feita para o número de leitões nascidos totais e nascidos vivos, é para a característica número de leitões vivos ao quinto dia.

Objetivou-se com este trabalho estimar os parâmetros genéticos e fenotípicos para características de prolificidade em diferentes modelos contendo efeitos genéticos diretos, genéticos maternos e de ambiente permanente, em análises uni e multicaracterísticas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Su et al. (2007), a maior parte das mortes de leitões acontece nos cinco primeiros dias de vida da leitegada, sendo que as principais causas de morte nos três primeiros dias são esmagamento pela fêmea e fome. Hellbrügge et al. (2006) avaliaram a sobrevivência de leitões em um núcleo genético e constataram que 31% das perdas ocorreram durante o primeiro dia, 68% durante o segundo dia e 82% durante a primeira semana, o que indica que grande parte das perdas está concentrada nos primeiros dias de vida dos leitões. Assim, segundo Su et al. (2007), espera-se que a seleção para o número de leitões vivos ao quinto dia de vida englobe grande parte da variância genética para sobrevivência dos leitões. Assim, essa seleção pode ser mais efetiva que a seleção para o número total de leitões nascidos, com reflexo para o melhoramento da sobrevivência e do número de leitões desmamados.

O número de leitões vivos ao quinto dia é dependente de várias características mencionadas a seguir:

- taxa de ovulação, sobrevivência embrionária, eficiência placentária e capacidade uterina;
- número total de leitões nascidos;
- sobrevivência dos leitões;
- presença de defeitos de nascença;
- habilidade materna e capacidade de nutrição das fêmeas;
- susceptibilidade a doenças de maneira geral.

Quando a seleção é feita diretamente para o número de leitões vivos ao quinto dia, boa parte da variância genética desta sequência de características está englobada indiretamente nesta seleção. A seguir, serão detalhadas estas características que são determinantes para o número de leitões vivos ao quinto dia.

2.1 Taxa de ovulação, sobrevivência embrionária, eficiência placentária e capacidade uterina

Muitos programas de melhoramento genético são focados em características produtivas e reprodutivas, como ganho de peso diário e tamanho de leitegada (LØVENDAHL et al., 2005), enquanto características como eficiência placentária, capacidade uterina e nutrição são pouco focadas, embora sejam de grande importância para que haja harmonia no processo de desenvolvimento embrionário e fetal, levando os leitões a um bom peso ao nascer.

Segundo Johnson et al. (1999), as diferenças do tamanho da leitegada e de seus componentes, como de taxa de ovulação e sobrevivência embrionária, possuem componentes genéticos e respondem à seleção, sendo que a taxa de ovulação possui componente genético maior que o tamanho da leitegada (BLASCO et al. 1993; BIDANEL et al., 1996).

Johnson et al. (1999) apontam para a existência de leitoas com números extremos de corpos lúteos nas 14 gerações de seleção para aumento de número de nascidos, o que, segundo os autores, causou a variância de 5,2 oócitos, quase duas vezes maior que a de experimentos similares. A herdabilidade estimada neste experimento foi de 0,24. Rosendo et al. (2007) estimaram a herdabilidade média para taxa de ovulação à puberdade (0,34) e à fertilização (0,33), enquanto a herdabilidade realizada, segundo Cunningham et al. (1979) foi média para alta (0,46). Ainda, segundo Johnson et al. (1999), a alta incidência de fêmeas com números extremos de taxa de ovulação contribui para a alta e negativa correlação encontrada entre a taxa de ovulação e a sobrevivência embrionária ($r_g = -0,86$, $r_f = -0,47$).

Lamberson et al. (1991) observaram em um experimento de seleção para aumento da taxa de ovulação, o aumento significativo do tamanho da leitegada, mas não maior do que a que aconteceria se a seleção tivesse sido feita diretamente sobre o tamanho da leitegada e Neal et al. (1989) afirmam que o aumento na taxa de ovulação não resultaria em aumento do tamanho da leitegada na maioria das raças britânicas.

Segundo Anderson e Melampy (1972), o número de corpos amarelos por cio aumenta com a ordem de parto, e alcança 18 a 20 após a primeira ou segunda partições, e 24 a 25 após a quinta ou sexta partições, que seria, portanto, o limite superior para o tamanho da leitegada em suínos. Porém, ainda na fase seguinte de fecundação e gestação ocorrem perdas embrionárias que ainda diminuem o potencial produtivo das fêmeas. Para sobrevivência prenatal, Rosendo et al. (2007) relatam herdabilidade de 0,33.

Assim, o número de óvulos liberados por cio determina o limite superior do tamanho da leitegada ao nascer, mas é a capacidade uterina das porcas que determina quantos dos óvulos fertilizados chegarão até o final da gestação na forma de leitões nascidos por leitegada.

A capacidade uterina é definida como o número máximo de fetos que a fêmea pode levar até o final da gestação. Os fetos de suínos não erodem o tecido maternal para ter acesso a nutrientes por meio do sangue materno, fazendo com que estes tenham necessidade de maior superfície de troca materno-fetal por unidade de peso de feto (WILSON et al., 1999). Porém, a seleção para capacidade uterina é difícil, pois apresenta baixa herdabilidade, em torno de 0,09, estimada por Young et al. (1996), e além de ser de dispendiosa mensuração, pois esta é executada por meio da onerosa técnica de ovariectomia-histerectomia (UHO). Em experimento em que foi feita seleção para aumento do número de leitões nascidos vivos, Johnson et al. (1999) relataram que na população base a capacidade uterina estimada foi de 10,5 leitões. Este valor aumentou com a seleção para 11,75 leitões na geração 11 e para 13,1 leitões na geração 14.

Wilson et al. (1999) propuseram definição alternativa da capacidade uterina, que poderia ser descrita como a quantidade total de placenta ou superfície total de placenta que

a fêmea leva até o final da gestação . Isto incluiria a área de superfície total disponível e a eficiência tanto do endométrio quanto da placenta. De acordo com esse conceito de capacidade uterina, o tamanho de leitegada aumentaria tanto por aumento do comprimento de corno uterino ou com diminuição da quantidade de espaço uterino ocupado por cada feto. Nesse sentido, a seleção para placentas menores e mais eficientes seria o melhor método.

Sabe-se que existem genótipos que possuem maior prolificidade do que os atuais genótipos comerciais, como, por exemplo, a raça chinesa Meishan, que produz de três a cinco leitões a mais por leitegada (WILSON et al., 1999). Nesta raça são comuns leitegadas grandes, com leitões de menor tamanho ao nascer, porém mais uniformes que nas raças Landrace e Large White, por exemplo. Esse aumento na produtividade é obtido por marcante diminuição do tamanho da placenta e aumento da relação peso de leitão:peso da placenta, que é usada como medida de eficiência placentária. A explicação, segundo Ford (1997), é que a proliferação de vasos sanguíneos placentários na raça Meishan, que proporciona rápido crescimento principalmente na fase final da gestação, torna desnecessário o aumento do tamanho da placenta. Assim cada leitão tem menor espaço de endométrio para troca de nutrientes, e aumenta, portanto, o potencial para o número de leitões nascidos por leitegada.

Wilson et al. (1999) realizaram experimento com fêmeas da raça Yorkshire para detectar possível variabilidade em eficiência placentária, medida na razão de peso de leitão:peso de placenta, em g/g. Detectada essa variabilidade, os autores prosseguiram com experimento em seleção divergente, no qual um grupo possuía alta ($5,7\pm 0,3$) e o outro baixa ($3,6\pm 0,2$) eficiência placentária, ditos grupos A e B, respectivamente. Não houve diferença no peso dos leitões nascidos dos dois grupos, mas houve diferença marcante no peso da placenta destes dois grupos, em que o grupo com alta eficiência teve a placenta cerca de 30% mais leve que dos leitões provenientes do grupo com baixa eficiência placentária, e, portanto, houve diferença significativa na eficiência placentária dos dois grupos. Os autores apontam como dado interessante, e possivelmente como resultado da maior eficiência placentária do grupo A, o maior tamanho de leitegada superior, quase três leitões, em relação ao grupo B, após duas gerações de seleção.

Segundo Johnson et al. (1999), existem sólidas evidências de que a sobrevivência embrionária possui componente genético e que ela seja positivamente correlacionada ao tamanho de leitegada. Assim, o número total de leitões nascidos por leitegada tem correlação genética de 0,24 com a taxa de ovulação e de 0,36 com sobrevivência embrionária. Os autores afirmam que a seleção para componentes de tamanho de leitegada teria mais efetividade se a taxa de ovulação e sobrevivência pré-natal ou uma medida de capacidade uterina fossem incorporadas ao modelo.

2.2 Tamanho da leitegada

O tamanho de leitegada é considerado fator determinante da eficiência reprodutiva de um plantel de suínos, e, portanto é intenso foco de melhoramento. O tamanho de leitegada

é referenciado como número total de leitões nascidos, ou como o número de leitões nascidos vivos. O número total de leitões nascidos é o resultado de todos os eventos desde a ovulação e concepção até o momento do parto: número de óvulos liberados, taxa de fertilização e o número de fetos mantidos no útero até o final da gestação. O número de leitões nascidos vivos reflete além dos aspectos referentes ao número total de nascidos, os fatores ligados ao final da gestação e ao parto, que é o momento em que se tem a ocorrência de leitões natimortos. O tamanho da leitegada é influenciado por vários fatores entre os quais a raça, a ordem de parto, o intervalo entre partos, o ano e a estação de parição (MCGLOUGHLIN, 1976; FRENCH et al., 1979).

No Brasil, o tamanho de leitegadas registrados na raça Landrace passou de 8,20, em 1970, para 9,23, em 1980; e de 9,94, em 1990 para 11,48 leitões, em 2005. Na raça Large White, os números foram de 7,40, em 1970 para 9,65, em 1980; e de 10,45, em 1990, para 11,29 em 2005 (ABCS, 2005). Estes números mostram a evolução obtida nos plantéis puros do Brasil nas últimas décadas, fruto de intensa seleção para a característica.

2.3 Sobrevivência dos leitões

A mortalidade total de leitões é definida como a soma da mortalidade pré e pós natal. Da mesma forma, o seu complemento, a sobrevivência dos leitões, é também importante característica. A análise desta pode ser feita como uma característica, ou dividida em duas, sobrevivência ao parto e na fase pré-desmame. Uma análise genética da sobrevivência ao parto precisa considerar o genótipo da mãe e do leitão.

O peso ao nascimento é apontado como o fator mais importante na sobrevivência dos leitões (KNOL et al., 2002). Apesar do grande progresso genético e de manejo ao longo dos anos, a mortalidade pré-desmame de leitões ainda representa grande entrave econômico na suinocultura moderna (LEENHOUWERS et al., 2002a) Isto se torna realidade quando se depara com taxas de mortalidade pré-desmame que permanecem relativamente constantes desde meados das décadas de 50, 60, 90 e até hoje em dia, que giram em torno de 25%, 15%, 20%, 16%, respectivamente, na grande maioria dos plantéis. (PANZARDI et al., 2009). Segundo Leenhouwers et al. (2001), cerca de 20% do número total de leitões nascidos em todo o mundo não sobrevivem do final da gestação até o desmame. Esta alta taxa de mortalidade de leitões é inaceitável, tanto do ponto de vista econômico como de bem estar animal.

Leenhouwers et al., (2002a) afirma que se nenhuma medida for tomada, as taxas de mortalidade vão continuar aumentando sempre mais, em razão da pressão de seleção para aumento do tamanho de leitegada e para maior deposição de carne magra, sendo que a seleção para deposição de carne magra pode influir de maneira negativa na maturidade fisiológica dos leitões ao nascimento (HERPIN et al., 1993).

Resultados de Leenhouwers et al., (2001) e Leenhouwers et al. (2002a) sugerem que as diferenças na sobrevivência dos leitões estão relacionadas ao nível de desenvolvimento ou à maturidade dos mesmos ao nascimento. Em estudo relacionando desenvolvimento prenatal do valor genético (VG) dos leitões para sobrevivência prenatal, Leenhouwers et al.

(2002b) encontraram que, para os grupos com alto ou baixo valor genético, não houve diferença estatística entre o peso dos leitões aos 111 dias de gestação, embora os leitões com alto VG tivessem, em média, peso pouco menor. O número total de fetos não foi significativamente diferente entre os dois grupos. Porém, o comprimento corporal dos fetos foi menor no grupo com alto VG. Leitegadas com alto VG tiveram placentas significativamente mais leves e mais eficientes. A variação do peso de placenta no grupo de alto VG foi menor, e a diminuição na variação do peso da placenta não foi acompanhada de redução significativa do peso dos fetos. Esses resultados podem ser explicados, segundo os autores, pela não ocorrência de placentas muito leves no grupo de alto VG, pois acima de determinado peso de placenta, o peso dos fetos alcança seu limite fisiológico. Esse peso limite de placenta foi estimado em 300 g (LEENHOUWERS et al., 2002a). Placentas com menos de 300 g ocorreram mais frequentemente no grupo de baixo VG, introduzindo assim maior variação no peso de placenta, que não é acompanhado por variação adicional no peso dos leitões. Outros fatores estão ligados a sobrevivência dos leitões, entre eles os níveis de constituintes séricos do leite. Aos 111 dias de gestação, o grupo com alto valor VG tinha níveis mais altos de cortisol no sangue, o que indica o maior nível de desenvolvimento e maturidade desses ao nascimento. Em relação ao glicogênio total armazenado, houve maiores níveis nos leitões com alto VG. Segundo os autores, este incremento nos níveis de glicogênio é atribuído ao aumento nos níveis de cortisol nas leitegadas com alto VG. Outro ponto relacionado à sobrevivência é o nível de desenvolvimento intestinal, que foi maior no grupo com alto VG. O desenvolvimento do intestino não está apenas associado à maior absorção de nutrientes, mas também à maior absorção de anticorpos. A composição química do corpo dos leitões de alto VG também está associada ao maior desenvolvimento fisiológico deste grupo, e possui menor índice de água e maior de proteínas, gorduras e cinzas. No grupo com alto VG, houve maior deposição de gordura aos 111 dias de gestação, o que contribui positivamente para a regulação térmica do neonato. Assim, de acordo com estas informações, nota-se que as diferenças nos aspectos fisiológicos dos dois grupos apontam para adaptações nos genótipos com maior capacidade de sobrevivência.

Entretanto, com a seleção de fêmeas voltadas para a produção de maior quantidade de leitões por leitegada, houve redução no peso ao nascimento e aumento na variação do peso dentro da leitegada (QUINIOU et al., 2002; KNOL et al. 2002; MILLIGAN et al., 2002; TRIBOUT et al., 2003; GONDRET et al., 2005). Isso faz com que a viabilidade e a vitalidade dos leitões diminua, em virtude do seu baixo peso ao nascimento e da maior susceptibilidade a eventos estressantes durante o parto (PANZARDI et al., 2009). O baixo peso ao nascimento, combinado com a alta variabilidade dentro da leitegada, são correlacionados negativamente com a sobrevivência perinatal.

A asfixia é apontada como a maior causa de morte durante o parto. Esta pode ser induzida por decréscimo na circulação de sangue na placenta, associada às contrações uterinas, danos no cordão umbilical, rompimento precoce do cordão e deslocamento da placenta (ENGLISH & WILKINSON, 1982, citados por LEENHOUWERS et al., 2002a). Mesmo em animais que são afetados e sobrevivem, a asfixia pode deixar seqüelas que prejudiquem seu posterior desenvolvimento (RANDALL, 1971).

A sobrevivência dos leitões, do final da gestação ao desmame, é influenciada por complexo grupo de fatores. O grau de desenvolvimento final do feto é fator importante para predisposição à mortalidade pré-natal. (VAN DER LENDE et al., 2001). Leitões com baixo peso ao nascer têm maiores chances de morrer ao nascer e de fome, em razão a sua incapacidade de disputar o colostro com os leitões mais fortes (HERPIN et al., 1993)

Segundo Su et al. (2007), em programa de melhoramento genético para linhas maternas, as principais causas de mortalidade em relação ao número total de leitões nascidos foram: 15,6 % de natimortos, 2,9% de morte precoce (antes da pesagem dos animais), 3,3% de esmagamento, 2,5 % de fome e 4,8% de outras causas.

Porém, Edwards (2002), em revisão sobre as possíveis soluções para a mortalidade perinatal, indica que, apesar da causa de morte dos leitões ser o esmagamento, este foi indiretamente causado por má nutrição nos momentos iniciais da vida do animal, fazendo com que o leitão se tornasse fraco, procurasse estar mais perto da mãe, na expectativa de poder se alimentar, e, portanto, se colocando em situação de maior risco. De acordo com esta observação, cerca de 43% das mortes seriam causadas por inanição, e 18% por esmagamento.

Muitos estudos mostram correlações negativas entre o tamanho de leitegada e a taxa de crescimento pré-desmama (DAMGAARD et al., 2003; HUBBY et al., 2003), o que indica prejuízo ao crescimento de leitões provenientes de leitegadas numerosas e, principalmente, desuniformes (PANZARDI et al., 2009). Esta perda suplementar é importante na redução da lucratividade para os produtores, além da existência de problemas éticos, que podem trazer imagem negativa à produção de suínos. Portanto, segundo Tribout et al. (2003), a melhoria da sobrevivência pré e pós natal é desafio importante na suinocultura.

Com os avanços da genética e do manejo observados nos últimos anos, é possível alcançar ganho de peso diário em torno de 0,7 Kg/dia, do desmame ao abate. Dentro das fases de desenvolvimento, o período do nascimento até 30 kg representa a fase na qual o potencial genético máximo do animal ainda não foi alcançado. Neste contexto, maior desenvolvimento obtido no período é, em grande parte, responsável pelo retorno econômico e pelo sucesso da atividade (PANZARDI et al., 2009)

Muitos estudos indicam que o peso individual de leitões é fator mais importante que influi na sobrevivência pré desmame (QUINIOU et al., 2002; KNOL et al., 2002). O peso do leitão ao nascimento influi no peso ao desmame e no seu desempenho até o abate (PANZARDI et al., 2009). Uma parte considerável da variação no crescimento após o nascimento pode ser determinada essencialmente durante o desenvolvimento do feto (FOXCROFT & TOWN, 2004) e, segundo Alvarenga (2009), há uma incapacidade destes animais que nasceram com peso menor de compensarem os efeitos negativos indiretos da lotação intra-uterina (causada pelo aumento do número de leitões nascidos) sobre o desenvolvimento placentário no início da gestação, levando a uma reprogramação do desenvolvimento fetal e a piores desempenhos pós natal e de qualidade de carne inferior ao abate. Isso caracteriza o crescimento uterino retardado, que é responsável pelo baixo peso dos animais ao nascimento. Ainda, segundo Alvarenga (2009), a taxa de sobrevivência, o desempenho pós natal, as características de carcaça e a qualidade da carne também podem

ser comprometidas pelo baixo peso ao nascimento, já que o número e o tamanho das fibras musculares estão relacionados a estas características e são em menor número em animais com baixo peso ao nascer (DWYER et al., 1994). Isso pode indicar a alternativa de aumentar a taxa de sobrevivência por seleção indireta para alto peso ao nascimento, porém, de acordo com Su et al. (2006), essa possibilidade não parece viável. Entretanto, ao se trabalhar com modelo multicaracterístico, que inclui peso ao nascimento para estimar o valor genético da sobrevivência, pode-se aumentar a acurácia da sua predição.

A correlação existente entre a variação no peso ao nascimento e a sobrevivência pode ser confundida com a tendência de leitegadas que possuem maior variabilidade de peso serem maiores e terem mais leitões com baixo peso (VAN DER LENDE & DE JAGER, 1991) e serem de ordens de parto superiores (PETTIGREW et al., 1986). Alguns experimentos que controlaram estas variáveis produziram efeitos contraditórios (MILLIGAN et al., 2002). Roehle e Kalm (2000) citam taxas de mortalidade no pré-desmame de 40% para leitões com menos de 1,0 kg de peso vivo ao nascimento, mortalidade de 15% para pesos entre 1,0 e 1,2 kg e de 7% para leitões com mais de 1,6 kg. Também é relatado na literatura o aumento do número de leitões natimortos com o aumento da ordem de parto (LEENHOUWERS et al., 1999), com dados corrigidos para peso ao nascer e tamanho de leitegada.

A sobrevivência dos leitões na fase pré desmama depende de muitos fatores, entre eles a boa habilidade materna da fêmea, bom número de tetos e que sejam funcionais, boa produção leiteira, além de cuidados especiais dispensados a estes leitões, como uniformização de leitegadas, vigilância da leitegada por funcionários, entre outros.

Prática muito comum na produção de suínos é a uniformização das leitegadas. Knol et al. (2002) apontam taxa de sobrevivência de 91,3% em leitegadas que foram uniformizadas, contra 88% de sobrevivências em leitegadas em que o procedimento não foi realizado, embora o peso ao nascimento tenha sido 80 g mais baixo nas leitegadas que foram uniformizadas. Ainda, ao estudar a uniformização de leitegadas em linhas maternas, mais leitões machos foram transferidos, e em linhas paternas, mais fêmeas foram transferidas. O autor explica que isto está associado ao efeito de raça, pois os animais que não serão futuramente usados para reposição ou venda são os que são mais comumente transferidos.

Em análise para sobrevivência pré-desmame, é também necessária a informação do genótipo da mãe de leite. Se o leitão não for trocado de mãe, o genótipo da mãe de leite é o genótipo da própria mãe, e isso complica a separação da variância da mãe e da mãe de leite. As estimativas da variância para mãe e mãe de leite são possíveis apenas em casos em que pouca troca de leitões é feita (KNOL et al., 2002). Em plantéis comerciais, aproximadamente, 10% dos leitões são trocados, como estratégia para aumentar a sobrevivência dos leitões e aumentar seu peso à desmama. Em relação à uniformização de leitegadas, duas estratégias são usadas: leitões pequenos de várias leitegadas são colocados com uma fêmea que se acredita ter boa habilidade materna, ou leitões maiores da leitegada são colocados em leitegadas mais velhas, pois estes animais possuem boa capacidade de competição. A uniformização por número é muito comum. Em análise genética da

sobrevivência dos leitões, é necessário que haja uma diferenciação entre as duas estratégias, qualidade do leitão e habilidade materna (KNOL et al., 2002).

A sobrevivência dos leitões diminui com a redução do peso ao nascimento (BERESKIN et al, 1973), mas a relação entre o peso ao nascimento e a sobrevivência não é linear (KNOL et al., 2002), pois a variação no peso ao nascimento está relacionada a competição entre os leitões da leitegada. O aumento do tamanho da leitegada leva à redução da sobrevivência dos leitões, possivelmente por efeito indireto da redução do peso, ou, mais especificamente, efeito do impacto da superlotação uterina. Machos parecem ter menores chances de sobreviver (KNOL et al. 2002).

A heterose tem efeito positivo em características com baixa herdabilidade, particularmente em adaptação. A sobrevivência ao parto diminui com o aumento da ordem de parto, possivelmente em razão do aumento do tamanho da leitegada, que causa superlotação uterina e aumento do tempo de gestação, e leva à redução do peso do leitão ao nascimento e gradualmente reduz a qualidade do útero da fêmea (KNOL et al., 2002).

Estudos relatam a sobrevivência dos leitões como característica essencialmente materna, mas o genótipo dos leitões também pode ter influência na sua sobrevivência (VAN AERONDK et al., 1996), embora seja de menor magnitude que o efeito materno. De acordo com Sorensen & Lund (2006), a fêmea e o leitão contribuem geneticamente para a sobrevivência pré-desmama e os índices de seleção para melhorar a sobrevivência devem incluir efeitos genéticos materno e aditivo direto. Segundo Van Der Lende et al. (1999), o macho também poderia ter efeito nessa característica e, portanto, torna-se razoável estimar parâmetros genéticos para estas características com um modelo que inclua os efeitos da fêmea e do macho.

Muitos autores (KERR & CAMERON, 1995; ROEHE & KALM, 2000; JOHNSON et al., 1999) sugerem seleção para aumento do peso do leitão ao nascimento, ao invés da seleção direta para sobrevivência, cuja herdabilidade é muito baixa. Uma análise genética para sobrevivência dos leitões, corrigidos para o peso ao nascimento, pode dar indícios da possibilidade de seleção para sobrevivência, à parte da seleção para aumento do peso ao nascimento (KNOL et al., 2002). Van der Lende et al. (2001) alerta que a seleção contra a mortalidade dos leitões não necessariamente aumentaria o peso ao nascimento, mas deveria influir na composição corporal e no desenvolvimento proporcional dos órgãos.

A habilidade materna pode ser calculada como fator para a sobrevivência pré-natal e pode ser estimada se a uniformização de leitegadas for praticada, pois é possível separar os efeitos pré- e pós-natais. Johnson et al. (1999) analisaram dados de mortalidade pré-natal e estimaram herdabilidade de 0,03 para efeito direto materno e 0,07 para o efeito da mãe adotiva. Knol et al. (2002) estudaram vários modelos, que combina efeitos genéticos diretos, maternos e para a mãe de leite, em relação à sobrevivência dos leitões e peso ao nascimento, no intuito de identificarem as melhores possibilidades de seleção para as características. O melhor modelo para descrever a sobrevivência pré-desmama contém o efeito materno e da mãe adotiva apenas. A herdabilidade para o efeito materno foi 0,02 para ambos os efeitos, estimados para a linha materna. O mesmo modelo, estimado para a linha paterna, resultou em variâncias maiores e herdabilidade de 0,25 para efeito materno e 0,28 para o efeito da mãe adotiva. Knol et al. (2002) ainda apontam que a taxa de

uniformização de leitegadas na linha materna foi muito maior (17,8%) que na linha paterna (6,3%), o que pode ter prejudicado a correta identificação dos parâmetros na linha paterna.

A seleção para sobrevivência dos leitões é possível, pois existe variância genética aditiva para a característica existe, apesar de seus componentes serem baixos. Ao se usar o modelo proposto que contém o efeito materno e da mãe adotiva, que apesar de complexo foi o que melhor se adequou aos dados, espera-se que, sob seleção massal, ocorram ganhos de 1,6% na taxa de sobrevivência dos leitões a cada ano ($h^2=0,05$), admitindo-se intervalo de geração seja igual a 1 ano.

Sabe-se que são muitas as causas de leitões natimortos e da mortalidade pré-desmama, o que sugere que as bases genéticas para sobrevivência dos leitões em diferentes períodos não são as mesmas (SU et al., 2006). Knol et al. (2002) estudaram a sobrevivência dos leitões e seus parâmetros genéticos em duas linhas de suínos: linha macho e linha fêmea e identificaram que, em ambas as linhas, existe variabilidade genética aditiva para sobrevivência tanto ao parto quanto no pré-desmame, embora a herdabilidade para esta característica seja baixa.

O gênero do leitão é fator importante para a sobrevivência. Fêmeas apresentaram taxas de sobrevivência $2,2\% \pm 0,4$ maior que os machos nas linhas maternas e $4,2\% \pm 0,4$ nas linhas paternas. Porém, o alto peso dos machos no nascimento elimina grande parte desta diferença. Não houve diferença na taxa de sobrevivência dos leitões entre linhas puras e híbridas, o que sugere a ausência de heterose ou baixo efeito genético aditivo na linha materna. O efeito da ordem de parto é negativo na linha materna, particularmente na sobrevivência ao nascer.

2.4 Presença de defeitos de nascença

Defeitos ou anormalidades são desvios do desenvolvimento normal e podem se manifestar em qualquer parte do leitão, interna ou externamente. Estes defeitos podem impossibilitar algum tipo de atividade ou mesmo causar a morte. Defeitos ou anormalidades anatômicas ocorrem em pelo menos 1% dos leitões nascidos (TOOD SEE et al., 2001). Estes defeitos podem ser causados por fatores genéticos ou ambientais. Mas mesmo se a frequência destes defeitos for baixa, eles podem causar perdas econômicas substanciais.

A presença de defeitos de nascença é causada pela por alelos deletérios em homozigose para aquele defeito, ou por defeitos em números ou estruturas de cromossomos. Sabe-se que alta endogamia aumenta o aparecimento de defeitos de nascença, pelo maior nível de homozigose para todos os alelos. Porém, pode ser feita seleção contrária para este tipo de alelos, o que colabora para a redução dos defeitos de nascença em suínos. Quando se seleciona para o número de leitões vivos ao quinto dia, existe a seleção indireta contra genes de efeito deletério.

Alguns dos defeitos mais comuns na suinocultura são tremores, diarreia neonatal, ou defeitos em pernas como “spraylegs” (perna aberta), polidactilia e alguns tipos de hérnias.

2.5 Habilidade materna e produção de leite

A habilidade materna da fêmea compreende a sua capacidade de conseguir proporcionar nutrição e ambiente adequados para que sua prole tenha bom desenvolvimento. A contínua seleção para produção, como aumento na taxa de crescimento, na porcentagem de carne magra e nos índices reprodutivos, como aumento do tamanho da leitegada, aumenta a demanda das fêmeas durante a fase pré-desmame. Isso motiva a inclusão de características e indica o sucesso da fêmea em criar bem sua prole em programas de seleção, a fim de assegurar tanto alta taxa de sobrevivência quanto o bom crescimento dos leitões.

A boa fêmea é capaz de nutrir bem seus leitões, e esta capacidade é diretamente determinada pela sua aptidão leiteira. O leite é uma das principais, senão a única, fonte de nutrição dos leitões durante a amamentação. É por meio desse que o leitão recebe imunidade para os primeiros momentos da sua vida e é igualmente do leite que vem praticamente toda água por ele consumida nas primeiras semanas de vida. Além de ser um alimento completo, é fator importante de redução de custos de produção, pois quando se alimenta o leitão apenas com leite materno, reduzem-se os custos com ração, que são bastante altos nesta fase da vida do animal. Segundo Noblet & Étienne, (1989), são necessários 3,7 gramas de leite para que haja ganho de um grama de peso nos leitões, ao longo de 21 dias.

A capacidade de produção de leite das fêmeas depende da interação dos fatores relacionados à ordem de parição, estágio de lactação, tamanho de leitegada, peso corporal dos leitões, frequência de mamadas, regime alimentar e condição metabólica da fêmea (MARTINS et al., 2007). Ao longo dos anos, o aumento do número de leitões nascidos vivos obtidos foi acompanhado do aumento da produção de leite das porcas, a fim de proporcionar nutrição adequada ao número crescente de leitões.

O tamanho da leitegada é o principal fator que influencia a produção de leite, porém a produção leiteira aumenta com menor intensidade que o aumento do tamanho da leitegada. Em leitegadas de 4 leitões, o consumo individual é estimado em 1,0 kg/leite/dia, enquanto que, com o aumento da leitegada para 12 leitões, este diminui para 0,7 kg/leite/dia. A produção de leite total da porca, por outro lado, é duas vezes maior no caso da leitegada maior, pois mais que o dobro dos tetos têm síntese ativa de leite.

As raças são importante fator de variação. As mais prolíficas possuem maior produtividade de leite, em relação a fêmeas que normalmente são progenitoras de animais de linha macho. Desta maneira, é reconhecida de longa data a boa aptidão leiteira das raças Landrace e Large White em relação à Pietrain e principalmente à Duroc (ALLEN & LASLEY, 1960; DAZA et al., 2005; ETIENNE et al., 2000).

Leitegadas com altas taxas de variação de peso dentro da leitegada são apontadas por terem baixa sobrevivência por competição direta e exclusão de leitões mais leves no acesso às tetas funcionais e produtivas (MORRISON, 1984, citado por MILLIGAN et al. 2002). O controle da secreção de leite durante a lactação em mamíferos é dependente da ativação local de um inibidor químico que reduz a secreção de leite por retroalimentação negativa

(WILDE & PEAKER, 1990). Um inibidor similar foi isolado no leite das fêmeas suínas, que sugere que a síntese de leite nas porcas tem também controle realizado por inibição autócrina. A taxa de secreção aumenta somente quando o inibidor do leite alveolar é removido durante a amamentação. Dessa forma, a redução na produção leiteira é causada pelo acúmulo dos inibidores quando o leite é estocado durante longo tempo no tecido mamário. O resultado da remoção do leite pelo aumento do número de amamentações sugere que a frequência de esvaziamento da glândula tem função fundamental na regulação da secreção do leite. (WILDE & PEAKER, 1990). Assim, leitões maiores estimulam mais os tetos, fazendo com que haja maior aporte de nutrientes e hormônios para estes tetos, enquanto leitões pequenos e fracos possuem menor capacidade de remoção e estimulação da teta, fazendo com que a quantidade de leite produzida por estas glândulas seja menor. Esta competição indireta entre leitões da mesma leitegada pode explicar porque a diferença de peso ao nascimento é normalmente mantida ou acentuada durante a lactação (MILLIGAN et al. 2002).

A frequência de amamentação desempenha fator fundamental no aumento global da quantidade de leite produzida. Fêmeas em amamentação em curtos intervalos tiveram mais amamentações sem ejeção de leite, porém produziram 27% mais leite e suas leitegadas tiveram incremento de 44% no peso em relação às fêmeas com longos intervalos de amamentação (SPINKA et al., 1997).

A produção de leite é característica de herdabilidade média de 0,25, com valores que variam entre 0,07 à 0,38 (ÉTIENNE et al., 2000). Apesar de não ser uma característica muito difícil de ser avaliada, o aumento da produção leiteira ocorrido nas últimas décadas não foi resultado de seleção direta para a característica, e sim de forma indireta como resultado da seleção praticada principalmente em favor da prolificidade e do aumento do número de tetos. O aumento do peso ao nascer dos leitões também teve efeito positivo sobre o aumento da produção leiteira.

A habilidade materna da fêmea parece ser influenciada por grande número de leitões com a mãe durante a sua fase inicial de vida. Na verdade, as fêmeas criadas em ambiente sem competição durante a amamentação tem peso de leitegada aos 21 dias 5,74 kg maior em relação às fêmeas que tiveram competições durante sua fase de aleitamento (FICHET et al., 1997). Pode-se, então, considerar que a superpopulação do útero não tem repercussão negativa sobre as performances de produção na vida adulta do animal, embora a competição durante a amamentação tenha efeito negativo.

Um importante componente que define uma boa mãe é o seu comportamento, que pode ter grande impacto na sobrevivência da leitegada no período pré-natal (GRANDSINSON, 2005). Alguns desses componentes são os cuidados que a boa fêmea deve ter com seus filhos na amamentação, responsividade e atenção em relação à prole e proteção em relação a intrusos. Em suínos, a causa mais comum de morte na fase pré-desmame é o esmagamento dos leitões sob a porca (SU et al., 2007). O sistema de gaiolas foi introduzido para reduzir esse problema, embora este comprometa o bem estar das fêmeas. Muitos estudos têm apontado grandes diferenças individuais entre fêmeas na forma como elas respondem ao estímulo dos leitões, como, por exemplo, o grito. Fêmeas responsivas parecem ser mais calmas durante o parto e, conseqüentemente, menos

propensas a colocarem seus leitões sob o risco de esmagamento (THODBERG et al., 2002). Um dos testes aplicados para medir a responsividade das fêmeas é chamado “teste do grito do leitão”, em que uma gravação de grito de leitão é colocada atrás da fêmea, quando esta está deitada de lado, ou ainda se deitando, e é medida sua responsividade em quatro classes: sem reação, olhando na direção do som, senta-se e levanta-se (GRANDSINSON et al., 2003). A herdabilidade estimada foi baixa ($0,06 \pm 0,03$) e indica que a variação na resposta ao teste é bastante influenciada por fatores ambientais. Nenhuma relação fenotípica foi encontrada entre este teste e a mortalidade de leitões nos primeiros dias de vida. Porém, a correlação genética estimada foi 0,24, o que indica que boa resposta ao teste é geneticamente associada a altas taxas de sobrevivência durante os primeiros dias de lactação. A seleção de fêmeas com boa resposta ao teste do grito dos leitões deve resultar em aumento da taxa de sobrevivência dos leitões (GRANDSINSON et al., 2003). Alternativas para coletar informações de comportamentos simples, testes que possam indicar diferentes características ligadas ao comportamento materno, ou mesmo o uso de questionários, podem dar maiores informações sobre a habilidade materna do animal, comparadas a testes simples, e podem produzir estimativas de maior herdabilidade e fortes correlações com a sobrevivência da leitegada, como indicado por estudos anteriores em ratos e suínos.

Em um estudo feito na Noruega (N) e Finlândia (F), fazendeiros foram convidados a responderem um questionário para julgarem o comportamento das fêmeas. O questionário incluía questões sobre os cuidados da fêmeas nos primeiros momentos de lactação, sua reação quando os leitões eram manuseados e durante a rotina de manejo. O maior valor de herdabilidade foi para a reação da fêmea quando os leitões eram manuseados ($h^2=0,16$, N, $h^2=0,12$, F), medo que a fêmea demonstrou durante a rotina de manejo ($h^2=0,14$, N, $h^2=0,17$, F), agressões contra humanos ($h^2=0,11$, N) e protestos quando a fêmea era movida para a sala de parto ($h^2=0,00$, N, mas $h^2=0,22$, NF). À exceção da última característica, os resultados foram muito consistentes nos dois países.

Estes resultados foram muito encorajadores, pois questionários podem ser usados diretamente nas fazendas e em grande escala. Porém, neste estudo não foram relatadas correlações genéticas com sobrevivência e crescimento dos leitões (VANGEN et al., 2005).

2.6 Resistência a doenças

A manifestação da doença é resultado da interação entre o genótipo do indivíduo e os efeitos de ambiente aos quais ele está exposto. Muitas das doenças que atualmente ocorrem em leitões neonatos são controladas de maneira eficiente com medidas profiláticas. Porém, se o animal tem predisposição genética para contrair certa doença, os métodos padrões de prevenção podem ser somente parcialmente efetivos na proteção. Dessa maneira, alternativa viável pode ser a seleção para o aumento da resistência às doenças, o que, no entanto, é extremamente complexo. (SILVA et al., 2003)

Algumas doenças são particularmente importantes na fase pós-natal, como a diarreia em recém-nascidos, causadas por algumas cepas de *Escherichia coli*, por exemplo. Estas cepas são responsáveis pela produção de um tipo de enterotoxina, que estimulam células intestinais a produzirem fluídos e causam a diarreia (SILVA et al., 2003). A presença de mais ou menos receptores que facilitam a colonização por *E. coli*. é de herança mendeliana, e portanto, pode ser reduzida por seleção.

A existência de variação genética para a resposta imunológica dentre e entre raças somente foi demonstrada recentemente. Muitos trabalhos têm sido realizados para mapeamento de genes que possuem influência na resistência à doenças e tem-se trabalhado o aumento da frequência destes por meio do uso de marcadores. Apesar de alguns trabalhos terem demonstrado sucesso, as iniciativas ainda são poucas.

2.7 Modelos

Os modelos para avaliação de características ligadas a reprodução, especialmente relacionadas ao tamanho da leitegada, foram bastante estudados. Segundo Torres Filho et al. (2004), a obtenção de estimativas não viesadas dos parâmetros genéticos é primordial para se alcançar sucesso em programas de melhoramento genético. Neste sentido, a escolha do modelo que será aplicado aos dados é importante.

As mães dos indivíduos podem contribuir para o fenótipo dos seus filhos por meio dos genes que passam aos filhos, pelo ambiente que proporcionam à sua prole, por meio do efeito genético materno e de ambiente permanente. O efeito genético materno é definido como qualquer contribuição, influência ou impacto sobre o fenótipo de um indivíduo atribuível diretamente ao fenótipo da sua mãe. O efeito permanente de ambiente é aquele atribuído ao ambiente que a fêmea pode proporcionar à sua prole, em razão dos efeitos de ambiente, e só pode ser estimado para fêmeas que possuem mais de um parto.

Os animais da mesma família, além de serem geneticamente parecidos, dividem o mesmo ambiente no início das suas vidas, por isso têm similaridade no seu fenótipo que ultrapassa a proximidade genética que possuem. Este tipo de semelhança deve ser levado em consideração nos modelos de descrição dos dados.

Na avaliação genética de suínos, não se sabe exatamente quais fatores aleatórios devem ser incluídos no modelo, pois a matriz suína, além de contribuir com seu efeito genético direto e materno, oferece a seus leitões condições ambientais diferenciadas. Neste caso, além dos efeitos genéticos direto e materno, poderia ser interessante adicionar ao modelo o efeito de ambiente permanente da fêmea, ou comum de leitegada.

O efeito de ambiente permanente é especialmente importante em características medidas em animais jovens, pois estão sob grande influência dos cuidados iniciais dispensados pela mãe. Na produção de suínos são características que sofrem grande influência do ambiente permanente, o ganho de peso e idade aos 100 kg, sendo as características reprodutivas menos influenciadas por este efeito (TORRES FILHO et al., 2004).

Para o número de leitões nascidos vivos, Ferraz & Johnson (1993) sugerem que tanto o efeito genético direto quanto o genético materno e de ambiente permanente da fêmea são parâmetros a serem incluídos no modelo. Esta conclusão vai contra as observações feitas por Southwood & Kennedy (1990), que apontaram que o efeito genético materno não adicionou informações importantes para a seleção de tamanho de leitegada.

As características do parto anterior são importantes e não podem ser ignorados durante a avaliação genética para as raças Landrace e Large White francês para a prolificidade. Na prática, a melhor maneira de levar em conta estas informações é adicionar ao modelo de descrição dos dados o efeito do intervalo de partos como efeito fixo (BEAUVOIS et al., 1997). Chang et al. (1988) haviam demonstrado a influência da mãe e do ambiente neonatal sobre certos índices de produção mesmo expressos tardiamente na vida do animal (FICHET; CARITEZ; GRUAND et al., 1997)

Segundo Herring et al. (2006), a seleção que inclui componentes maternos para sobrevivência pré-desmame e aumento do tamanho de leitegada seria mais efetiva que a seleção que inclui apenas os componentes genéticos diretos. Portanto, é importante incluir os efeitos maternos no estudo de características produtivas e reprodutivas em suínos.

Segundo Duccos et al. (1992), a avaliação do tamanho de leitegadas em suínos, na maioria dos experimentos de melhoramento à época, era feita com o modelo de repetibilidade, desconsiderando os efeitos genéticos maternos. Este também foi o modelo apontado por Alfonso et al. (1997), em análises considerando modelos uni e multicaracterísticas e com ou sem efeitos maternos em duas populações Landrace. Ainda, segundo Halley et al. (1988), os efeitos genéticos direto e maternos são negativamente correlacionados, e apesar de existirem são ignorado, fazendo com que a resposta genética encontrada seja menor que a idealizada (ROEHE & KENNEDY, 1993; GOMEZ, 1994). O modelo de repetibilidade considera que as correlações entre as diferentes ordens de parição sejam as mesmas, o que indicaria que são as mesmas bases genéticas que são responsáveis pela características ao longo da vida produtiva do animal, o que não parece se concretizar, especialmente entre a primeira e as demais ordens de parição (HALLEY, 1988). Assim, se isso for verdadeiro, uma análise multivariada deve aumentar a eficiência para seleção de tamanho de leitegada, obtendo igualmente previsões não viesadas da resposta genética esperada (GÓMEZ, 1994). Neste caso, também as correlações genéticas devem ser mais acuradas, pois os modelos multivariados são mais sensíveis aos erros de estimação nos parâmetros que modelos univariados, especialmente quando a herdabilidade da característica é baixa (VAN DER WERF citado por ALFONSO et al., 1997).

Meyer (1992) aponta que os efeitos genéticos maternos e de ambiente permanentes não são facilmente identificáveis, especialmente com dados não experimentais. Para boa identificação dos efeitos, especialmente maternos, é necessário que o banco de dados disponível seja muito bem projetado.

2.8 Parâmetros genéticos para características de tamanho de leitegada

As características reprodutivas são normalmente de baixa herdabilidade e, portanto, de resposta à seleção lenta. Apesar disso, os avanços nas últimas décadas nestas características são notáveis.

Alfonso et al. (1997) encontraram herdabilidades baixas para número total de leitões nascidos, que variaram entre 0,02 e 0,05 para primeiro parto e 0,05 e 0,06 para as demais ordens de parto. Para o número de leitões nascidos vivos, os mesmos autores relatam herdabilidades que variaram entre 0,03 e 0,08 para o primeiro parto, dependendo do modelo utilizado e entre 0,04 e 0,06 para os demais partos. A variância genética materna foi baixa e a herdabilidade para o efeito genético materno foi, no máximo, 0,01 e, na maioria dos modelos, não foi significativa.

A estimativa de herdabilidade para número de leitões nascidos vivos, de acordo com Ferraz & Johnson (1990), variaram de 0,002 a 0,14, respectivamente para os modelos que incluíam o efeito genético direto, (modelo 1) e direto e materno, (modelo 2) assumiam que ambos efeitos não são correlacionados. Para a variância genética materna, os valores ficaram em torno de 0,012 e 0,036, para os modelos 1 e 2, respectivamente.

Em experimento de 14 gerações de seleção para aumento do tamanho de leitegada, Johnson et al. (1999) relatam estimativas de herdabilidade de 0,16 para número total de leitões nascidos e 0,17 para o total de leitões nascidos vivos. Neste estudo também foi estimada a herdabilidade para o número de leitões natimortos (0,17) e mumificados (0,13), sendo que estas duas características são positivamente correlacionadas ao número total de leitões nascidos. Os autores advertem que número de natimortos aumenta especialmente na seleção para o número de leitões nascidos vivos e isso faz com que cerca de apenas 50% do aumento do número total de leitões nascidos sejam de nascidos vivos.

Irgang et al. (1994) estimaram componentes de variância para tamanho de leitegadas em diferentes ordens de parto, por meio de análises uni e multicaracterísticas com modelos contendo efeitos genéticos diretos (modelo 1), efeitos genéticos direto e materno (modelo 2), efeito genético direto e de ambiente permanente (modelo3) e efeito genético direto, genético materno e de ambiente permanente (modelo 4). A herdabilidade para número de leitões nascidos vivos variou entre 0,11 e 0,18 para a primeira ordem de parto, entre 0,106 e 0,201 para a segunda ordem de parto e entre 0,098 e 0,272 para a ordem de parto três. Os valores de herdabilidade variaram bastante entre os modelos, sendo que o modelo contendo os efeitos genético direto, materno e de ambiente permanente foi considerado o mais adequado para a análise do número de leitões nascidos vivos. Os autores ainda indicaram que a variância genética aditiva foi diferente entre as raças estudadas (Landrace, Large White e Duroc) e de ordens de parto dentro das raças.

Em modelos para descrever a sobrevivência dos leitões até o desmame, Knol et al. (2002) encontraram herdabilidades calculadas por um sistema binomial (1 para sobrevivência e 0 para morte) de $0,02 \pm 0,005$. Estimativas de herdabilidade para mortalidade até o desmame e seus componentes são considerados baixos (JOHNSON et al., 1999). As estimativas dos parâmetros genéticos são difíceis, pois tratam-se de características categóricas e os efeitos genéticos ambientais são sempre grandes. Assim, para boa estimação destes parâmetros, são necessários bancos de dados grandes e bem definidos, que normalmente não estão disponíveis (KNOL et al. 2002).

Segundo Su et al. (2007), os valores de herdabilidade para número de leitões nascidos para as raças Landrace (LD) e Yorkshire, (LW) encontrados são respectivamente, 0,066 e 0,053. Para o NV5, as herdabilidades para as duas raças foram 0,088 para a primeira e 0,070 para a segunda, sendo este apenas o componente ligado à fêmea. A correlação genética entre o número de leitões nascidos vivos e o NV5 é de 0,57 para LD e 0,34 para LW e entre o NV5 e o número de leitões desmamados com três semanas é de 0,995 para ambas as raças, ou seja, a seleção para o NV5 deve aumentar o número de leitões desmamados. Estes pesquisadores estimaram a herdabilidade da sobrevivência dos leitões aos cinco dias, em 0,131 para Landrace e 0,043 para Large White, e sobrevivência ao nascimento de 0,130 para Landrace e 0,095 para Large White. Este estudo concluiu que o número total de leitões nascidos tem correlação negativa com a sobrevivência dos leitões ao nascimento (-0,28 para LD e -0,38 para LW) e correlação positiva com tamanho da leitegada ao desmame (0,531 para LD e 0,289 para LW).

Características como o número de leitões vivos ao quinto dia ou número de leitões desmamados sofrem influência da habilidade materna da fêmea, pois estes valores estão diretamente ligados à sua habilidade em nutrir os leitões, além de ser cuidadosa para não esmagá-los, o que é a maior causa de morte entre o nascimento e o desmame (SU et al., 2007). Por isso, o efeito de fêmea é o mais estudado.

Segundo Su et al. (2007), a seleção para o número de leitões vivos ao quinto dia pode ser alternativa interessante para melhorar o tamanho da leitegada ao desmame e a sobrevivência dos leitões nas raças Landrace e Large White, pois o número de leitões vivos ao quinto dia tem alta correlação com o número de leitões desmamados. Portanto, o aumento no tamanho da leitegada ao desmame e na sobrevivência dos leitões podem ser alcançados por meio da seleção para o número de leitões vivos ao quinto dia.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

Os dados utilizados são provenientes de uma granja de melhoramento do estado de Minas Gerais, entre julho de 2005 a janeiro de 2011. Todas as coberturas foram feitas por inseminação artificial, com, pelo menos, duas doses de sêmen. O pedigree das fêmeas e machos continha, pelo menos, informações de sete gerações anteriores.

O banco de dados possuía animais puros Landrace e Large White, e era composto das seguintes informações:

- Número total de leitões nascidos (NT);
- Número de leitões nascidos vivos (NV);
- Número de leitões vivos ao quinto dia (NV5);
- Data de nascimento da fêmea (mãe da leitegada);
- Data do parto;

- Pedigree dos machos e fêmeas da granja (Animal, pai e mãe).

Foram considerados no banco de dados apenas os dados até a sexta parição de cada fêmea. Todos os partos de cada fêmea foram considerados como repetições de uma mesma característica. Foram excluídos dados de NV e NV5 superiores a 20 leitões. Qualquer fêmea que não tivesse informações sobre data de nascimento, data de cobertura ou raça da leitegada também teve a informação excluída. Os grupos de contemporâneos foram formados por mês e ano de nascimento da fêmea e mês e ano de parto. Grupos de contemporâneos com menos de 5 observações também foram excluídos. A ordem de parto também foi considerada efeito fixo.

Após todas as restrições, o banco de dados para a raça Large White continha 862 fêmeas, 2366 partos que possuíam observações das três características (NTN, NV e NV5) e cerca de 6 mil animais na matriz de parentesco. Para Landrace, restaram 930 fêmeas, 2.432 partos com dados das três características de interesse (NTN, NV e NV5) e cerca de 6 mil animais na matriz de parentesco.

3.2 Métodos

As estimativas de variância, covariância, herdabilidades e correlações foram obtidas com base no modelo misto unicaracterística e multicaracterísticas.

As análises dos dados foram realizadas utilizando os quatro modelos apresentados a seguir:

Modelo 1: $\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}\mathbf{a} + \mathbf{e}$;

Modelo 2: $\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}\mathbf{a} + \mathbf{P}\mathbf{m} + \mathbf{e}$;

Modelo 3: $\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}\mathbf{a} + \mathbf{C}\mathbf{l} + \mathbf{e}$;

Modelo 4: $\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}\mathbf{a} + \mathbf{P}\mathbf{m} + \mathbf{C}\mathbf{l} + \mathbf{e}$

em que: \mathbf{y} é o vetor de observações (número total de leitões nascidos, número de leitões nascidos vivos e número de leitões vivos ao quinto dia); $\boldsymbol{\beta}$ é o vetor de efeitos fixos; \mathbf{a} é o vetor dos efeitos genéticos aditivos da fêmea; \mathbf{m} é o vetor dos efeitos maternos da fêmea; \mathbf{l} é o vetor dos efeitos comum de leitegada; e \mathbf{e} é o vetor dos resíduos aleatórios. \mathbf{X} , \mathbf{Z} , \mathbf{P} e \mathbf{C} são as matrizes de incidência dos efeitos fixos e aleatórios.

Assume-se que $E(\mathbf{y}) = \mathbf{X}\mathbf{b}$ e que a esperança dos efeitos aleatórios sejam zero.

A estrutura de covariância para os efeitos aleatórios para o modelo 4, ou seja, o modelo mais complexo, foi:

$$V \begin{bmatrix} a \\ m \\ p \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_a^2 & A\sigma_{am} & A\sigma_{ap} & 0 \\ A\sigma_{am} & A\sigma_m^2 & A\sigma_{mp} & 0 \\ A\sigma_{ap} & A\sigma_{mp} & I\sigma_p^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I\sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

onde σ_a^2 é a variância genética aditiva, σ_m^2 é a variância genética materna, σ_p^2 é a variância de ambiente permanente da fêmea e σ_e^2 é a variância do erro, A é a matriz de parentesco entre todos os animais e I é a matriz identidade.

Para a estimação das variâncias, foram adotados os seguintes modelos:

Modelo 1: $\text{Var}(y) = ZAZ'\sigma_a^2 + I\sigma_e^2$;

Modelo 2: $\text{Var}(y) = ZAZ'\sigma_a^2 + PAP'\sigma_m^2 + (PAZ' + ZAP')\sigma_{am}^2 + I\sigma_e^2$;

Modelo 3: $\text{Var}(y) = ZAZ'\sigma_a^2 + CC'\sigma_c^2 + I\sigma_e^2$;

Modelo 4: $\text{Var}(y) = ZAZ'\sigma_a^2 + PAP'\sigma_m^2 + (PAZ' + ZAP')\sigma_{am}^2 + CC'\sigma_c^2 + I\sigma_e^2$;

Para o modelo 4, as equações em forma matricial são representadas como segue:

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z & X'P & X'C \\ Z'X & Z'Z + A^{-1}k_{11} & Z'P + A^{-1}k_{12} & Z'C \\ P'X & P'Z + A^{-1}k_{21} & P'P + A^{-1}k_{22} & P'C \\ C'X & C'Z & C'P & C'C + I\beta \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} b \\ a \\ m \\ p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \\ P'y \\ C'y \end{bmatrix}$$

Em que:

$$\begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} \\ k_{21} & k_{22} & k_{23} \\ k_{31} & k_{32} & k_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_a^2 & \sigma_{am} & \sigma_{ap} \\ \sigma_{am} & \sigma_m^2 & \sigma_{mp} \\ \sigma_{ap} & \sigma_{mp} & \sigma_p^2 \end{bmatrix}^{-1} \sigma_e^2 \text{ e } \beta = \sigma_e^2 / \sigma_p^2.$$

A variância fenotípica total é igual a:

$$\sigma_a^2 + \sigma_m^2 + \sigma_{am}^2 + \sigma_p^2 + \sigma_e^2$$

Os componentes de variância e as estimativas de herdabilidade para tamanho de leitegada em diferentes estádios foram estimados para três características (NT, NV, NV5), em análises individuais (unicaracterística) e em análises conjuntas das três características (multicaracterísticas).

Os efeitos fixos considerados nas análises foram mês e ano do nascimento da fêmea, ano e mês de cobertura da fêmea (grupos de contemporâneos) e ordem de parto.

Para a estimação das herdabilidades, foram utilizados os componentes de variância obtidos pelo modelo unicaracterística, e a herdabilidade foi obtida da seguinte maneira:

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_p^2} = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_e^2}$$

As análises foram realizadas no Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais e no Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina.

O banco de dados foi editado por intermédio do programa SAS (2001), do qual também foi utilizado o procedimento PROC GLM para avaliar a importância dos efeitos fixos. Os efeitos fixos foram agrupados para formação dos grupos contemporâneos e incorporados ao modelo utilizado para estimação dos componentes de (co)variância para as características analisadas.

Para a estimação dos componentes de (co)variância, necessários para estimação das herdabilidades e das correlações genéticas, os dados foram analisados pelo Método da

Máxima Verossimilhança Restrita por meio do algoritmo desenvolvido por MEYER (2007), disponível no aplicativo computacional WOMBAT.

A cada ciclo de iteração, o valor do logaritmo da função de máxima verossimilhança foi calculado, sendo adotado como critério de convergência uma diferença entre os valores provenientes de análises consecutivas igual ou menor do que 10^{-9} .

Para a escolha do melhor modelo foram utilizados os valores do critério de informação Akaike (AIC) e o critério de informação Bayesiano (BIC) que são calculados simultaneamente aos componentes de variância pelo aplicativo WOMBAT.

O critério de Informação de Akaike (AIC) é definido como:

$$AIC = 2p - 2\ln(L)$$

O Critério de Informação Bayesiano (BIC) é definido como:

$$BIC = -2\ln L + p * \ln(n)$$

em que:

n=número de observações (tamanho da amostra)

p=número de parâmetros livres a serem estimados

L=valor de máximo da função de versossimilhança para o modelo estimado.

Tanto o AIC quanto o BIC aumentam conforme a Soma de Quadrados do Erro (SQE) aumenta. Além disso, ambos os critérios penalizam modelos com muitas variáveis sendo preferíveis modelos com valores menores de AIC e BIC.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estatísticas descritivas

As estatísticas básicas para cada raça e característica são apresentadas na Tabela 1. Pode-se observar que as médias para as características de ambas as populações são muito similares, sendo que não houve diferença estatística entre NTN, NV e NV5 entre as duas raças. A variação, representada pelo desvio padrão das características e pelo coeficiente de variação, é maior para a raça Large White, contrariando os dados obtidos por Su et al. (2007) que trabalharam com as mesmas características nas mesmas raças em populações dinamarquesas, e apontaram maior variação na raça Landrace.

Tabela 1: Média, desvio padrão e coeficiente de variação para as características de leitegada nas raças Large White e Landrace.

Carac.	Large White				Landrace			
	Nº de leitegadas	Média	Desvio padrão	Coef. variação %	Nº de leitegadas	Média	Desvio padrão	Coef. variação %
NTN	2365	14,14	3,83	27,07	2432	14,29	3,36	23,48
NV	2365	12,44	3,35	26,89	2432	12,55	3,08	24,55

NV5	2365	11,97	3,42	28,56	2432	11,92	3,26	27,36
------------	------	-------	------	-------	------	-------	------	-------

NTN: Número total de leitões nascidos; NV: Número de leitões nascidos vivos; NV5: número de leitões vivos ao quinto dia de vida.

O número de leitões nascidos vivos aumentou do primeiro até o terceiro parto, diminuindo daí para frente. Este comportamento é visível tanto em número de leitões nascidos vivos quanto em número de leitões vivos ao quinto dia (Figuras 1 e 2). O número total de nascidos é máximo por volta do quarto parto para a raça Large White e no quinto parto para a raça Landrace.

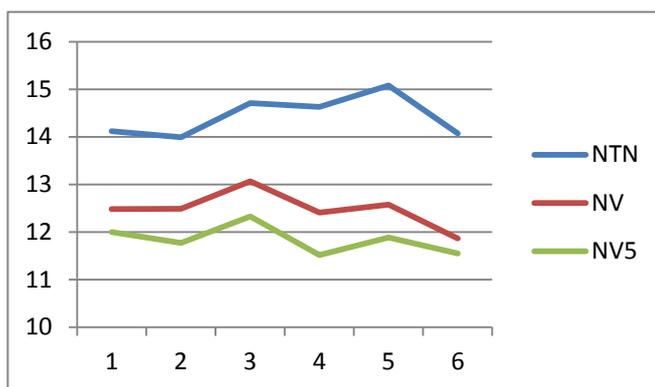


Figura 1: Número total de leitões nascidos (NTN), nascidos vivos (NV) e vivos ao quinto dia (NV5) por ordem de parto na raça Landrace.

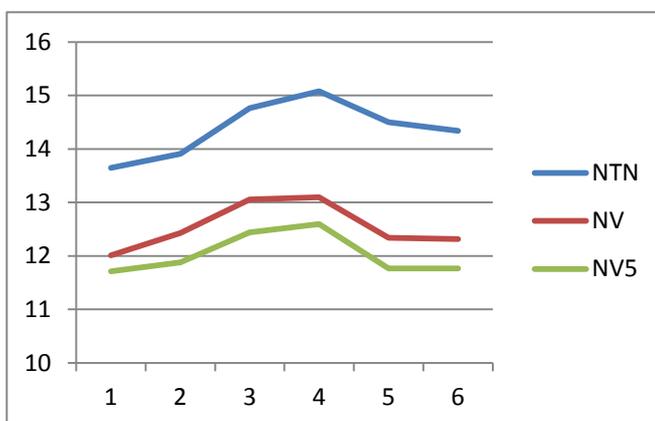


Figura 2: Número total de leitões nascidos (NTN), nascidos vivos (NV) e vivos ao quinto dia (NV5) por ordem de parto na raça Large White.

A distribuição de frequências do número de leitões vivos ao quinto dia pode ser considerada normal, apesar de conceitualmente a característica ser categórica, pois se expressa apenas em números inteiros. Este comportamento normal é percebido por meio da visualização das curvas para a característica nas raças Landrace e Large White (Figura 3).

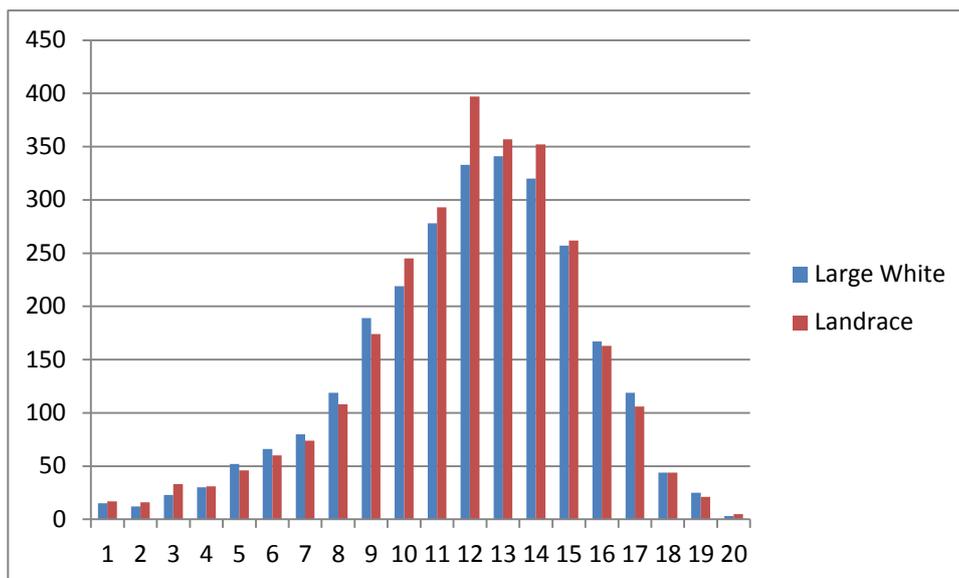


Figura 3: Distribuição do número de leitões vivos ao quinto dia (NV5) na raça Landrace e Large White.

A evolução fenotípica no número total de leitões nascidos, leitões nascidos vivos e vivos ao quinto dia pode ser percebida nos gráficos a seguir para as raças Landrace (Figura 5) e Large White (Figura 6). O gráfico compreende as observações entre os anos de 2006 a 2010. No período de 2006 a 2009, a média leitões vivos ao quinto dia (NV5) passou de 11,36 para 12,39 na raça Landrace e de 11,57 para 12,94 na raça Large White. É importante salientar que a seleção para NV5 na propriedade começou a partir da metade do ano de 2005, para ambas as raças.

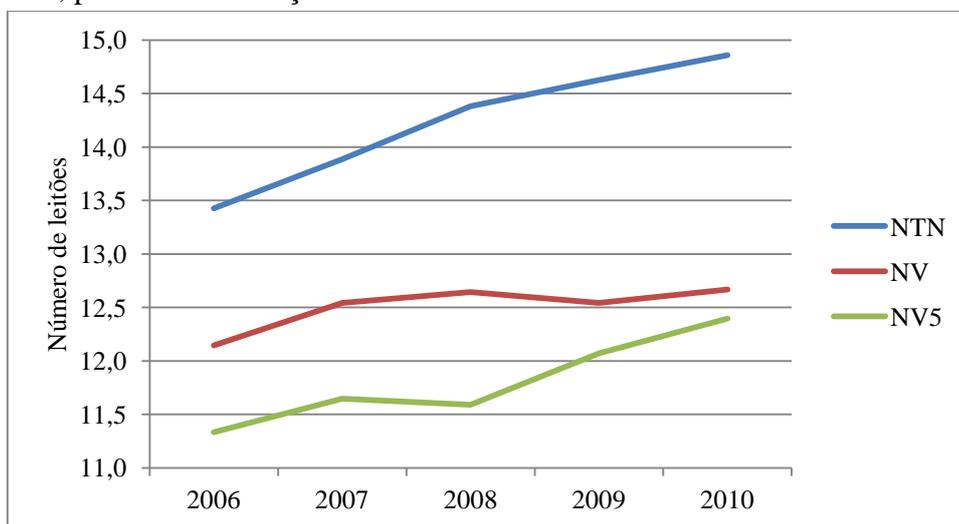


Figura 4: Evolução fenotípica do número total de leitões nascidos (NTN), nascidos vivos (NV) e vivos ao quinto dia (NV5), entre 2006 e 2010 na raça Landrace.

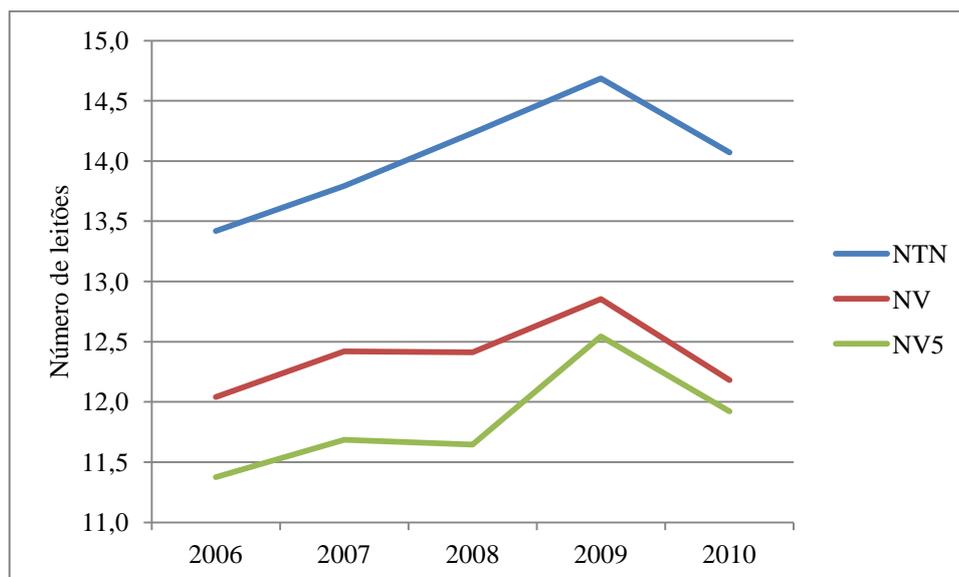


Figura 5: Evolução fenotípica do número total de leitões nascidos (NTN), nascidos vivos (NV) e vivos ao quinto dia (NV5), entre 2006 e 2010 na raça Large White.

4.2 Componentes de Variância

Foram calculados os componentes de variância para o número total de leitões nascidos, número de leitões nascidos vivos e número de leitões vivos ao quinto dia, para os quatro modelos propostos: considerando 1) variância genética aditiva, 2) variância aditiva e de efeito genético materno, 3) variância aditiva e efeito de ambiente permanente e 4) variância genética aditiva, genético materno e de ambiente permanente.

Os resultados encontrados são apresentados na tabela 2, para a raça Landrace e na tabela 3 para a raça Large White:

Tabela 2: Componentes de variância para número total de leitões nascidos (NTN), nascidos vivos (NV) e leitões vivos ao quinto dia (NV5) na raça Landrace

Modelo1		Variância (leitões ²)				
	σ_e	σ_a	σ_m	σ_p	σ_f	
NTN	9,62	1,27	-	-	10,90	
NV	8,21	1,14	-	-	9,35	
NV5	9,39	0,86	-	-	10,27	
Modelo 2		Variância (leitões ²)				
	σ_e	σ_a	σ_m	σ_p	σ_f	
NTN	9,57	1,05	0,298	-	10,92	
NV	8,16	0,69	0,523	-	9,38	
NV5	9,33	0,51	0,444	-	10,30	
Modelo 3		Variância (leitões ²)				

	σ_e	σ_a	σ_m	σ_p	σ_f
NTN	9,38	0,94	-	0,536	10,87
NV	7,91	0,69	-	0,691	9,30
NV5	9,10	0,50	-	0,629	10,24
Modelo 4	Variância (leitões²)				
	σ_e	σ_a	σ_m	σ_p	σ_f
NTN	9,41	0,85	0,267	0,372	10,90
NV	7,94	0,47	0,439	0,490	9,34
NV5	9,12	0,32	0,375	0,449	10,27

Tabela 3: Componentes de variância para número de leitões nascidos total (NTN), nascidos vivos (NV) e leitões vivos ao quinto dia (NV5) na raça Large White

Modelo 1		Variância (leitões²)			
	σ_e	σ_a	σ_m	σ_p	σ_f
NTN	11,74	2,14	-	-	13,88
NV	9,25	1,52	-	-	10,77
NV5	9,98	1,32	-	-	11,25
Modelo 2		Variância (leitões²)			
	σ_e	σ_a	σ_m	σ_p	σ_f
NTN	11,74	2,14	0,002	-	13,88
NV	9,25	1,51	0,015	-	10,78
NV5	9,92	1,27	0,062	-	11,26
Modelo 3		Variância (leitões²)			
	σ_e	σ_a	σ_m	σ_p	σ_f
NTN	11,72	2,07	-	0,081	13,87
NV	9,25	1,52	-	0,008	10,77
NV5	9,92	1,32	-	0,011	11,25
Modelo 4		Variância (leitões²)			
	σ_e	σ_a	σ_m	σ_p	σ_f
NTN	11,73	2,10	0,017	0,042	13,88
NV	9,25	1,51	0,013	0,004	10,78
NV5	9,92	1,27	0,053	0,008	11,25

Percebe-se que há maior variabilidade genética na raça Large White em relação à Landrace, ao contrário dos resultados obtidos por Su et al., (2007) que estudaram as mesmas características nas duas raças. A variância fenotípica encontrada pelos citados autores para NTN foi 12,36 leitões² em Landrace, contra 10,89 leitões², neste estudo. Para a raça Large White, a variância estimada pelos citados autores foi 10,88 leitões² para NTN, contra 13,88 leitões², neste trabalho. Para o NV5, os autores Su et al., (2007) citam 8,81 leitões² para LD e 8,22 leitões² para LW, contra 10,267 leitões² para LD e 11,249 leitões² para LW. As variâncias genéticas aditivas, estimadas por meio do modelo unicaracterística, que incluía apenas o efeito genético aditivo de 0,868 leitões² para LD e 1,322 leitões² para LW, contra 0,130 leitões² em LD e 0,112 leitões² em LW, isso sugere maior ganho esperado como resposta à seleção nas populações estudadas neste trabalho, com base tanto na variância fenotípica quanto na genética aditiva que foram maiores para esta população.

Com base nas variâncias estimadas, foram calculadas a herdabilidade no sentido restrito, (h^2), a herdabilidade do efeito materno (h^2_{mater}) e a repetibilidade (R) das características para as duas raças (Tabelas 3 e 4).

Tabela 4: Herdabilidade no sentido restrito (h^2), herdabilidade do efeito genético materno (h^2_{mater}) e repetibilidade (R) das características número total de leitões nascidos (NTN), nascidos vivos (NV) e leitões vivos ao quinto dia (NV5) na raça Large White, seguidos dos critérios AIC e BIC para cada modelo

Modelo 1					
	h^2_{mater}	h^2	R	Critério AIC	Critério BIC
NTN		0,154	-	8390,50	8393,27
NV		0,141	-	7842,67	7845,44
NV5		0,118	-	7966,17	7968,95
Modelo 2					
	h^2_{mater}	h^2	R	Critério AIC	Critério BIC
NTN	0,000	0,154	-	8392,51	8396,67
NV	0,001	0,140	-	7844,75	7848,91
NV5	0,005	0,113	-	7968,18	7972,34
Modelo 3					
	h^2_{mater}	h^2	R	Critério AIC	Critério BIC
NTN	-	0,149	0,155	8392,51	8396,67
NV	-	0,141	0,141	7844,71	7848,87
NV5	-	0,117	0,118	7968,22	7972,37
Modelo 4					
	h^2_{mater}	h^2	R	Critério AIC	Critério BIC
NTN	0,001	0,151	0,154	8394,57	8400,12
NV	0,001	0,140	0,140	7846,76	7852,31
NV5	0,005	0,113	0,114	7970,20	7975,74

Tabela 5: Herdabilidade no sentido restrito (h^2), herdabilidade do efeito genético materno (h^2_{mater}) e repetibilidade (R) das características número total de leitões nascidos (NTN), nascidos vivos (NV) e leitões vivos ao quinto dia (NV5) na raça Landrace, seguidos dos critérios AIC e BIC para cada modelo.

Modelo 1					
	h^2_{mater}	h^2	R	Critério AIC	Critério BIC
NTN	-	0,12	-	8134,77	8137,54
NV	-	0,12	-	7778,68	7781,46
NV5	-	0,08	-	8032,60	8035,37
Modelo 2					
	h^2_{mater}	h^2	R	Critério AIC	Critério BIC
NTN	0,027	0,10	-	8132,85	8137,01
NV	0,055	0,07	-	7771,70	7775,86
NV5	0,043	0,05	-	8027,49	8031,65
Modelo 3					

	h^2_{mater}	h^2	R	Critério AIC	Critério BIC
NTN	-	0,09	0,136	8134,46	8138,62
NV	-	0,07	0,148	7775,54	7779,70
NV5	-	0,05	0,110	8030,49	8034,65
Modelo 4					
	h^2_{mater}	h^2	R	Critério AIC	Critério BIC
NTN	0,024	0,08	0,112	8133,77	8139,32
NV	0,046	0,05	0,102	7771,04	7776,58
NV5	0,036	0,03	0,075	8027,33	8032,88

Observando estes dados, de acordo com os critérios AIC e BIC, para o estudo de características de leitegada, o modelo recomendado é o que contém apenas o efeito genético direto, pois as modificações nos dois critérios, com o acréscimo de outros parâmetros, são muito pequenas e não justificam a inclusão dos demais efeitos (genético materno e de ambiente permanente) para as características estudadas (NTN, NV e NV5) em ambas as raças.

As herdabilidades para NTN e NV foram maiores que as estimadas para NV5 em ambas as raças, contrariando as observações feitas por Su et al., (2007), que encontraram herdabilidades maiores para NV5, e explicaram que isto poderia ser parcialmente explicado pelo efeito do longo tempo de seleção para NTN e NV, em relação ao NV5, fazendo com que a variância genética aditiva seja menor, pela já alcançada maior uniformidade para esta característica.

A herdabilidade para NV está em acordo com a literatura, sendo 0,141 para LW e 0,12 para LD. Irgang et al. (1994) relataram estimativas de herdabilidade de 0,09 para LW e 0,14 para LD ambas para o primeiro parto. A estimativa de herdabilidade materna para NV na raça LW encontrada neste trabalho, foi de diferente dos valores relatados por Irgang; Fávero; Kennedy (1994) que variou de zero a 0,13, dependendo da ordem de parto da fêmea. Para LD, a estimativa de herdabilidade materna foi de 0,055, e ficou dentro do estimado pelos autores, entre zero a 0,094, sendo menor nas primeiras ordens de parto, aumentando até o terceiro parto, e em seguida reduzindo. No presente estudo, o efeito genético materno for superior na raça LD, em todos os modelos, em relação à raça LW. Já a estimativa de correlação entre os efeitos genéticos diretos e materno foram positivos, apesar de terem sido muito próximos de zero na raça LW. Este fato contraria a literatura que aponta correlações negativas e fortes entre os efeitos genéticos diretos e materno (Irgang; Fávero; Kennedy, 1994).

A variância de ambiente permanente foi maior na raça LD e muito próxima de zero na raça LW. Pode-se perceber que da variância total, na raça LD, houve uma partição entre os efeitos genéticos materno e de ambiente permanente, o que não foi observado em LW, em que a variância genética aditiva foi maior, e, conseqüentemente, as estimativas de herdabilidade para todas as características estudadas foram maiores. Observando-se os componentes de variância, pode-se inferir que existe maior variabilidade para todas as características estudadas na raça LW em relação à LD, indicando que LW tem uma base

genética mais ampla, o que deve resultar em maior resposta na seleção para características de prolificidade.

Além dos componentes de variância para análises univariadas, foram calculados os componentes de variância para as funções multivariadas, através das quais foram obtidas as correlações genéticas entre as características estudadas. Devido a uma limitação do programa utilizado, para o cálculo dos componentes de variância nas análises multivariadas foi considerado apenas o primeiro parto das matrizes. Os resultados obtidos estão nas tabelas 6 e 7, a seguir:

Tabela 6: Correlações genéticas entre as características indicativas de prolificidade obtidas por análise multicaracterística, considerando apenas o primeiro parto na raça Landrace.

	NTN	NV	NV5
NTN			
NV	0,98		
NV5	0,99	0,99	

NTN: número total de leitões nascidos, NV: número de leitões nascidos vivos, NV5: número de leitões vivos ao quinto dia de vida.

Tabela 7: Correlações genéticas entre as características indicativas de prolificidade obtidas por análise multicaracterística, considerando apenas o primeiro parto na raça Large White.

	NTN	NV	NV5
NTN			
NV	0,80		
NV5	0,85	0,99	

NTN: número total de leitões nascidos, NV: número de leitões nascidos vivos, NV5: número de leitões vivos ao quinto dia de vida.

Para validar as correlações genéticas obtidas pelas análises multivariadas, que consideraram apenas o primeiro parto, foram feitas correlações de Pearson entre os valores genéticos preditos para cada animal através das soluções para as análises univariadas, considerando todos os partos das fêmeas. Foram obtidas as correlações genéticas em pares (NTN e NV, NV e NV5, NTN e NV5), e os resultados estão nas tabelas 8 e 9.

Tabela 8: Correlações genéticas entre características indicativas de prolificidade, obtidas por correlação de valor genético para as características (acima da diagonal) e correlação fenotípica (abaixo da diagonal) em Landrace.

	NTN	NV	NV5
NTN		0,86	0,68
NV	0,83		0,79
NV5	0,77	0,92	

NTN: número total de leitões nascidos, NV: número de leitões nascidos vivos, NV5: número de leitões vivos ao quinto dia de vida.

Tabela 9: Correlações genéticas entre as características indicativas de prolificidade, obtidas por correlação de valor genético para as características (acima da diagonal) e correlação fenotípica (abaixo da diagonal), na raça Large White.

	NTN	NV	NV5
NTN		0,90	0,84
NV	0,87		0,97
NV5	0,83	0,95	

NTN: número total de leitões nascidos, NV: número de leitões nascidos vivos, NV5: número de leitões vivos ao quinto dia de vida.

Como se observa nas tabelas, a correlação genética obtida utilizando apenas os primeiros partos das fêmeas foi muito superior que a obtida através das correlações entre os valores genéticos. Isso indica que importantes informações são eliminadas quando desconsideramos os partos seguintes nas fêmeas. Igualmente, o volume de dados se reduz a um terço, o que pode prejudicar as estimativas dos componentes de variância neste banco de dados reduzido (somente fêmeas de primeiro parto). Outro fator que pode ter influenciado fortemente as correlações é o fato de que as fêmeas primíparas normalmente têm NTN, NV e NV5 menores que os partos subsequentes (Figuras 1 e 2). Quanto menor o número de leitões nascidos, o peso individual dos leitões tende a ser maior, o que colabora para a alta sobrevivência dos leitões. Também é um manejo corrente nas granjas retirar os leitões das primíparas, fazendo com que estas tenham consigo menor número de leitões, que ela consegue com mais facilidade nutrir até o quinto dia e posteriormente até o fim do período de lactação. O manejo de retirar os leitões das primíparas é também por uma preocupação com o seu ciclo reprodutivo posterior, afim de que a fêmea não se desgaste demais (perda de peso), prejudicando o seu desempenho reprodutivo, o que colabora para a ocorrência da chamada “síndrome do segundo parto”, caracterizada por uma queda no NTN, NV e conseqüentemente NV5 no segundo ciclo. Estes manejos podem ter causado um viés no banco de dados que provocaram as estimativas de correlações genéticas tão altas entre o NTN, NV e NV5. Su et al. (2007) encontraram correlações genéticas menores para as mesmas características, porém a tendência de correlações genéticas superiores para LW em relação à LD apresentada pelos autores foi condizente com os resultados deste trabalho.

Nas figuras 6 e 7 são apresentados os gráficos que mostram a tendência genética desta do NV5 nas duas raças para a população estudada. No rebanho estudado, o NV5 é uma característica que começou a ser alvo de seleção há relativamente pouco tempo, especialmente no banco de dados que foi utilizado. Isso é favorável para a estimação dos componentes de variância, pois de acordo com Henderson (1984) para que a estimação dos componentes de variância seja não viesada, a população estudada não deveria estar sob seleção, ou deveríamos ter informações sobre o maior número possível de indivíduos

avaliados, para retirar esse viés do banco de dados. Justamente pelo fato de a seleção ter iniciado há pouco tempo para a característica NV5, o banco de dados possui apenas cerca de três gerações de seleção, considerando um intervalo médio de geração para machos e fêmeas de 1,7 anos. O intervalo de geração é definido como a idade média dos pais quando do nascimento dos descendentes destinados à produção da próxima geração. A redução do intervalo de gerações é um ponto que contribui para a rápida evolução genética do rebanho.

Apesar do pequeno número de gerações, as figuras que apresentam a evolução genética e fenotípica são consistentes (Figuras 4 e 5 versus 6 e 7). Isso pode estar ocorrendo em razão de alterações nas frequências alélicas neste início de processo de seleção, o que justifica as flutuações que acontecem nas médias dos anos. Esse quadro é visível em ambas as raças, especialmente raça Large White, que apresentou maior variância fenotípica para NV5 (11,249 leitões² para LW versus 10,267 leitões² para LD) e maior genética aditiva (1,322 leitões² para LW versus 0,868 leitões² para LD). Portanto, de acordo com os resultados encontrados, a seleção para NV5 na raça LW tenderia a ser mais efetiva. Observando a média fenotípica (11,97 leitões² para LW e 11,92 leitões² para LD), e com base nos componentes de variância calculados, pode-se inferir que a raça Large White já aponta superioridade à raça Landrace nesta característica, com possibilidade de resposta à seleção maior que LD, devido a sua maior variância genética aditiva e maior desvio padrão fenotípico.

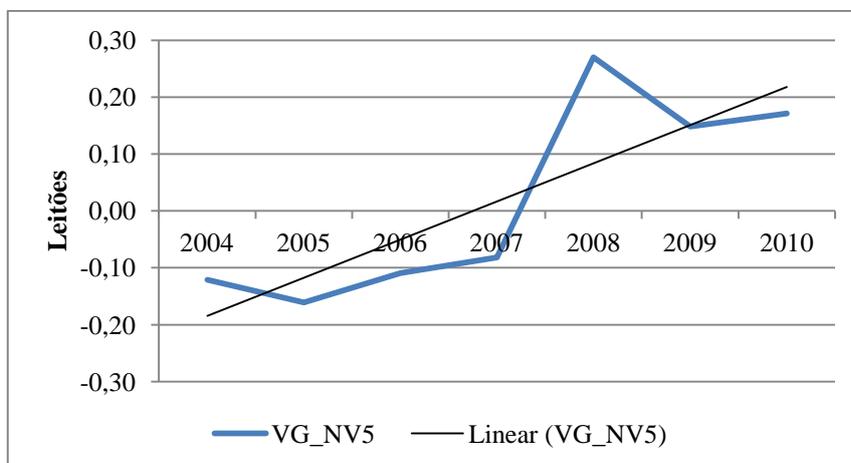


Figura 6: Evolução do valor genético das fêmeas, por ano de nascimento, para o NV5 na raça Landrace.

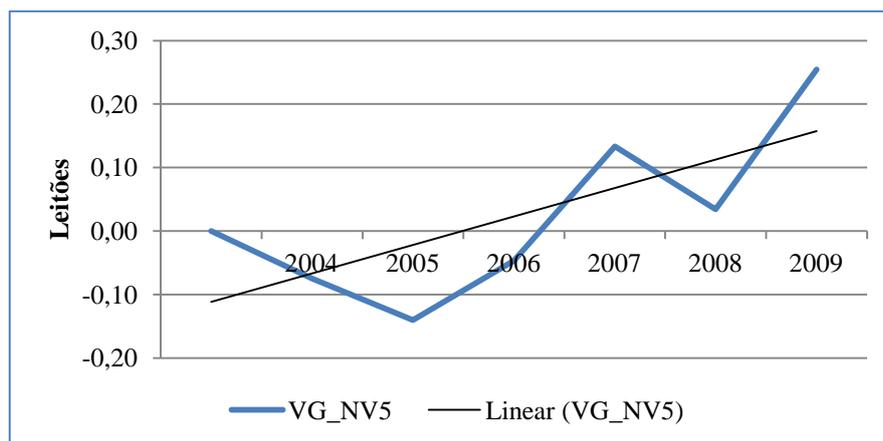


Figura 7: Evolução do valor genético das fêmeas, por ano de nascimento, para o NV5 na raça Large White.

Considerou-se uma taxa de reposição média de 70% para fêmeas, com intensidade de seleção de cerca de 7%, $i=1,90$ e reposição de 120% para machos, com intensidade de seleção de 1%, $i=2,67$. O ganho genético esperado por geração para a característica NV5 é de 0,59 leitões ($AG=h^2*i*\sigma_f$) na raça Landrace e 0,92 leitões na raça Large White. Observando o quadro da evolução genética, observa-se que em três gerações houve um ganho de 0,329 leitões em LW e 0,431 leitões em LD. Isso equivale a um ganho de 0,109 leitões por geração em LW e 0,143 leitões por geração em LD, ou seja, cerca de um quinto do ganho genético esperado, e com uma inversão, pois a raça Landrace teve maior ganho genético no período que a raça Large White, sendo que se esperaria o contrário em virtude da menor herdabilidade e menor variância fenotípica nesta raça.

Outro fenômeno que poderia estar contribuindo para essa flutuação seria um possível efeito deletério que compromete o desempenho reprodutivo de fêmeas que foram criadas em leitegadas grandes, e, portanto, com alta competição. Este efeito foi documentado por vários autores entre eles Robison, 1972, Rutledge (1980a, 1980b), e melhor estudado por Fichet; Caritez; Gruand et al. (1997). Fêmeas que crescem em leitegadas grandes sofrem efeitos pré e pós natais que prejudicam seu desempenho reprodutivo posterior. Fêmeas que crescem em ambientes uterinos de grande competição, com disponibilidade de nutrientes limitada e que, ainda após o nascimento, continuam neste ambiente em competição por leite, e tem seu crescimento retardado, fazendo com que seu ganho de peso diário seja menor, atrasando seu desenvolvimento fisiológico. Segundo Robison (1972), espera-se que fêmeas que crescem menos tenham também menor taxa ovulatória, em relação às fêmeas que crescem mais rápido. Ahlschwede (1959) mostrou associação negativa entre o tamanho da leitegada e taxa de crescimento diário dos leitões. Assim, se uma parte da diferença da taxa de crescimento ocorre pelos leitões terem sido desmamados em leitegadas maiores, então se comprovaria a associação negativa que existe entre o efeito genético direto (maior tamanho da leitegada) e o efeito materno (os leitões são desmamados mais leves) para a característica taxa ovulatória. Dessa forma, como o banco de dados utilizado continha apenas cerca de três gerações de seleção, esse efeito

pode ter influenciado o referido visual. O efeito de “sobe e desce”, em intervalos pequenos de tempo, se confunde com o efeito da seleção, que tende a ser positivo e linear, explicando em partes o resultado dos gráficos anteriormente apresentados.

A partir dos parâmetros calculados, puderam-se estudar as possíveis vias de seleção: seleção direta para a característica NV5 ou seleção indireta para NV, avaliando a resposta para o NV5. A resposta direta à seleção é obtida por $\Delta G_{NV5} = h_{NV5}^2 i \sigma_f$, e a resposta indireta a seleção é calculada por $\Delta G_{NV5} = h_{NV5} h_{NV} r_{NV,NV5} i \sigma_f$. Como o componente $i \sigma_f$ é igual nas duas expressões, a comparação para resposta a seleção pode ser feita entre as duas expressões $h_{NV5} h_{NV} r_{NV,NV5}$ e h_{NV5}^2 . Para a raça LD, selecionando indiretamente para NV5 através do NV, a resposta a seleção é de 0,569 leitões por geração, contra 0,595 leitões por geração na seleção direta. O componente $h_{NV5} h_{NV} r_{NV,NV5}$ é igual a 0,07642, ou seja, ainda menor que a estimativa de herdabilidade para NV5. Na raça Large White, a resposta esperada a seleção é de 0,97 leitões por geração, contra 0,92 na seleção direta, ou seja, é possível que se obtenha um ganho genético maior na característica fazendo a seleção indireta para NV5, através do NV. Isso porque o componente $h_{NV5} h_{NV} r_{NV,NV5}$ é igual a 0,1246, ou seja, maior que a estimativa de herdabilidade para o NV5. A correlação entre os valores genéticos é mais alta em LW que em LD (0,97 contra 0,78), o que resulta em ganhos indiretos superiores ao ganho direto em LW. Ressalta-se que neste cálculo utilizou-se a correlação entre os valores genéticos obtidos pelas análises univariadas e não a correlação genética obtida no modelo multivariado.

A forte correlação entre NV e NV5 pode ser responsável pela alta resposta indireta à seleção, porém é importante considerar que a seleção contínua para NV não contempla outras características que contribuem para o NV5, entre elas a sobrevivência, que está diretamente ligada ao peso dos leitões ao nascimento, e a habilidade materna das fêmeas, que são pontos que aparecem atualmente como diferenciais em linhas genéticas de alta prolificidade. Além disso, segundo SU (2007), existe uma correlação genética muito maior entre o NV5 e o número de leitões desmamados (0,995 para LD e LW) do que entre o NV e esta característica (0,718 para LD e 0,870 para LW). Além disso, a seleção para NV5 engloba a variabilidade genética para sobrevivência dos leitões, redução de defeitos congênitos, aumento da produção de leite da fêmea, habilidade materna, redução do aparecimento de doenças pós natais, como a diarreia neonatal, entre outras características ligadas a sobrevivência da leitegada até o desmame que não são englobadas quando a seleção é feita diretamente para NV. O fator reprodutivo de maior impacto econômico é o número de leitões desmamados por fêmea por ano, que pode ser aumentado com maior velocidade pela seleção para NV5, devido a correlação genética entre NV5 e número de desmamados ser de 0,995 para ambas as raças estudadas.

5. CONCLUSÕES

Na população estudada, a variabilidade genética foi superior à de outros estudos para a característica NV5, com estimativa de herdabilidade de 0,08 para LD e 0,12 para LW. O melhor modelo para a avaliação genética para as características de leitegada contém apenas os efeitos aditivos genéticos diretos. O acréscimo dos efeitos genético materno e comum de leitegada não se mostrou interessante.

A seleção para a característica NV5 foi eficiente e refletiu no aumento observado para o número de leitões vivos ao quinto dia nas duas raças estudadas, passando de 11,36 para 12,39 entre os anos de 2006 e 2010 na raça Landrace e de 11,57 em 2006 para 12,94 em 2009 na raça Large White.

Apesar do pequeno número de gerações sob seleção para a característica NV5, tanto fenotipicamente quanto geneticamente houve uma evolução favorável, demonstrando a efetividade da seleção para esta característica. O ganho genético obtido por geração foi cerca de um quinto do ganho estimado em ambas as raças, de 0,109 leitões por geração em LW e 0,143 leitões por geração em LD. A resposta a seleção indireta para NV5 por meio da seleção para NV parece muito interessante, sendo muito próxima a seleção direta em LD (0,59 para seleção direta e 0,56 para indireta) e superior em LW (0,92 para seleção direta e 0,97 para indireta). Porém, é importante considerar que a seleção para NV não contempla as características de sobrevivência dos leitões e habilidade materna da fêmea. O NV5, devido a sua alta correlação genética com o número de leitões desmamados e por ser uma variável de fácil mensuração no dia a dia dos programas de melhoramento, é apontado como uma via promissora para o aumento do número de leitões desmamados, que é a característica de prolificidade de maior importância econômica na suinocultura.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCS (Associação Brasileira dos Criadores de Suínos): Disponível em www.abcs.com.br
Acesso em março, 2010.

ALFONSO, L., NOGUERA, J.L., BABOT, D., ESTANY, J. Estimates of genetic parameters for litter size at different parities in pigs. **Livestock Production Science**, v.47, p. 149-156, 1997.

ALLEN, A. D., LASLEY, J. F. Milk Production of Sows. **Journal of Animal Science**, n.19, p.150-155, 1960.

ALVARENGA, A. L. N. Leitões de baixa viabilidade: a origem e suas conseqüências. **Revista Porkworld**, n.53, ano 8, nov/dez 2009.

ANDERSON, L. L., MELAMPY, R. M. Factors affecting ovulation rate in the pig. In: COLE, D. J. A. **Pig production**. London: Butterworths, 1972.

BENDTSEN, S. B. Selection for fertility in the Danish pig breeding scheme. In: **Anais do XIV Congresso Brasileiro de Veterinários Especialistas em Suínos**. Uberlândia, MG, 2009.

BERESKIN, B., SHELBY, C. E., FOX, D.F. Some factors affecting pig survival. **Journal of Animal Science**, n. 36, p. 821-827. 1973.

BIDANEL, J.P., BLASCO, A., GOGUÉ, J., LAGANT, H.. Résultats de quatre générations de sélection pour le taux d'ovulation et la survie prénatale chez des porcs de race Large White. **Journées Recherche Porcine en France**, n.28, p. 1-8, 1996.

BLASCO A., BIDANEL J.P., BOLET G., HALEY C.S., SANTACREU M.A. The genetics of prenatal survival of pigs and rabbits: a review. **Livestock Production Science**, n. 37, p.1-21, 1993

BOUQUET, A., CANARIO, L., LIGONESCHE, B., BIDANEL, J.P. Genetics parameters of litter size, piglet preweaning mortality and growth in French Landrace pigs. **Anais do 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production**, Belo Horizonte, MG, Brasil, 2006.

C.S. HALEY AND G.J. LEE. Genetic factors contributing to variation in litter size in British Large White gilts. **Livestock Production Science**, v.30, n. 1-2, p. 99-113, 1992.

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. **Journal of Animal Science**, n. 48, p. 509-516. 1979.

DAMGAARD L.H., RYDHMER L., LOVENDAHL P. & GRANDINSON K. Genetic parameters for within-litter variation in piglet birth weight and change in within-litter variation during suckling. **Journal of Animal Science**, n. 81, p. 604-610, 2003.

DAZA, A.; RIOPÉREZ, J.; OVEJERO, I. Lactation performance of Duroc gilts under the single farrowing production system. **Spanish Journal of Agricultural Research** v.3, n.3, 281-286, 2005.

DWYER, C. M., STICKLAND, N. C., FLETCHER, J. M., The influence of maternal nutrition on muscle fiber number development in the porcine fetus and on subsequent postnatal growth. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 911-917, 1994.

EDWARDS, S.A., Perinatal mortality in the pig: environmental or physiological solutions?. **Livestock Production Science**, n. 78, p. 3-12, 2002.

ETIENNE, M.; LEGAULT, C., DOURMAD, J-Y.; NOBLET, J. Production laitière de la truie : estimation, composition, facteurs de variation et évolution. **Journées de la Recherche Porcine en France**, n.32, p.253-264, 2000.

FERRAZ, J. B. S. & JOHNSON, R.K. Animal Model Estimation of Genetics Parameters and Response to Selection for litter Size and Weight, Growth and Backfat in Closed Seedstock Populations of Large White and Landrace Swine. **Journal of Animal Science**, n. 71, p. 850-858, 1993.

FICHET X., CARITEZ J.C., GRUAND J., LAGANT H., LEGAULT C.. Étude expérimentale des effets prénatals et postnatals sur la croissance, la composition corporelle et la reproduction. **Journées Recherche Porcine en France**, n. 29, p. 361-368. 1997.

FORD, SP. Embryonic and fetal development in different genotypes in pigs. **Journal of Reproduction and Fertility**, v.52, p.65-76, 1997.

FOXCROFT, G. R., TOWN, S. Prenatal programming of postnatal performance – The unseen cause of variance. **Advances in Pork Production**, v. 5, p.269-279, 2004.

FRENCH, L. R., RUTLEDGE, J. J., FIRST, N. L. Effect of age and parity on litter size in pigs. **Journal of Reproduction and Fertility**, n. 57, p. 59-60, 1979.

GONDRET, F., LEFAUCHEUR, L., LOUVEAU, I., LEBRET, B., PICHODO, X., LE COZLER, Y. Influence of piglet birth weight on postnatal growth performance, tissue lipogenic capacity and muscle histological traits at market weight. **Livestock Production Science**, n. 93, p. 135-146, 2005.

GRANDSINSON, K. Genetic background of maternal behaviour and its relation to offspring survival. **Livestock Production Science**, n. 93, p. 43-50, 2005.

GRANDSINSON, K. RYDHMER, L., STRANDBERG, E., THODBERG, K., Genetic analysis of on-farm tests of maternal behavior of sows. **Livestock Production Science**, n. 83, p. 141-151, 2003.

HENDERSON, C.R. Applications of linear models in animal breeding. Guelph: University of Guelph, 462p, 1984.

HELLBRÜGGE, B., TÖLLE, K.-H., BENNEWITZ, J., PRESSUHN, U., KRIETER, J. Genetics parameters on mothering ability in sows and its relation to piglet mortality traits.

In: **Anais do 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production**, Belo Horizonte, MG, Brasil, 2006.

HERPIN, P., LE DIVIDICH, J., AMARAL, N. Effect of selection for lean tissue growth on body composition and physiological state of the pig at birth. **Journal of Animal Science**, n. 71, p. 2645-2653, 1993.

HERRING, W.O., ARANGO, J., MISZTAL, I., TSURUTA, S., CULBERTSON, M., HOLL, J. W., LONG, T. Capturing the opportunity of increased litter size in an integrated pork production business. In: **Anais do 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production**, Belo Horizonte, MG, Brasil, 2006.

HUBBY, M., GOGUÉ, J., Maignel, L., BIDANEL, J. P. Corrélations génétiques entre les caractéristiques numériques et pondérales de la portée, la variabilité du poids des porcelets et leur survie entre la naissance et le sevrage. **Journées de la Recherche Porcine en France**, v. 35, p. 293-300, 2003.

IRGANG, R., FÁVERO, J. A., KENNEDY, B. W. Genetic parameters for Litter size of different parities in Duroc, Landrace and Large White sows. **Journal of Animal Science**, n. 72, p. 2237-2246, 1994.

JOHNSON, R.K., NIELSEN, M.K., CASEY, D. S. Responses in ovulation rate, embryonal survival and litter traits to 14 generations of selection to increase litter size. **Journal of Animal Science**, n. 77, p. 541-557, 1999.

KNOL, E.F., DUCRO, B.J. VAN ARENDONK, J.A.M., VAN DER LENDE, T. Direct, maternal and nurse sow genetic effects on farrowing-, pre-weaning- and total piglet survival. **Livestock Production Science**. n.73, p. 153-164, 2002.

LAMBERSON, W. R. JOHNSON, R. K. ZIMMERMAN, D. R., LONG, T. E. Direct responses to selection for increased litter size, decreased age at puberty, or random selection following selection for ovulation rate in swine. **Journal of Animal Science**, v. 69, n. 8 p.3129-3143, 1991.

LAY JÚNIOR D.C., MATTERI R.L., CARROLL J.A., FANGMAN T.J. & SAFRANSKI T.J. Preweaning survival in swine. **Journal of Animal Science**, v. 80, p. 74-86, 2002.

LEENHOUWERS J.I., KNOL E.F., DE GROOT P.N., VOS H. & VAN DER LENDE T. Fetal development in the pig in relation to genetic merit for piglet survival. **Journal of Animal Science**, n. 80, p. 1759-1770, 2002a.

LEENHOUWERS J.I., KNOL E.F., VAN DER LENDE, T. Differences in late prenatal development as an explanation for genetic differences in piglet survival. **Livestock Production Science**, v. 78, p. 57-62. 2002b.

LEENHOUWERS, J.I. Biological aspects of genetic differences in piglet survival. 2001. 151 p. Tese de Doutorado em Melhoramento Genético Animal, Wageningen Universiteit, Wageningen, UK.

LEENHOUWERS, J.I., DE ALMEIDA JÚNIOR, C.A., KNOL, E.F., VAN DER LENDE, T. Progress of farrowing and early postnatal pig behavior in relation to genetic merit for piglet survival. **Journal of Animal Science**, v.79, p. 1416-1422. 2001.

LEENHOUWERS, J.I., VAN DER LENDE, T., KNOL, E.F. Analysis of stillbirth in different lines of pigs. **Livestock Production Science**, v. 57, p. 243-253, 1999.

LØVENDAHL P., DAMGAARD L.H., NIELSEN B.L., THODBERG K., SU G. & RYDHMER L. Aggressive behaviours of sows at mixing and maternal behaviour are heritable and genetically correlated traits. **Livestock Production Science**. v.93, p.73-85. 2005.

LUND, M. S., PUONTI, M., RYDHMER, L., JENSEN, J., Relationship between litter size and perinatal and pre-weaning survival in pigs. **Journal of Animal Science**, v.74, p. 2117-2222, 2002.

MARTINS, T. D. D., COSTA, A. N., SILVA, J. H. V., BRASIL, L. H. A., VALENÇA, R. M. B., SOUZA, N. M. Produção e composição do leite de porcas híbridas mantidas em ambiente quente. **Ciência Rural**, Santa Maria, n. 37, v. 4, 2007.

MCGLOUGHLIN, S. Some Factors Affecting Litter Size in Pigs. **Irish Journal of Agricultural Research**, v. 15, n. 1, p. 141-145, 1976.

MERKS J., DUCRO-STEVERINK D. & FEITSMA H.. Management and Genetic factors affecting fertility in Sows. **Reproduction of Domestic Animal**, n.35, p. 261-266, 2000.

MEYER, K. Bias and sampling covariances of estimates of variances components due to maternal effects. **Genetic Selection Evolution**, v. 24, p.487-509, 1992.

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

MILLIGAN, B. N., FRASER, D., KRAMER, D.L. Within-litter birth weight variation in the domestic pig and its relation to pre-weaning survival, weight gain and variation in weaning weights. **Livestock Production Science**. v.76, p. 181-191. 2002.

NEAL, S. M., JOHNSON, R. K., KITTOK, R. J. Index selection for components of litter size in swine: response to five generations of selection. **Journal of Animal Science**, v. 67, p. 1933–1945, 1989.

NOBLET, J. & ETIENNE, M. Effect of energy level in lactating sows on yield and composition of milk and nutrient balance of piglets. **Journal of Animal Science**, v.63, p.1888-1896, 1982.

PANZARDI, A., MARQUES, B. M. F. P. P., HEIM, G., BORTOLOZZO, F. P., WENTZ, I. Fatores que influenciam o peso do leitão ao nascimento. **Acta Scientiae Veterinariae**, n. 37, supl. 1, p.49-60, 2009.

PETTIGREW, J.E., CORNELIUS, S.G., MOSER, R.L., HEEG,T.R., HANKE, H.E., MILLER, K. P., HAGEN, C.D., Effects of oral doses of corn oil and other factors on pre-

weaning survival and growth of piglets. **Journal of Animal Science**, n. 62, p. 601-612, 1986.

QUINIOU, N., DAGORN, J. GAUDRÉ, D. Variation of piglets birth weight and consequences on subsequent performance. **Livestock Production Science**, v.78, p. 63-70, 2002.

RANDALL, G. C. B. The relationship of arterial blood pH and pCO to the viability of the new born piglet. **Canadian Journal Comp. Med. Vet. Sci.** p.35-41, 1971.

ROBISON, O.W. The Role of Maternal Effects in Animal Breeding: V. Maternal effects in swine. **Journal of Animal Science**, v. 35, p.1303-1315, 1972.

ROEHE, R. e KALM E., Estimation of genetic and environmental risk factors associated with pre-weaning mortality in pigs using generalized linear mixed models. **Journal of Animal Science**, n. 70, p. 227-240, 2000.

ROSENDO, A. DRUET, T. GOGUÉ, J. BIDANEL, J. P.. Direct responses to six generations of selection for ovulation rate or prenatal survival in Large White pigs. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 2, p.356-364, 2007.

RUTLEDGE, J. J. Fraternity Size and Swine Reproduction. I. Effect on Fecundity of gilts. **Journal of Animal Science**, v. 51, p.868-870, 1980a.

RUTLEDGE, J. J. Fraternity Size and Swine Reproduction. II. Genetical consequences. **Journal of Animal Science**, v. 51, p 871-874, 1980b.

SAS INSTITUTE INC. SAS/STAT. User's Guide: stat. Release 8.1 Edition. Cary, 1292p. 2001.

SILVA, M. V. LOPES, P. S. GUIMARÃES, S. E. E ALMEIDA TORRES, R. Utilização de marcadores genéticos em suínos. I. Características reprodutivas e de resistência a doenças. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, n.11, v.1, p. 1-10, 2003.

SOUTHWOOD, O.I.; KENNEDY, B.W. Estimation of direct and maternal genetic variance for litter size in Canadian Yorkshire and Landrace swine using an animal model. **Journal of Animal Science**, v.68, p.1841-1847, 1990.

SPINKA, M., ILLMANN, G., ALGERS, B. STÉTKOVA, Z., The role of nursing frequency in milk production in domestic pigs. **Journal of Animal Science**, v.75, n.5, p.1223-1228, 1997.

SU, G., LUND, M. S., SORENSEN, D. Selection for litter size at day five to improve litter size at weaning and piglet survival rate. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 1385-1392, 2007.

SU, G., SORENSEN, D., LUND, M. S., Analysis of variance components for piglet survival using threshold model. In: **Anais do 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production**, Belo Horizonte, MG, Brasil, 2006.

THODBERG, K., JENSEN, K.H., HERSKIN, M.S. Nursing behaviour, postpartum activity and reactivity in sows: effect of farrowing environment, previous experiences and temperament. **Applied Animal Behaviour Science**, n. 77, p. 53-76, 2002.

TOOD SEE, M.; ROTHSCHILD, M. F.; CRISTIAN, C.J. Swine Genetic Abnormalities. **Pork Information Gateway**, U.S. Pork Center of Excellence, p. 1-7, 2001

TORRES FILHO, R. A., TORRES, R. A. M., LOPES, P. S., EUCLYDES, R. F., ARAÚJO, C. V., PERERIRA, C. S., SILVA, M. A. Avaliação de Modelos de Estimação de Componente de (co)Variância em Características de Desempenho e Reprodutivas em Suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 2, p. 350-357, 2004.

TRIBOUT, T., CARITEZ, J. C., GOGUÉ, J., GRUAND, J., BILLON, Y., BOUFFAUD, M., LAGANT, H., LE DIVIDICH, J., THOMAS, F., QUESNEL, H., GUÉBLEZ, R., BIDANEL, J.P. Estimation, par utilisation de semence congelée, du progrès génétique réalisé en France entre 1977 et 1998 dans la race porcine Large White : résultats pour quelques caractères de reproduction femelle. **Journées de la Recherche Porcine**, v. 35, p. 285-292. 2003.

VAN AERONDK, J. A.M., VAN ROSMEULEN, C., JANSS, L.L.G., KNOL, E. F. Estimation of direct and maternal genetic (co) variances for survival within litters of piglets. **Livestock Production Science**, n.46 p. 163-171, 1996.

VAN DER LENDE, T. WILLEMSSEN, M. H. A., VAN ARENDONK, J. A. M., VAN HAANDEL, E. B. P. G. Genetic analysis of the service sire effect on litter size in swine. **Livestock Production Science**, v. 58, p. 91-94, 1999.

VAN DER LENDE, T., DE JAGER, D., Death risk and pre-weaning growth rate of piglets in relation to the within litter weight distribution at birth. **Livestock Production Science**, v. 28, p. 73-84, 1991.

VAN DER LENDE, T., KNOL, E. F., LEENHOUWERS, J. I. Prenatal development as a predisposing factor for perinatal losses. **Reproduction (Suppl.)** v. 58, p. 247-261, 2001.

VANGEN O., HOLM B., VALROS A. , LUND M.S. RYDHMER, L. Genetic variation in sows' maternal behaviour, recorded under field conditions. **Livestock Production Science**, v.93, p. 63-71, 2005.

WILDE, C. J.; PEAKER, M. Autocrine control in milk secretion. **Journal of Agricultural Sciences**, v.114, p.235-238, 1990.

WILSON, M. E., BIENSEN, N.J., FORD, S. P. Novel insight into the control of litter size in pigs, using placental efficiency as a selection tool. **Journal of Animal Science**, v. 77, p. 1654-1658, 1999.

YOUNG, L.D., LEYMASTER, K.A., CHRISTENSON, R.K., Opportunities for indirect selection for uterine capacity of swine. **Journal of Animal Science**, v. 74, n. 1, p.119,1996.