

EDERSON GOMES CAMARGO

**AVALIAÇÃO GENÉTICA PARA UNIFORMIDADE DE LEITEGADA EM  
SUÍNOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2017

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

C172a  
2017 Camargo, Ederson Gomes, 1985-  
Avaliação genética para uniformidade de leitegada em  
suínos / Ederson Gomes Camargo. – Viçosa, MG, 2017.  
xiv, 50f. : il. ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Paulo Sávio Lopes.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Suínos - Pesos e medidas. 2. Diversidade genética.  
3. Desvios-padrão. 4. Zoologia - Variação. I. Universidade  
Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia. Programa de  
Pós-graduação em Zootecnia. II. Título.

CDD 22 ed. 636.4

EDERSON GOMES CAMARGO

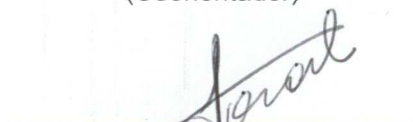
**AVALIAÇÃO GENÉTICA PARA UNIFORMIDADE DE LEITEGADA EM SUÍNOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.


APROVADA: 03 de julho de 2017.

  
Fabyano Fonseca e Silva  
(Coorientador)

  
Simone Eliza Facioni Guimarães  
(Coorientadora)

  
Fábio Luiz Buranelo Toral

  
Sebastião Martins Filho

  
Paulo Sávio Lopes  
(Orientador)

*Três respostas de Deus para os nossos sonhos:  
“Sim, para vida toda não, eu pensei em algo melhor”*

*Autor desconhecido*

Dedico este trabalho aos Meus Queridos Pais: José e Maria;  
Aos Meus Irmãos: Edna, Edson, Elizangela e Eduardo;  
Ao Grande Amor da Minha Vida: Joseane.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), sobretudo ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PPG-ZOO) pela formação técnico-científica.

À Coordenação do PPG-ZOO, especialmente a Sra. Fernanda Silva, que sempre agiu com muita competência e profissionalismo.

Ao Meu Orientador, Prof. Paulo Sávio Lopes, Exímio Pesquisador e Professor, por todo conhecimento transmitido, por reconhecer minhas limitações e pela paciência e compreensão frente aos desafios encontrados durante a aquisição do Banco de Dados e elaboração da Tese.

Ao Prof. Fabyano Fonseca e Silva, por toda a dedicação, conhecimento transmitido nas Disciplinas de Inferência Bayesiana, Seleção Genômica, Cursos e Palestras, sempre muito disposto a nos auxiliar com dúvidas estatísticas e pela co-orientação imprescindível na elaboração desta Tese.

Ao Dr. Elsio Antônio Pereira de Figueiredo da Embrapa Suínos e Aves, pela disponibilização do Banco de Dados utilizados no presente estudo, por toda a paciência e todo o suporte concedido durante a edição dos dados.

Aos membros da banca da banca examinadora pelas importantes contribuições.

Aos Profs. Sebastião Martins Filho e Luiz Alexandre Peternelli por ministrarem respectivamente as disciplinas de Estatística Bayesiana e Modelos Lineares.

Ao Grupo de Discussão em Melhoramento Animal (GDMA) e a todos os Colegas de Pós-Graduação que direta ou indiretamente me apoiaram e auxiliaram durante as disciplinas.

Ao Colega Rogério Veloso pela oportunidade em trabalharmos na condução de experimentos e elaboração de trabalhos.

À Colega Daniele Botelho Diniz por todo conhecimento e experiência transmitidos e pelo grande apoio na condução das análises genéticas.

Aos Colegas da Superintendência Federal de Agricultura do Espírito Santo por todo o incentivo durante esta árdua jornada dupla.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Suínos e Aves) pela disponibilização do Banco de Dados utilizados no presente estudo e pelo suporte durante a sua edição.

**Muito Obrigado a Todos!**

## BIOGRAFIA

Ederson Gomes Camargo, filho de José de Camargo e Maria Custodia Gomes Camargo, natural de Dourados, Mato Grosso do Sul, nasceu em 19 de novembro de 1985 e cresceu em Curitiba, Estado do Paraná.

Entre 2004-2008, graduou-se em Medicina Veterinária pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), onde foi monitor de disciplinas e bolsista de iniciação científica, concluindo sua graduação sob orientação do Prof. Geraldo Camilo Alberton, referência em Patologias de Suínos.

No final de 2008, foi responsável técnico de uma das maiores Unidades Produtoras de Leitões (UPL) do país, situada no Centro-Oeste do Estado de Santa Catarina, onde atuou até fevereiro de 2011.

Em 2011, iniciou o Mestrado no Programa de Pós-Graduação (PPG) em Ciências Veterinárias da UFPR, com ênfase em Melhoramento Genético, defendendo dissertação: *“Análise multivariada de características reprodutivas e de crescimento de linhagens comerciais de suínos”*.

Em 2013 iniciou o Curso de Doutorado pelo PPG em Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, no Estado de Minas Gerais, submetendo-se em 2017 ao exame final de tese para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Atualmente é Auditor Fiscal Federal Agropecuário e exerce suas atribuições no Serviço de Inspeção, Fiscalização e Saúde Animal da Superintendência Federal de Agricultura no Estado do Espírito Santo.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	viii
LISTA DE TABELAS .....	ix
RESUMO .....	xi
ABSTRACT .....	xiii
INTRODUÇÃO GERAL .....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	4

### CAPÍTULO I

#### **AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE DE LEITEGADA AO NASCIMENTO E AOS 21 DIAS DE IDADE EM SUÍNOS DA RAÇA LANDRACE**

RESUMO .....	6
INTRODUÇÃO .....	7
MATERIAL E MÉTODOS .....	7
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	10
CONCLUSÕES .....	21
AGRADECIMENTOS .....	22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	23

### CAPÍTULO II

#### **CRITÉRIOS DE SELEÇÃO PARA CARACTERÍSTICAS DE LEITEGADA EM SUÍNOS DA RAÇA LANDRACE**

RESUMO .....	30
INTRODUÇÃO .....	31
MATERIAL E MÉTODOS .....	31
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	36
CONCLUSÕES .....	44
AGRADECIMENTOS .....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	45
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	50

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Tendências genéticas para número de leitões nascidos vivos (NV:  $y=-12,082+0,006x$ ) e aos 21 dias (ND:  $y=-0,2174+0,0001x$ ) em suínos da raça Landrace..... 17
- Figura 2.** Tendências genéticas para peso médio dos leitões ao nascer (PMLN:  $y=-5570,1+5,535x-0,0014x^2$ ) e aos 21 dias (PML21:  $y=-0,2568+0,0001x$ ) em suínos da raça Landrace..... 18
- Figura 3.** Tendências genéticas para desvio padrão do peso dos leitões ao nascer (DPN:  $y=-11064+10,994x-0,0027x^2$ ) e aos 21 dias (DP21:  $y=-0,8362+0,0004x$ ) em suínos da raça Landrace..... 19
- Figura 4.** Tendências genéticas para coeficiente de variação do peso dos leitões ao nascer (CVN:  $y=-8,7368+0,0044x$ ) e 21 dias (CV21:  $y=-0,7453+0,0004x$ ) em suínos da raça Landrace..... 20

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Estatística descritiva dos dados: número de observações (n), valor mínimo, máximo e médias seguidas do desvio padrão obtidas em cada característica estudada.....	11
<b>Tabela 2.</b> Número de leitegadas de acordo com a ordem de parto da matriz (OP) e com o tamanho da leitegada (TL) ao nascimento ou desmame .....	12
<b>Tabela 3.</b> Estimativas de herdabilidade (diagonal) e correlações genéticas (abaixo da diagonal) e fenotípicas (acima da diagonal), obtidas em modelos multicaracterístico para características da leitegada ao nascer.....	13
<b>Tabela 4.</b> Estimativas de herdabilidade (diagonal), correlações genéticas (abaixo da diagonal) e fenotípicas (acima da diagonal) obtidas em modelos multicaracterístico para características da leitegada aos 21 dias .....	16
<b>Apêndice A.</b> Estimativas dos componentes de (co) variância obtidas em modelos multicaracterísticos para características da leitegada ao nascer ..	28
<b>Apêndice B.</b> Estimativas dos componentes de (co) variância obtidas em modelos multicaracterísticos para características da leitegada ao desmame .....	29
<b>Tabela 1.</b> Ganho genético desejado correspondente a um desvio padrão genético de cada característica, por geração, quando a seleção é baseada no índice, em valores absolutos e relativo sobre a média fenotípica total ...	37
<b>Tabela 2.</b> Valores dos coeficientes de ponderação ( $b_i$ ) estimados em cada índice de seleção obtido para características da leitegada ao nascer e respectivas correlações do índice com o agregado genotípico ( $r_{HI}$ ) .....	38
<b>Tabela 3.</b> Valores dos coeficientes de ponderação ( $b_i$ ) estimados em cada índice de seleção obtido para características da leitegada ao desmame e respectivas correlações do índice com o agregado genotípico ( $r_{HI}$ ) .....	39

<b>Tabela 4.</b> Estimativas de ganhos genéticos diretos e correlacionados à seleção nos diferentes índices no agregado genotípico ( $\Delta H$ ), para características da leitegada ao nascer em suínos da raça Landrace .....	40
<b>Tabela 5.</b> Estimativas de ganhos genéticos diretos e correlacionados à seleção nos diferentes índices no agregado genotípico ( $\Delta H$ ), para características da leitegada ao desmame em suínos da raça Landrace .....	41
<b>Tabela 6.</b> Percentagem de redução na correlação entre o agregado genotípico e o índice seleção ( $r_{HI}$ ) quando a característica em estudo foi retirada do índice de seleção ( $r_{HI}^*$ ) .....	43
<b>Apêndice A.</b> Estimativas dos componentes de (co) variância obtidas em modelos multicaracterísticos para características da leitegada ao nascer ..	48
<b>Apêndice B.</b> Estimativas dos componentes de (co) variância obtidas em modelos multicaracterísticos para características da leitegada ao desmame ..	49

## RESUMO

CAMARGO, Ederson Gomes, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2017. **Avaliação genética para uniformidade de leitegada em suínos.** Orientador: Paulo Sávio Lopes. Coorientadores: Fabyano Fonseca e Silva e Simone Eliza Facioni Guimarães.

A uniformidade da leitegada em suínos pode ser o fator de maior impacto econômico sobre a rentabilidade da suinocultura. O estudo sobre a uniformidade de leitegada ainda é um desafio, especialmente ao nascimento. Além disso, não existe um consenso sobre a melhor característica a ser utilizada para descrever a variabilidade dos dados em suínos. A importância do estudo dos parâmetros genéticos aliada às divergências existentes quanto aos critérios de seleção e estratégias a serem adotadas para aumento do tamanho e da uniformidade de leitegada em suínos motivaram a realização do presente estudo. Os objetivos foram estimar parâmetros genéticos e as tendências genéticas para tamanho e uniformidade de leitegada, comparar índices de seleção com diferentes critérios para o melhoramento genético de suínos para características de leitegada e estabelecer a melhor variável para a avaliação genética da uniformidade de leitegada em suínos. Foram estudadas as seguintes características: número de leitões nascidos vivos (NV), peso médio dos leitões dentro de leitegada ao nascer (PMLN); desvio padrão do peso dos leitões dentro de leitegada ao nascer (DPN); coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de leitegada ao nascer (CVN); número de leitões desmamados (ND); peso médio dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias (PML21); desvio padrão do peso dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias (DP21); e coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias (CV21). As herdabilidades para as características NV, PMLN, DPN e CVN foram superiores às obtidas ao desmame e iguais a  $0,0898 \pm 0,0446$ ,  $0,3079 \pm 0,0787$ ,  $0,0115 \pm 0,0407$ ,  $0,0692 \pm 0,0458$ , respectivamente. As correlações genéticas entre CVN e NV ou PMLN ( $0,6400 \pm 0,3409$  e  $-0,9267 \pm 0,2147$ , respectivamente) estiveram associadas a menores erros padrão quando comparadas às correlações entre DPN e as mesmas características ( $-0,0219 \pm 0,9562$  e  $-0,0869 \pm 0,7463$ , respectivamente). O aumento do NV esteve acompanhado do aumento no PMLN e DPN até atingir o ponto de máximo em 2012,7, reduzindo significativamente nos últimos anos.

O mesmo não ocorreu com PML21, que permaneceu praticamente inalterado ao longo dos anos (0,0001 leitões por ano). As tendências genéticas anuais quadráticas para DPN e PMLN, seguidas pelas tendências genéticas lineares para NV, presumem que exista um tamanho ótimo intermediário quanto ao NV que proporcione máximos PMLN, apesar de ter sido associada a maiores DPN. O CVN parece ser uma medida mais apropriada para utilização em programas de melhoramento, principalmente quando avaliada ao nascimento, tendo em vista as suas maiores estimativas de herdabilidade. As tendências genéticas demonstraram que o aumento do número de leitões desmamados não acompanhou o aumento do número de leitões nascidos vivos, ressaltando a necessidade de rever os objetivos do melhoramento, sobretudo avaliar as perdas econômicas em função da redução do peso médio dos leitões dentro de leitegada e do aumento do coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de leitegada. Foram obtidos os seguintes índices de seleção:  $I_1 = 3,773873(NV) + 29,415334(PMLN) - 71,343539(DPN)$ ;  $I_2 = 2,929140(NV) - 1,692489(CVN)$ ;  $I_3 = 9,186016(ND) + 26,984056(PML21) - 22,353914(DP21)$ ;  $I_4 = 5,600953(ND) - 6,201914(CV21)$ . Os ganhos genéticos por geração situaram-se entre 0,3% e 0,9% para características da leitegada ao nascer e entre 0,1% e 0,2% para características da leitegada ao desmame, sendo possível a obtenção de ganhos genéticos para uniformidade de leitegada. Nesse contexto, seriam necessárias em torno de 10 a 15 gerações para obtenção dos ganhos genéticos desejados para as características avaliadas ao nascimento (NV, PMLN, DPN e CVN) e 30 a 35 gerações para a obtenção dos ganhos desejados para as características avaliadas ao desmame (ND, PML21, DP21 e CV21). Quando o objetivo do melhoramento é aumentar simultaneamente o tamanho da leitegada e sua uniformidade, os ganhos genéticos esperados por característica são maiores quando a seleção é praticada ao nascimento. A seleção para características de uniformidade de leitegada depende dos objetivos do melhoramento, com relações complexas entre as variáveis. No entanto, a utilização de índices contendo o NV, PMLN e DPN pode ser mais apropriada quando o interesse na resposta correlacionada favorável para CVN for maior, apesar dos ganhos diretos inferiores sobre DPN.

## ABSTRACT

CAMARGO, Ederson Gomes, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2017. **Genetic evaluation for litter uniformity in pigs**. Adviser: Paulo Sávio Lopes. Co-advisers: Fabyano Fonseca e Silva and Simone Eliza Facioni Guimarães.

The litter uniformity in pigs may be the factor of greatest economic impact on the profitability of pig production. The study about the litter uniformity is still a challenge, especially at birth. Moreover, there is not a consensus about the best trait to be used to describe the data variability in pigs. The importance of the study of genetic parameters, together with the existing divergences regarding the selection criteria and strategies to be adopted to increase the litter size and uniformity in pigs, motivated the accomplishment of the present study. The objectives were to estimate the genetic parameters and genetic trends for litter size and uniformity, to compare selection indexes with different criteria for animal breeding regarding litter traits, and to establish the best variable for genetic evaluation of litter uniformity in pigs. The following traits were studied: number of piglets born alive (NV), within-litter average of piglets' birth weight (PMLN); within-litter standard deviation of piglets' birth weight (DPN); within-litter coefficient of variation of piglets' birth weight (CVN); number of piglets weaned (ND); within-litter average of piglets' weight at 21 days of age (PML21); within-litter standard deviation of piglets' weight at 21 days of age (DP21); and within-litter coefficient of variation of piglets' weight at 21 days of age (CV21). The heritabilities for the traits NV, PMLN, DPN and CVN were higher than those obtained at 21 days of age, and equal to  $0.0898 \pm 0.0446$ ,  $0.3079 \pm 0.0787$ ,  $0.0115 \pm 0.0407$ ,  $0.0692 \pm 0.0458$ , respectively. The genetic correlations between CVN and NV or PMLN ( $0.6400 \pm 0.3409$  and  $-0.9267 \pm 0.2147$ , respectively) were associated with lower standard errors when compared with the genetic correlations between DPN and the same traits ( $-0.0219 \pm 0.9562$  and  $-0.0869 \pm 0.7463$ , respectively). The increase in NV was followed by the increase in PMLN and DPN until reach the maximum point in 2012.7, decreasing significantly in the last years. The same did not occur with PML21, which remained almost unchanged over the years (0.0001 piglets per year). The annual quadratic genetic trends for DPN and PMLN, followed by the linear genetic trends for

NV, assume that there is an optimum intermediate size regarding NV that provides maximum PMLN, although it has been associated with greater DPN. The CVN seems to be a more appropriate measure for use in breeding programs, especially when evaluated at birth, owing to its higher heritability estimates. The genetic trends showed that the increase in the number of piglets weaned did not follow the increase in the number of piglets born alive, emphasizing the need to review the breeding goals, mainly to evaluate the economic losses due to the decrease in within-litter average of piglets' weight and the increase in within-litter coefficient of variation of piglets' weight. The following selection indexes were obtained:  $I_1 = 3.773873(NV) + 29.415334(PMLN) - 71.343539(DPN)$ ;  $I_2 = 2.929140(NV) - 1.692489(CVN)$ ;  $I_3 = 9.186016(ND) + 26.984056(PML21) - 22.353914(DP21)$ ;  $I_4 = 5.600953(ND) - 6.201914(CV21)$ . The genetic gains per generation were between 0.3% and 0.9% for litter traits at birth and between 0.1% and 0.2% for litter traits at weaning, making it possible to obtain genetic gains for litter uniformity. In this context, it would be necessary around 10 to 15 generations to obtain the desired genetic gains for the traits evaluated at birth (NV, PMLN, DPN and CVN) and 30 to 35 generations to obtain the desired gains for the traits evaluated at weaning (ND, PML21, DP21 and CV21). When the breeding goal is to increase simultaneously the litter size and its uniformity, the expected genetic gains per trait are greater when the selection is performed at birth. The selection for litter uniformity traits depends on the breeding goals, with complex relationships between the variables. However, the use of indexes including the NV, PMLN and DPN may be more appropriate when the interest in the favorable correlated response for CVN is greater, despite the lower direct gains on DPN.

## INTRODUÇÃO GERAL

A suinocultura brasileira tem se destacado no mercado mundial como uma das maiores produtoras e exportadoras de carne suína. A produtividade é um bom indicador de eficiência produtiva, porém, não é sinônimo de lucro, pois muitas vezes está associada ao aumento dos custos de produção e piora na eficiência. O número de leitões desmamados por porca por ano possui relação direta com o tamanho da leitegada ao nascer e é um dos indicadores de produtividade mais empregados na suinocultura atual.

A média brasileira para número de leitões nascidos situa-se ao redor de 13 com mortalidades até o desmame em torno de 8%, ambos com tendências crescentes para os próximos anos (ABCS, 2014). Esses resultados correspondem a uma produtividade aproximada de 30 leitões desmamados por porca por ano. Existem matrizes atualmente no mercado que já proporcionam uma produtividade de 35 leitões desmamados por porca por ano, não obstante, algumas empresas de melhoramento têm anunciado reprodutores com potencial para superar 40 leitões desmamados por porca por ano para os próximos anos (ANTUNES, 2017).

Os programas de melhoramento de suínos têm enfatizado a hiperprolificidade, que consiste no aumento do tamanho da leitegada ao nascer. Uma das justificativas para isso encontra-se na diluição dos custos fixos das unidades produtoras de leitões, principalmente em relação às despesas com matrizes lactantes. No entanto, quando analisado o ciclo completo, as despesas com maternidade são menores (KRUGER et al. 2010), e a maior parte dos investimentos e dos custos de produção de suínos encontra-se nas fases de crescimento e terminação, principalmente em função dos altos custos com alimentação (TALAMINI et al. 2006).

Outro aspecto que poderia justificar a ênfase pelos programas de melhoramento na busca por leitegadas cada vez mais numerosas, está relacionado aos preceitos de bem estar animal, tendo em vista o aumento na idade ao desmame aliado à proibição das gaiolas individuais nos próximos anos, que passarão a ser exigidas e adotadas mundialmente, com impactos diretos sobre a maternidade e gestação, o que irá demandar mais espaço físico com instalações e maior produtividade das matrizes.

No entanto, a seleção praticada nos últimos anos para o tamanho da leitegada poderá reduzir a eficiência produtiva, em função do aumento do número de leitões com baixo peso ao nascer, aumento da desuniformidade do peso dos leitões do nascimento até o abate e da mortalidade, comprometendo o grau de bem estar animal (KAPELL et al., 2011).

A uniformidade na produção de suínos pode ser o fator de maior impacto econômico sobre a rentabilidade da suinocultura (DEEN, 2002), principalmente nos sistemas de integração predominantes no Brasil. Os prejuízos são elevados quando os leitões estão fora da faixa de peso ideal, por exemplo, com pesos superiores ou inferiores a 6-8 kg ao desmame, 18-22 kg no final da creche ou 90-120 kg ao abate. Leitegadas uniformes ao nascimento se mantêm mais uniformes até o abate (FIX, 2010) e reduzem a necessidade de equalização de leitegadas (“crossfostering”), que é de alto custo operacional e questionável do ponto de vista sanitário.

As causas dessa variação no peso dos leitões incluem diferenças raciais que afetam o espaço uterino, taxa de ovulação, grau de maturação dos ovócitos, tempo necessário para a ovulação, intervalo entre a ovulação e a fertilização, capacidade uterina para a implantação e placentação, tamanho e eficiência útero-placentária no transporte de nutrientes, atividades de vias metabólicas fetais, interação entre os sistemas embrionários/fetais e maternos, angiogênese uterina e placentária, estado nutricional da porca e maturidade materna, além de influências ambientais sobre a gestação entre outros efeitos genéticos e epigenéticos (WU et al., 2006; YUAN et al., 2015).

O número de leitões nascidos vivos tem sido muito enfatizado nos últimos anos, desta forma, o próximo desafio seria maximizar a sobrevivência e as taxas de crescimento e, portanto, os programas devem incluir a uniformidade como critério de seleção (MARANDU et al., 2015).

Além do impacto sobre o crescimento e taxa de sobrevivência, o baixo peso ao nascer está relacionado com o aumento da variabilidade da taxa de crescimento, piora na conversão alimentar e impactos negativos sobre características quantitativas e qualitativas da carcaça, tal como o percentual de carne magra, além da redução da rentabilidade econômica durante a fase de crescimento e terminação (BEE, 2007; SCHINCKEL et al., 2010).

A uniformidade do peso dos leitões dentro de leitegada tem sido motivo de pesquisas recentes (SELL-KUBIAK et al. 2014, 2015a, 2015b), porém, ainda é um desafio especialmente ao nascimento, pois às vezes registra-se apenas o peso médio ou total da leitegada, em razão da difícil operacionalização para a pesagem individual. Além disso, não existe um consenso sobre a melhor característica a ser utilizada para descrever a variabilidade dos dados em suínos.

Dentre as medidas existentes tais como a amplitude, média harmônica e desvio médio, o coeficiente de variação (CV) e o desvio padrão (DP) do peso dos leitões dentro de leitegada têm sido as mais empregadas. O DP representa a dispersão dos dados em relação à média ( $\bar{X}$ ), assume a mesma medida da característica estudada e valores não nulos. Já o coeficiente de variação associa simultaneamente a média e o desvio padrão ( $CV = DP/\bar{X} \times 100$ ), sendo adimensional e expresso em porcentagem (%). Em ambos os casos, quanto maior o valor do DP ou CV, mais variáveis ou desuniformes serão os dados, no entanto, falhas de interpretação podem ocorrer com o uso do coeficiente de variação, pois valores baixos também podem indicar tanto altos, quanto baixos pesos médios.

Para o melhoramento genético efetivo dessas características é fundamental o estudo dos parâmetros genéticos das características de interesse, Sell-Kubiak et al. (2015b) destacaram a importância do estudo das correlações genéticas entre as medidas de variação do peso dos leitões.

A importância no estudo dos parâmetros genéticos aliada às divergências existentes quanto aos critérios de seleção e estratégias a serem adotadas para aumento do tamanho e da uniformidade de leitegada em suínos, motivaram a realização da presente tese.

Assim, os objetivos foram estimar parâmetros genéticos e as tendências genéticas para tamanho e uniformidade de leitegada ao nascer e aos 21 dias em suínos da raça Landrace, além de comparar índices de seleção com diferentes critérios visando o melhoramento genético dessas características de leitegada.

## Referências Bibliográficas

- ABCS. **Relatório do serviço de registro genealógico de suínos**. Disponível em: <[http://abcs.org.br/attachments/182\\_RELABCS2014.pdf](http://abcs.org.br/attachments/182_RELABCS2014.pdf)>, acessado em 16/11/16, 2014.
- ANTUNES, R. C. Melhoramento genético e prolificidade: onde queremos chegar? II Simpósio Internacional de Produção e Sanidade de Suínos. FCAV/Unesp. **Anais**. p.21-29. 2017.
- BEE, G. Birth weight of litters as a source of variation in postnatal growth, and carcass and meat quality. **Age**, v. 6, n. 8, p. 10, 2007.
- DEEN, J. Disease and slow growth and mortality in pigs. **Pigletter**, v. 22, n. 4, p. 23, 2002.
- FIX, J. S. **Relationship of Piglet Birth Weight with Growth, Efficiency, Composition, and Mortality**. Thesis. North Carolina State University. Raleigh, North Carolina, 162p, 2010.
- KAPPELL, D. N. R. G.; ASHWORTH, C. J.; KNAP, P. W.; ROEHE, R. Genetic parameters for piglet survival, litter size and birth weight or its variation within litter in sire and dam lines using Bayesian analysis. **Livestock Science**, v. 135, n. 2, p. 215–224, 2011.
- KRUGER, S. D., MAZZIONI, S., ZANIN, A., PISSAIA, J. E., & BAGATINI, F. M. Análise comparativa de custos entre os sistemas de desmame precoce segregado (DPS) e de unidade de produção de leitões (UPL), na atividade suinícola. In: do Congresso Brasileiro de Custos-ABC, 2010.
- MARANDU, N.; HALIMANI, T. E.; CHIMONYO, M.; SHONIWA, A.; MUTIBVU, T. Effect of within-litter birth weight variation on piglet survival and pre-weaning weight gain in a commercial herd. **Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics**, v. 116, n. 2, p. 123–129, 2015.
- SCHINCKEL, A. P.; EINSTEIN, M. E.; STEWART, T. S.; SCHWAB, C.; OLYNKF, N. J. Use of a stochastic model to evaluate the growth

performance and profitability of pigs from different litter sizes and parities of dams. **The Professional Animal Scientist**, v. 26, n. 5, p. 547–560, 2010.

SELL-KUBIAK, E.; BIJMA, P.; KNOL, E. F.; MULDER, H. A. Genetic analysis of birth weight uniformity in pigs: comparison of methods. 10th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, **Anais**, 2014.

SELL-KUBIAK, E.; BIJMA, P.; KNOL, E. F.; MULDER, H. A. Comparison of methods to study uniformity of traits: application to birth weight in pigs. **Journal of Animal Science**, 93(3), 900-911, 2015a.

SELL-KUBIAK, E.; WANG, S.; KNOL, E. F.; MULDER, H. A. Genetic analysis of within-litter variation in piglets' birth weight using genomic or pedigree relationship matrices. **Journal of Animal Science**, 93(4), 1471-1480, 2015b.

TALAMINI, D. J. D., MARTINS, F. M., ARBOIT, C., & WOLOZSIM, N. Custos agregados da produção integrada de suínos nas fases de leitões e de terminação. **Custos e@ gronegócio on line**, v. 2, p. 64-83, 2006.

WU, G.; BAZER, F. W.; WALLACE, J. M.; SPENCER, T. E. Board-invited review: intrauterine growth retardation: implications for the animal sciences. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 9, p. 2316–2337, 2006.

YUAN, T.; ZHU, Y.; SHI, M.; LI, T.; LI, N.; WU, G.; BAZER, F. W.; ZANG, J.; WANG, F.; WANG, J. Within-litter variation in birth weight: impact of nutritional status in the sow. **Journal of Zhejiang University Science**, v. 16, n. 6, p. 417–435, 2015.

## CAPÍTULO I

### **Avaliação da uniformidade de leitegada ao nascimento e aos 21 dias de idade em suínos da raça Landrace**

**Resumo:** Objetivou-se estimar parâmetros genéticos e as tendências genéticas para tamanho e uniformidade de leitegada ao nascer e aos 21 dias em suínos da raça Landrace. Foram realizadas análises multicaracterísticas de 2.787 leitegadas provenientes de granjas situadas no Sul do Brasil, estudando-se as seguintes características: número de leitões nascidos vivos (NV), peso médio dos leitões dentro de leitegada ao nascer (PMLN); desvio padrão do peso dos leitões dentro de leitegada ao nascer (DPN); coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de leitegada ao nascer (CVN); número de leitões desmamados (ND); peso médio dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias (PML21); desvio padrão do peso dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias (DP21); e coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias (CV21). As herdabilidades para NV, PMLN, DPN e CVN foram respectivamente iguais a  $0,0898 \pm 0,0446$ ,  $0,3079 \pm 0,0787$ ,  $0,0115 \pm 0,0407$ ,  $0,0692 \pm 0,0458$ , superiores às obtidas aos 21 dias (ND, PML21, DP21 e CV21,  $0,0605 \pm 0,0400$ ,  $0,1045 \pm 0,0570$ ,  $0,0078 \pm 0,0354$ ,  $0,0174 \pm 0,0352$ , respectivamente). As correlações genéticas entre CVN e NV ou PMLN ( $0,6400 \pm 0,3409$ ;  $-0,9267 \pm 0,2147$ ) estiveram associadas a menores erros padrão quando comparadas às correlações entre DPN e as mesmas características ( $-0,0219 \pm 0,9562$ ;  $-0,0869 \pm 0,7463$ ). O aumento do NV esteve acompanhado com o aumento no PMLN e DPN até atingir o ponto de máximo em 2012,7, reduzindo significativamente nos últimos anos, não ocorrendo o mesmo com PML21, que permaneceu praticamente inalterado ao longo dos anos (0,0001 leitões por ano). As tendências genéticas quadráticas para DPN e PMLN ao longo dos anos, seguidas pelas tendências genéticas lineares para NV, presumem que exista um tamanho ótimo intermediário quanto ao NV que proporcione máximos PMLN, embora também esteja associada a maiores DPN. O CVN parece ser uma medida mais apropriada para utilização em programas de melhoramento, principalmente quando avaliada ao nascimento, tendo em vista as suas maiores estimativas de herdabilidade. As tendências genéticas demonstraram que o aumento do número de leitões desmamados não acompanhou o aumento do número de leitões nascidos vivos, ressaltando a necessidade de rever os objetivos do melhoramento, sobretudo avaliar as perdas econômicas em função da redução do peso médio dos leitões dentro de leitegada e do aumento do seu coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de leitegada.

**Palavras-chave:** desvio padrão, homogeneidade, leitão, variação.

## **Introdução**

A uniformidade do peso dos leitões dentro de leitegada tem sido motivo de pesquisas (SELL-KUBIAK et al. 2014, 2015a, 2015b), no entanto, ainda é um desafio especialmente ao nascimento, pois às vezes registra-se apenas o peso médio ou total da leitegada, em razão da difícil operacionalização para a pesagem individual.

A uniformidade da leitegada é uma característica essencial (SELL-KUBIAK, et al., 2015) e pode ser o fator de maior impacto econômico sobre a rentabilidade da suinocultura (DEEN, 2002). Nos sistemas de integração predominantes no Brasil, quando os leitões estão fora da faixa de peso ideal, por exemplo, com pesos fora do padrão de 6 a 8 kg ao desmame, de 18 a 22 kg ao final da creche ou 90 a 120 kg ao abate, recebem menor remuneração ou não são aceitos pelas empresas integradoras.

Leitegadas uniformes ao nascimento se mantêm mais uniformes até o abate (FIX, 2010) e reduzem a necessidade de equalização de leitegadas ("crossfostering"), que é de alto custo operacional e questionável do ponto de vista sanitário. Além disso, leitegadas uniformes têm menor mortalidade de leitões e viabiliza o manejo "todos dentro, todos fora", imprescindível para a manutenção das condições sanitárias adequadas do rebanho.

Sell-Kubiak et al. (2015b) destacaram a importância do estudo dos parâmetros genéticos e das correlações genéticas entre as medidas de variação do peso dos leitões. Assim, objetivou-se estimar parâmetros genéticos e as tendências genéticas para tamanho e uniformidade de leitegada ao nascer e ao desmame em suínos da raça Landrace.

## **Material e Métodos**

Os dados foram disponibilizados pelo Centro Nacional de Pesquisa em Suínos e Aves da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CNPQA - Embrapa Suínos e Aves), não sendo submetidos ao Comitê de Ética por se tratar de análise de banco de dados pré-existentes.

Foram analisados dados de 2.787 leitegadas (34.790 leitões) nascidas de 1.267 matrizes da raça Landrace (2,2 partos por matriz) de primeira a

oitava ordem de parto, entre janeiro de 2009 e abril de 2016, provenientes de granjas situadas no Estado do Paraná, região Sul do Brasil.

Durante a edição de dados, foram consideradas apenas as leitegadas contendo entre 5 e 20 leitões nascidos vivos ou desmamados, sendo que o pedigree completo continha 105 reprodutores e 1.348 matrizes ao longo de 5 gerações. Foram considerados apenas grupos de contemporâneos contendo mais de 10 matrizes, os quais consideraram o rebanho (granjas 1, 2 ou 3), ano (2009 a 2016) e estação de nascimento (1 - janeiro a março; 2 - abril a junho; 3 - julho a setembro; 4 - outubro a dezembro).

A conexão genética entre grupos contemporâneos (GC) foi verificada utilizando o programa AMC (Roso et al., 2006). A conexão foi avaliada baseando-se nas ligações genéticas diretas totais entre GC devido ao número de descendentes em comum de varrões e/ou matrizes. Um mínimo de dez ligações genéticas diretas foram requeridas para incluir um GC no conjunto de GC conectados. No total, 71 GC e 2787 animais foram incluídos nas análises de conexão.

Foram estudadas as seguintes características de leitegada: número de leitões nascidos vivos (NV), peso médio dos leitões dentro de leitegada ao nascer (PMLN); desvio padrão do peso dos leitões dentro de leitegada ao nascer (DPN); coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de leitegada ao nascer (CVN); número de leitões desmamados (ND); peso médio dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias (PML21); desvio padrão do peso dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias (DP21); e coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias (CV21).

Para as características avaliadas ao desmame, os pesos foram previamente ajustados aos 21 dias da seguinte forma:

$$P21 = \{[(PD - PN)/IDD] \times 21\} + PN$$

em que:  $P21$  é o peso ajustado aos 21 dias de idade;  $PD$  é o peso do leitão ao desmame;  $PN$  é o peso do leitão ao nascimento; e  $IDD$  é a idade do leitão ao desmame.

Para as características de variabilidade da leitegada (DPN, DP21, CVN e CV21), foram considerados os desvios padrão e os coeficientes de variação do peso dos leitões ao nascimento ou aos 21 dias dentro de cada leitegada. O coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de leitegada

ao nascimento e aos 21 dias (CVN e CV21), expresso em porcentagem (%), foi calculado da seguinte forma:

$$CVN(\%) = [(DPN/PMLN) \times 100];$$

$$CV21(\%) = [(DP21/PML21) \times 100]$$

em que: *CVN* e *CV21* são os coeficientes de variação do peso dos leitões dentro de leitegada ao nascimento e aos 21 dias; *DPN* e *DP21* são os desvios padrão do peso dos leitões dentro de leitegada ao nascer e aos 21 dias; *PMLN* e *PML21* são os pesos médios dos leitões dentro de leitegada ao nascer e aos 21 dias.

Os parâmetros genéticos foram estimados empregando-se o software AsReml 4.0 (GILMOUR et al., 2014) licenciado para UFV (SN=402072200), em análises multicaracterísticas ao nascer (NV, PMLN, DPN e CVN) ou 21 dias (ND, PML21, DP21, CV21).

As análises foram realizadas utilizando-se o seguinte modelo multicaracterístico:  $y = X\beta + Z_1a + Z_2s + Z_3p + \varepsilon$ ; em que  $y$  é o vetor de observações;  $\beta$  é o vetor dos efeitos fixos (grupo de contemporâneos formado pelo rebanho, ano e estação de nascimento) e efeitos linear e quadrático da covariável ordem de parto;  $a$  é o vetor dos efeitos genéticos aditivos diretos;  $s$  é o vetor de efeitos genéticos paternos;  $p$  é o vetor de efeitos de ambiente permanente;  $X$  é a matriz de incidência dos efeitos fixos e covariáveis;  $\varepsilon$  é o vetor de efeitos residuais aleatórios;  $X$ ,  $Z_1$ ,  $Z_2$  e  $Z_3$  são as matrizes de incidência dos efeitos fixos, genéticos aditivos diretos, genéticos paternos e de ambiente permanente, respectivamente.

Assumiu-se que  $a \sim N(0, A \otimes G)$ ,  $s \sim N(0, A \otimes S)$ ,  $p \sim N(0, I \otimes P)$  e  $e \sim N(0, I \otimes R)$ , em que  $\otimes$  é o operador produto direto;  $G$ ,  $S$ ,  $P$  e  $R$  representam as matrizes (4x4) de covariâncias para os efeitos genéticos aditivos, de ambiente permanente e residuais, respectivamente;  $A$  é a matriz do numerador dos coeficientes de parentesco e  $I$  é a matriz identidade.

As herdabilidades para o efeito genético aditivo direto ( $h_{a_i}^2$ ) foram obtidas da seguinte forma:

$$h_{a_i}^2 = \hat{\sigma}_{a_i}^2 / (\hat{\sigma}_{a_i}^2 + \hat{\sigma}_{s_i}^2 + \hat{\sigma}_{p_i}^2 + \hat{\sigma}_{\varepsilon_i}^2);$$

em que:  $\hat{\sigma}_{a_i}^2$ ,  $\hat{\sigma}_{s_i}^2$ ,  $\hat{\sigma}_{p_i}^2$  e  $\hat{\sigma}_{\varepsilon_i}^2$  são os estimadores das variâncias genéticas aditivas diretas, paternas, de ambiente permanente e residuais, respectivamente.

As correlações genéticas ( $r_g$ ) foram obtidas por:

$$r_g = \frac{\hat{\sigma}_{a_i a_j}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{a_i}^2 \hat{\sigma}_{a_j}^2}}$$

em que:  $\hat{\sigma}_{a_i a_j}$  é o estimador de covariância genética aditiva entre a  $i$ -ésima e  $j$ -ésima característica;  $\hat{\sigma}_{a_i}^2$  e  $\hat{\sigma}_{a_j}^2$  são os estimadores da variância genética aditiva para as  $i$ -ésima e  $j$ -ésima características, respectivamente.

As magnitudes das correlações foram verificadas de acordo com a classificação proposta por Carvalho et al. (2004), sendo as correlações baixas aquelas inferiores a 0,3; moderadas entre 0,3 e 0,6; e elevadas aquelas superiores a 0,60.

As tendências genéticas foram obtidas por meio da regressão linear das médias dos valores genéticos preditos dos animais, incluindo machos e fêmeas, em relação ao ano de nascimento, ponderadas pelo número de observações.

## Resultados e Discussão

A análise realizada para verificar o grau de conexão entre os grupos de contemporâneos demonstrou 100% de conexão, ou seja, não foram encontrados grupos de contemporâneos ou animais desconectados.

O número de observações, os valores mínimos, máximos e as médias seguidas dos desvios-padrão para cada característica avaliada estão apresentados na Tabela 1. As estimativas de variâncias e covariâncias genéticas aditivas, de ambiente permanente, residuais e fenotípicas para as características da leitegada ao nascimento e aos 21 dias encontram-se respectivamente nos Apêndices A e B.

As médias de tamanho de leitegada ao nascer (NV) e aos 21 dias (ND), foram respectivamente iguais a 12,48 e 11,38 leitões e situaram-se próximas às médias nacionais (ABCS, 2014) e aos valores observados por Anrain et

al. (2015), que estudaram 2.432 leitegadas Landrace nascidas entre 2006 e 2010. No entanto, Sell-Kubiak et al. (2015a) e Varona et al. (2007) verificaram tamanhos de leitegadas superiores em linhas hiperprolíficas da raça Landrace, respectivamente iguais a 14,10 a 14,23 leitões nascidos vivos.

**Tabela 1.** Estatística descritiva dos dados: número de observações (n), valor mínimo, máximo e médias seguidas do desvio padrão obtidas em cada característica estudada

Variável (unidade)	Mínimo	Máximo	Média±DP
NV (leitões)	5,000	20,000	12,480±3,240
PMLN (kg)	0,700	2,490	1,480±0,234
DPN (kg)	0,010	0,630	0,265±0,0869
CVN (%)	0,700	48,730	18,380±6,579
ND (leitões)	5,000	20,000	11,380±3,069
PML21 (kg)	3,510	9,860	6,142±0,756
DP21 (kg)	0,010	2,200	0,580±0,456
CV21 (%)	0,0700	36,470	9,521±7,502

NV - número de leitões nascidos vivos; PMLN - peso médio dos leitões dentro de leitegada ao nascer; DPN - desvio padrão do peso dos leitões dentro de leitegada ao nascer; CVN - coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de leitegada ao nascer; ND - número de leitões desmamados; PML21 - peso médio dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias; DP21 - desvio padrão do peso dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias; CV21 - coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias (CV21).

Os valores obtidos para PMLN, DPN e CVN foram semelhantes aos observados por Marandu et al. (2015), que encontraram valores respectivamente iguais a 1,5 kg, 0,2 kg e 16,7% em dados de 29.127 leitões das raças Landrace e Large White. A redução significativa do coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de leitegada, de 18,380±6,579 para 9,521±7,502, ocorreu provavelmente como consequência do efeito de equalização de leitegada. O número de leitegadas analisadas de acordo com

seu tamanho ao nascimento, desmame e ordem de parto da matriz encontra-se na Tabela 2.

**Tabela 2.** Número de leitegadas de acordo com a ordem de parto da matriz (OP) e com o tamanho da leitegada (TL) ao nascimento ou desmame

OP	NLN	TL	NLN	NLD
1	891	≤8	340	515
2	681	9-10	390	543
3	481	11-12	658	748
4	319	13-14	659	569
5	204	15-16	453	269
≥6	211	≥17	287	143

NLN - número de leitegadas ao nascimento; NLD - número de leitegadas ao desmame; OP - ordem de parto da matriz; TL - tamanho da leitegada.

Quase 80% dos dados situaram-se entre 9 e 16 leitões ao nascimento ou desmame, e a amplitude considerada no presente estudo variou entre 5 a 20 leitões ao nascimento ou desmame. Sell-Kubiak et al. (2015a) analisaram dados de 2.129 leitegadas Landrace para avaliação genética da uniformidade em leitões, e utilizaram leitegadas com tamanhos superiores a 5 leitões nascidos totais, tendo-se como média geral de  $14,1 \pm 2,8$  leitões nascidos vivos para a mesma raça.

As estimativas de herdabilidades, correlações genéticas e fenotípicas para características da leitegada ao nascimento encontram-se na Tabela 3. As estimativas de herdabilidade para NV, PMLN, DPN e CVN situaram próximas aos valores encontrados na literatura. Estany e Sorensen (1995) e Pires et al. (2000) utilizaram modelos que incluíram os efeitos genéticos direto e materno e comum de leitegada, estimando as variâncias e covariâncias genéticas e fenotípicas pelo Método da Máxima Verossimilhança Restrita (REML), e verificaram que as herdabilidades para tamanho de leitegada em suínos da raça Landrace variaram de 0,11 a 0,15.

**Tabela 3.** Estimativas de herdabilidade (diagonal) e correlações genéticas (abaixo da diagonal) e fenotípicas (acima da diagonal), obtidas em modelos multicaracterístico para características da leitegada ao nascer

Característica	NV	PMLN	DPN	CVN
NV	<b>0,0898±0,0446</b>	-0,3505±0,0303	0,0925±0,0322	0,2357±0,0308
PMLN	-0,7290±0,1975	<b>0,3079±0,0787</b>	-0,0449±0,0341	-0,4678±0,0266
DPN	-0,0219±0,9562	-0,0869±0,7463	<b>0,0115±0,0407</b>	0,8886±0,0075
CVN	0,6400±0,3409	-0,9267±0,2147	0,4464±0,6571	<b>0,0692±0,0458</b>

NV - número de leitões nascidos vivos; PMLN - peso médio dos leitões dentro de leitegada ao nascer; DPN - desvio padrão do peso dos leitões dentro de leitegada ao nascer; CVN - coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de leitegada ao nascer.

Lázaro et al. (2015) compararam modelos com diferentes graus polinomiais e estruturas de homogeneidade e heterogenetidade de variância residual e obtiveram herdabilidades variando de 0,04 até 0,29 para número de leitões nascidos vivos na raça Landrace. A herdabilidade para tamanho de leitegada foi de 0,08 de acordo com Varona et al. (2007), os quais utilizaram modelos recursivos durante a análise de 5.178 leitegadas Landrace.

Varona et al. (2007) observaram herdabilidade para PMLN igual a 0,24, no entanto, Fix (2010), Roehe (1999) e Kaufmann et al. (2000), encontraram valores inferiores a 0,10 em suínos da raça Landrace e Large White. Roehe et al. (2009), utilizaram métodos bayesianos na análise individual de 21.835 leitões cruzados Landrace em condições experimentais e obtiveram herdabilidade de 0,36 para peso dos leitões ao nascimento. Uma das justificativas dos resultados obtidos por esses autores deve-se ao fato das populações utilizadas terem sido selecionadas para características de interesse altamente correlacionadas, o que pode ter levado a uma maior variação dos efeitos genéticos aditivos, em consequência dos cruzamentos realizados.

De acordo com Hermes et al. (2001), o PMLN deve ser considerado em programas de melhoramento de suínos para evitar o aumento adicional das taxas de mortalidade em decorrência do aumento do tamanho da leitegada (HERMESCH, 2001). Vários trabalhos foram realizados visando o

aumento das taxas de sobrevivência em suínos, no entanto, esta característica possui baixa herdabilidade (VAN ARENDONK et al., 1996; KNOL et al., 2002), e tem correlação genética negativa com o número total de leitões nascidos (SU et al., 2007).

As herdabilidades observadas para DPN e CVN foram baixas e inferiores aos resultados obtidos por Hermes et al. (2001), que encontraram herdabilidades para DPN e CVN respectivamente iguais a 0,15 e 0,11 em rebanhos comerciais de suínos. Canario et al. (2010) analisaram populações norueguesas da raça Landrace e verificaram uma herdabilidade de 0,10 para DPN. No entanto, o CNV ( $0,0692 \pm 0,0458$ ) proporcionou maiores herdabilidades quando comparada ao DPN ( $0,0115 \pm 0,0407$ ), além disso, as estimativas para DPN estiveram associadas a elevados erros padrão. Baixas herdabilidades (0,03) também foram encontradas por Hermes et al. (2001), os quais consideraram o número de nascidos totais em linhagens comerciais de suínos.

Na revisão teórica de Yuan et al. (2015) sobre o impacto nutricional da porca sobre a variação do peso dentro de leitegada, esses autores consideram que as influências genéticas sobre a homogeneidade da leitegada em suínos podem ser verificadas pelas correlações genéticas entre as características analisadas.

As correlações genéticas e fenotípicas entre NV e PMLN foram negativas ( $-0,7290 \pm 0,1975$  e  $-0,3505 \pm 0,0303$ ) e entre NV e CVN, positivas ( $0,6400 \pm 0,3409$  e  $0,2357 \pm 0,0308$ ), ou seja, indesejável em ambos os casos, pois a seleção para aumento no tamanho de leitegada ao nascimento terá como resposta correlacionada a redução no peso médio dos leitões ao nascer e conseqüentemente menor uniformidade no peso dos leitões dentro de leitegada, resultados que corroboraram com os obtidos por Wolf et al. (2008) em linhagens hiperprolíficas da raça Large White.

As correlações genéticas e fenotípicas entre NV e DPN foram baixas e, respectivamente, iguais a  $-0,0219 \pm 0,9562$  e  $0,0925 \pm 0,0322$ , indicando pouca influência sobre o desvio padrão do peso dos leitões quando se pratica a seleção para hiperprolificidade, no entanto, as estimativas de correlação genética entre NV e DPN estiveram associadas a elevados erros padrão.

Dentre as várias medidas de dispersão utilizadas para descrever a variabilidade em dados de leitegada de suínos, o coeficiente de variação (CV) e o desvio padrão (DP) têm sido as mais empregadas. O desvio padrão do peso dos leitões ao nascer (DPN) foi utilizado por Damgaard et al (2003), Canario et al. (2010), Banville et al. (2015), Sell-Kubiak et al. (2015b) e Wang et al. (2016), enquanto outros estudos utilizaram o coeficiente de variação do peso dos leitões ao nascer (ZINDOVE et al., 2014; MILLIGAN et al., 2002b; QUINIOU et al, 2002). Entretanto, alguns autores analisaram as duas medidas (HERMESCH et al., 2001; DAMGAARD et al., 2003; WOLF et al., 2008). Além dessas características, Wolf et al. (2008) obtiveram estimativas de herdabilidade de 0,16 para o peso médio dos leitões, 0,03 para o desvio padrão e 0,05 para coeficiente de variação.

Quando o interesse for obter ganhos simultâneos com tamanho e uniformidade de leitegada, sugere-se que as medidas de variação CVN e DPN não sejam utilizadas simultaneamente em um índice de seleção, além disso, que o DPN seja utilizado simultaneamente com o peso médio dos leitões, uma vez que é possível obter leitegadas uniformes e com baixo peso médio dos leitões ao nascer, o que é indesejável. O mesmo não ocorre na seleção para CVN, tendo em vista a correlação elevada e negativa desta variável com o PMLN ( $-0,9267 \pm 0,2147$ ).

As estimativas de herdabilidade e correlações genéticas e fenotípicas para as características da leitegada ao desmame encontram-se na Tabela 4. As herdabilidades para as características aos 21 dias foram inferiores às estimativas obtidas ao nascimento e aos valores reportados na literatura (DAMGAARD et al., 2003; WOLF et al., 2008; BANVILLE et al., 2015), no entanto, não foram encontradas herdabilidades para CV21.

No entanto, as correlações entre ND e as demais características estudadas se mostraram desfavoráveis, ou seja, o aumento do número de leitões desmamados esteve associado a uma redução do peso médio dos leitões aos 21 dias e aumento da variabilidade dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias de idade. Neste contexto, a seleção para ND deve levar em consideração as perdas com a redução do PML21 e aumento da variabilidade da leitegada aos 21 dias. Tendo em vista as altas e positivas correlações genéticas e fenotípicas entre DP21 e CV21 ( $0,8503 \pm 0,3907$  e

0,9574±0,0027), não se recomenda utilizar essas características simultaneamente em um índice de seleção.

**Tabela 4.** Estimativas de herdabilidade (diagonal), correlações genéticas (abaixo da diagonal) e fenotípicas (acima da diagonal) obtidas em modelos multicaracterístico para características da leitegada aos 21 dias

Característica	ND	PML21	DP21	CV21
ND	<b>0,0605±0,0400</b>	-0,1034±0,0327	0,1089±0,0319	0,1239±0,0318
PML21	-0,8507±0,4537	<b>0,1045±0,0570</b>	-0,0023±0,0329	-0,2161±0,0313
DP21	0,4579±1,3932	-0,5462±1,8454	<b>0,0078±0,0354</b>	0,9574±0,0027
CV21	0,7547±0,9366	-0,8714±1,0178	0,8503±0,3907	<b>0,0174±0,0352</b>

ND - número de leitões desmamados; PML21 - peso médio dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias; DP21 - desvio padrão do peso dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias; CV21 - coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias (CV21).

Zindove et al. (2013) verificaram que o coeficiente de variação do peso dos leitões ao nascer (CVN) não influenciou fenotipicamente a mesma característica aos 21 dias (CV21), no entanto, outros autores consideram o CVN um forte preditor de CV21 (MILLIGAN et al., 2002a). Wolf et al. (2008) estimaram parâmetros genéticos a partir de modelos múlticaracterísticos considerando o tipo de acasalamento, ordem de parto, efeito linear e quadrático da idade ao primeiro parto ou do intervalo entre partos, além do efeito de contemporâneos e genético aditivo de matrizes da raça Large White, e encontraram uma correlação genética alta (0,94) entre o peso mínimo ao nascer com peso médio ao desmame.

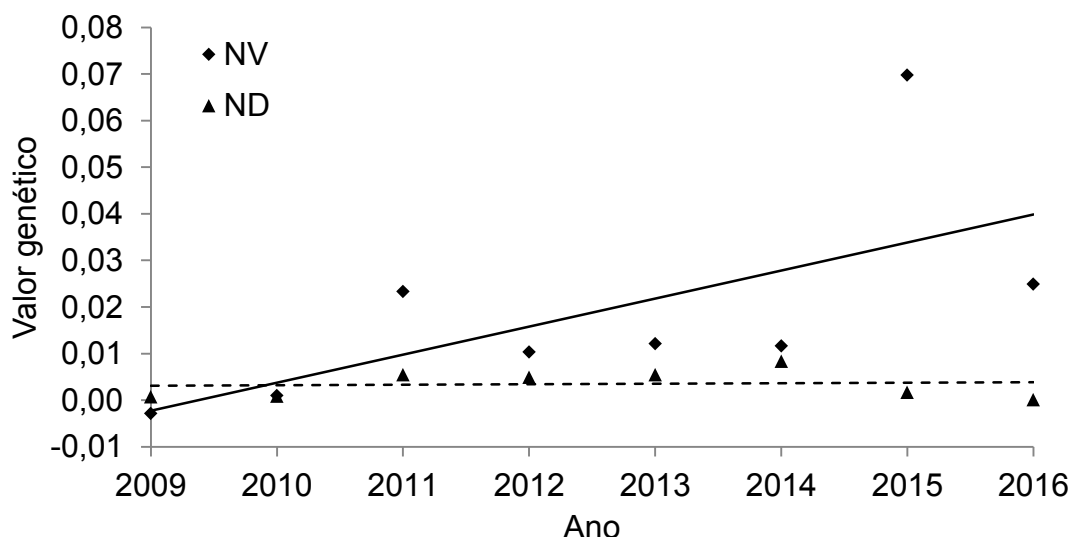
Canario et al. (2010) utilizaram modelos multicaracterísticos para avaliar combinações do PMLN, PML21, DPN e DP21 e verificaram que a seleção com base em um índice contendo os componentes diretos e maternos do peso dos leitões ao desmame e o desvio padrão do peso dos leitões ao nascimento é a melhor estratégia, resultando em um aumento do crescimento do leitão sem aumentar a heterogeneidade dentro de leitegada desenvolvida durante a lactação. Esses autores concluíram que uma alternativa mais simples seria selecionar para aumento do peso médio dos leitões ao nascer, obtendo uma resposta correlacionada sobre o peso aos 21

dias, sem grande piora na uniformidade, no entanto, não recomendaram a seleção apenas para o aumento peso dos leitões aos 21 dias.

Ao considerar as baixas herdabilidades obtidas para as características analisadas aos 21 dias, além dos altos erros padrão associados às estimativas, recomenda-se que a seleção visando hiperprolificidade e uniformidade de leitegada seja praticada sobre as características da leitegada ao nascer, uma vez que a seleção para uniformidade neonatal é um importante preditor da homogeneidade da leitegada ao desmame (DAMGAARD et al., 2003) e a mortalidade pré-desmame (MILLIGAN et al., 2002a).

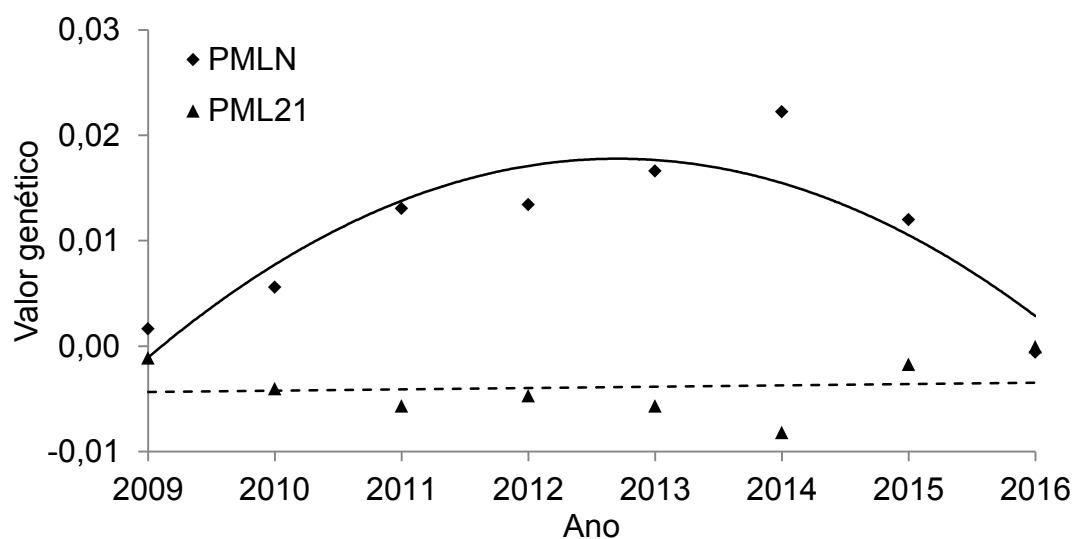
A análise de tendência genética constitui-se uma ferramenta útil na avaliação da mudança genética ocorrida ao longo dos anos (SANTANA JÚNIOR et al., 2010), sendo essencial para verificar a necessidade de ajustes nos programas de melhoramento (EUCLIDES FILHO et al., 1997).

As tendências genéticas observadas entre 2009 e 2016 para as características NV e ND, PMLN e PML21, DPN e DP21, CVN e CV21 estão ilustradas graficamente nas Figuras 1, 2, 3 e 4, respectivamente.



**Figura 1.** Tendências genéticas para número de leitões nascidos vivos (NV:  $y=-12,082+0,006x$ ) e para número de leitões desmamados (ND:  $y=-0,2174+0,0001x$ ) em suínos da raça Landrace.

Apesar das baixas estimativas de herdabilidades para NV, a tendência genética para NV foi positiva, com ganhos genéticos anuais de 0,006 leitões por ano sobre o NV, inferiores ao observado por Chen et al. (2003), os quais analisaram várias raças e verificaram ganhos genéticos de 0,018 leitões por ano. Pires et al. (2000) verificaram entre 1993 e 1996 em suínos Landrace, ganhos superiores para NV (0,0509 leitões), no entanto, os ganhos genéticos anuais para tamanho da leitegada ao desmame obtidos por esses autores foi de apenas 0,0084.

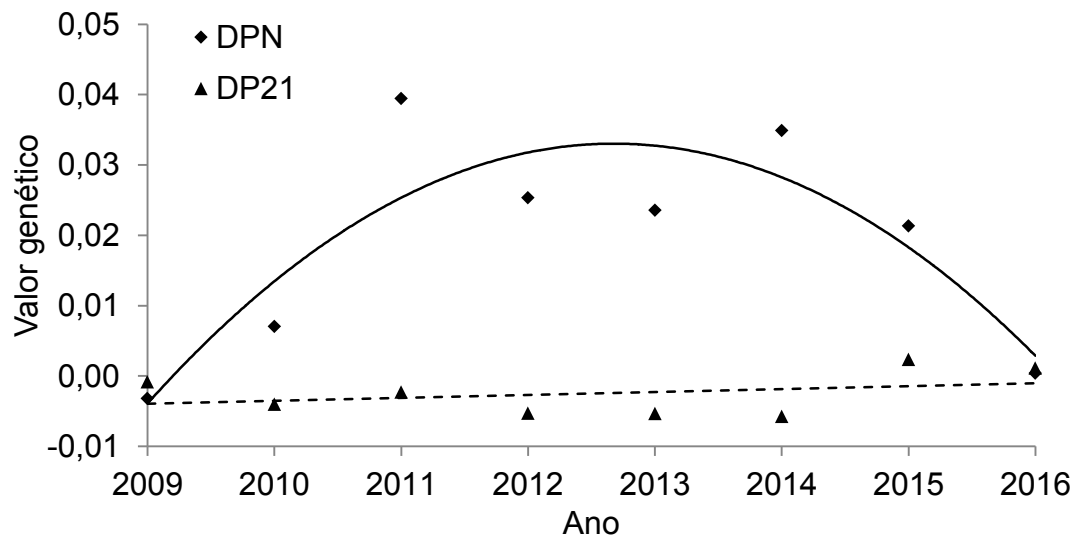


**Figura 2.** Tendências genéticas para peso médio dos leitões dentro de leitegada ao nascer (PMLN:  $y = -5570,1 + 5,535x - 0,0014x^2$ ; ponto de máximo: 2012,7) e para o peso médio dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias (PML21:  $y = -0,2568 + 0,0001x$ ) em suínos da raça Landrace.

O aumento do número de leitões nascidos vivos esteve acompanhado com o aumento no PMLN e DPN até atingir o ponto de máximo em 2012,7, reduzindo significativamente nos últimos anos, não ocorrendo o mesmo com PML21, que permaneceu praticamente inalterado ao longo dos anos (0,0001 leitões por ano). Estes resultados diferiram de Chen et al. (2003), que verificaram ganhos genéticos de 0,004 leitões por leitegada ao desmame anualmente. O aumento do NV aumenta a variabilidade do peso ao nascer e faz com que muitos produtores pratiquem a equalização de leitegadas, que consiste na uniformização do peso e número de leitões de acordo com a capacidade da matriz, o que pode justificar o ganho genético para PML21

praticamente inalterado ao longo dos anos (0,0001 leitões por ano). Por outro lado, o efeito quadrático observado para PMLN demonstra que a seleção praticada sobre hiperprolificidade não foram acompanhadas com ganhos em capacidade uterina, eficiência placentária, entre outros fatores que influenciam sobre o peso médio dos leitões dentro de leitegada.

Pires et al. (2000) e Chen et al. (2003) verificaram ganhos anuais positivos para peso da leitegada ao nascer e aos 21 dias na raça Landrace (0,0232 e 0,1118 kg).

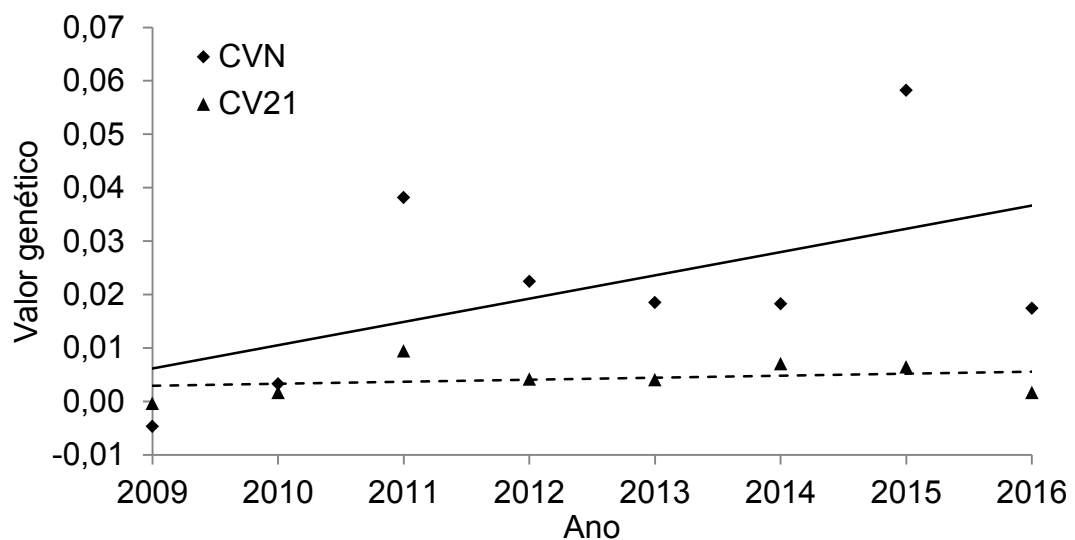


**Figura 3.** Tendências genéticas para desvio padrão do peso dos leitões dentro de leitegada ao nascer (DPN:  $y=-11064+10,994x-0,0027x^2$ ; ponto de máximo: 2012,7) e para o desvio padrão do peso dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias (DP21:  $y=-0,8362+0,0004x$ ) em suínos da raça Landrace.

As tendências genéticas lineares para NV e CVN (Figura 4), corroboram com os resultados obtidos por Wolf et al. (2008), que observaram piora na uniformidade dos leitões de acordo com o aumento do tamanho da leitegada ao nascer. Porém, as tendências genéticas quadráticas para DPN e PMLN ao longo dos anos (Figuras 2 e 3), seguidas pelas tendências genéticas lineares do NV (Figura 1), presumem que exista um tamanho ótimo intermediário quanto ao NV que proporcione máximos PMLN, embora também esteja associada a maiores DPN.

O peso individual ao nascer e a diferença em relação ao peso médio da leitegada são considerados os fatores mais importantes para a sobrevivência dos leitões até o desmame (ROEHE e KALM 2000; KNOL et al., 2002; LEENHOUWERS et al. 2003; CANARIO et al. 2010). Para Zaleski e Hacker (1993), leitegadas contendo 9 leitões ao nascimento proporcionaram menor natimortalidade, já no trabalho realizado por Canario et al. (2006), leitegadas contendo 12 leitões obtiveram os menores percentuais de nascidos mortos.

A seleção para aumento de leitegada resulta em maior número de leitões com baixo peso ao nascer, devendo-se levar em consideração o aumento das taxas de sobrevivência desses leitões (MILLIGAN et al., 2002a). Existem vários fatores que aumentam o risco de mortalidade, dentre eles está a variabilidade dentro de leitegada e o desvio padrão do peso dos leitões (MARANDU et al., 2015). De acordo com Zindove et al. (2014), a seleção para tamanho de leitegada deve ser acompanhada pela redução do CVN, sendo esta considerada como a melhor medida da variabilidade do peso da leitões ao nascer (MILLIGAN et al. 2002b; DAMGAARD et al. 2003; QUESNEL et al. 2008).



**Figura 4.** Tendências genéticas para coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de leitegada ao nascer (CVN:  $y=-8,7368+0,0044x$ ) e para o coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias (CV21:  $y=-0,7453+0,0004x$ ) em suínos da raça Landrace.

A variação do peso ao nascer dentro da leitegada não tem recebido muita atenção pelas empresas quanto ao seu impacto econômico (WOLF et al., 2008; ZINDOVE et al., 2014), o que ficou evidenciado pelos baixos progressos genéticos observados nos últimos anos para características da uniformidade da leitegada ao nascer e aos 21 dias (Figuras 1 a 4).

As causas da variação do peso dos leitões ao nascer são complexas e incluem diferenças raciais que afetam o espaço uterino, taxa de ovulação, grau de maturação dos ovócitos, tempo necessário para a ovulação, intervalo entre a ovulação e a fertilização, capacidade uterina para a implantação e placentação, densidade vascular, posicionamento no corno uterino, tamanho e eficiência uteroplacentária no transporte de nutrientes, atividades de vias metabólicas fetais, interação entre os sistemas intrauterino e materno, angiogênese uterina e placentária, estado nutricional da porca e maturidade materna, além de influências ambientais sobre a gestação, entre outros efeitos genéticos e epigenéticos (WU et al., 2006; YUAN et al., 2015).

O desenvolvimento de estratégias que reduzam a variabilidade dentro de leitegada ao nascer ou outras características negativamente relacionadas com a sobrevivência dos leitões é essencial para a viabilidade da suinocultura (YUAN, 2015). As tendências genéticas desfavoráveis para PMLN e CVN revelam a necessidade em se repensar os objetivos do melhoramento, com vistas a avaliar as consequências do aumento do tamanho da leitegada.

### **Conclusões**

As estimativas de parâmetros genéticos estão associadas a menores erros padrão para características da leitegada ao nascimento quando comparadas ao desmame. O coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de leitegada parece ser uma medida mais apropriada para utilização em programas de melhoramento, principalmente quando avaliada ao nascimento, tendo em vista as maiores estimativas de herdabilidade.

As tendências genéticas demonstraram que o aumento do número de leitões desmamados não acompanhou o aumento do número de leitões

nascidos vivos, ressaltando a necessidade de rever os objetivos do melhoramento, sobretudo avaliar as perdas econômicas em função da redução do peso médio dos leitões dentro de leitegada e do aumento do seu coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de leitegada.

### **Agradecimentos**

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro e à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Suínos e Aves) pela disponibilização do Banco de Dados utilizados no presente estudo e pelo suporte durante a sua edição.

## Referências Bibliográficas

- ABCS. **Relatório do serviço de registro genealógico de suínos**. Disponível em: <[http://abcs.org.br/attachments/182\\_RELABCS2014.pdf](http://abcs.org.br/attachments/182_RELABCS2014.pdf)>, acessado em 16/11/16, 2014.
- ANRAIN, M.; BERGMANN, J. A. G.; IRGANG, R.; VALENTE, B. D. Genetic parameters for prolificacy in Landrace and Large White breeds. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 67(3), 846-854, 2015.
- BANVILLE, M.; RIQUET, J.; BAHON, D.; SOURDIOUX, M.; CANARIO, L. Genetic parameters for litter size, piglet growth and sow's early growth and body composition in the Chinese–European line Tai Zumu. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, 132(4), 328-337, 2015.
- CANARIO, L.; CANTONI, E.; LE BIHAN, E.; CARITEZ, J. C.; BILLON, Y.; BIDANEL, J. P.; FOULLEY, J. L. Between-breed variability of stillbirth and its relationship with sow and piglet characteristics. **Journal of Animal Science**, 84, 3185–3196. 2006.
- CANARIO, L.; LUNDGREN, H.; HAANDLYKKEN, M.; RYDHMER, L. Genetics of growth in piglets and the association with homogeneity of body weight within litters. **Journal of Animal Science**, 88(4), 1240-1247, 2010.
- CARVALHO, F.I.F. DE; LORENCETTI, C.; BENIN, G. Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal. **Pelotas: Ed. Universitária da UFPel**, 142 p. 2004.
- CHEN, P.; BAAS, T. J.; MABRY, J. W.; KOEHLER, K. J.; DEKKERS, J. C. M. Genetic parameters and trends for litter traits in US Yorkshire, Duroc, Hampshire, and Landrace pigs. **Journal of Animal Science**, 81(1), 46-53, 2003.
- DAMGAARD, L. H.; RYDHMER, L.; LØVENDAHL, 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**, 81(3), 604-610, 2003.

DEEN, J. Disease and slow growth and mortality in pigs. **Pigletter**, 22(4), 23, 2002.

ESTANY, J. and SORENSSEN, D. Estimation of genetic parameters for litter size in Danish Landrace and Yorkshire pigs. **Journal of Animal Science**, 60(02), 315-324, 1995.

EUCLIDES FILHO, K.; SILVA, L. O. C.; ALVES, R. G. O.; NOBRE, P. R. C. Tendências genéticas na raça Indubrasil. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, **Anais**, 34, 171, 1997.

FIX, J. S. **Relationship of Piglet Birth Weight with Growth, Efficiency, Composition, and Mortality**. Thesis. North Carolina State University. Raleigh, North Carolina, 162p, 2010.

GILMOUR, A. R.; GOGEL, B. J.; CULLIS, B. R.; THOMPSON, R.; BUTLER, D. **ASReml user guide release 3.0**. VSN International Ltd, Hemel Hempstead, UK, 2014.

HERMESCH, S.; LUXFORD, B. G.; GRASER, H. U. Genetic parameters for piglet mortality, within litter variation of birth weight, litter size and litter birth weight. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, 14, 211-214, 2001.

KAUFMANN, D.; HOFER, A.; BIDANEL, J. P.; KÜNZI, N. Genetic parameters for individual birth and weaning weight and for litter size of Large White pigs. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, 117(3), 121-128, 2000.

KNOL, E. F.; LEENHOUWERS, J. I.; VAN DER LENDE, T. Genetic aspects of piglet survival. **Livestock Production Science**, 78(1), 47-55, 2002.

LÁZARO, S. F.; FELIPE, V. P. S.; GONÇALVES, T. L.; PASSAFARO, M. A.; SILVA, M. A. Avaliação genética do tamanho de leitegada em suínos das raças Landrace e Large White. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, n.1, p.274-282, 2015.

LEENHOUWERS, J. I.; WISSINK, P.; VAN DER LENDE, T.; PARIDAANS, H.; Knol, E. F. Stillbirth in the pig in relation to genetic merit for farrowing survival. **Journal of Animal Science**, 81, 2419–2424. 2003.

MARANDU, N.; HALIMANI, T. E.; CHIMONYO, M.; SHONIWA, A.; MUTIBVU, T. Effect of within-litter birth weight variation on piglet survival and pre-weaning weight gain in a commercial herd. **Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics**, 116(2), 123-129, 2015.

MILLIGAN, B. N.; DEWEY, C. E.; DE GRAU, A. F. Neonatal-piglet weight variation and its relation to pre-weaning mortality and weight gain on commercial farms. **Preventive Veterinary Medicine**, 56(2), 119-127, 2002a.

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**, 76(1), 181-191, 2002b.

PIRES, A. V.; LOPES, P. S.; TORRES, R. A.; EUCLYDES, R. F.; COSTA, A. R. C. Estimação de parâmetros genéticos de características reprodutivas em suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 29(6), 1698-1705, 2000.

QUESNEL, H.; BROSSARD, L.; VALANCOGNE, A.; QUINIOU, N. Influence of some sow characteristics on within-litter variation of piglet birth weight. **Animal**, 2:12, pp 1842–1849, 2008.

QUINIOU, N.; DAGORN, J.; GAUDRÉ, D. Variation of piglets' birth weight and consequences on subsequent performance. **Livestock Production Science**, 78(1), 63-70, 2002.

ROEHE, R. Genetic determination of individual birth weight and its association with sow productivity traits using Bayesian analyses. **Journal of Animal Science**, 77(2), 330-343, 1999.

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

ROEHE, R.; SHRESTHA, N. P.; MEKKAWY, W.; BAXTER, E. M.; KNAP, P. W.; SMURTHWAITE, K. M.; EDWARDS, S. A. Genetic parameters of piglet survival and birth weight from a two-generation crossbreeding experiment under outdoor conditions designed to disentangle direct and maternal effects. **Journal of Animal Science**, 88(4), 1276-1285, 2010.

ROSO, V.M.; SCHENKEL, F.S. AMC \_ A computer program to assess the degree of connectedness among contemporary groups. In: World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Belo Horizonte, MG, Brasil. Proceedings, 8, 27-26, 2006.

SANTANA JÚNIOR, M. L.; LOPES, P. S.; VERNEQUE, R. S.; PEREIRA, R. J.; LAGROTTA, M. R.; PEIXOTO, M. G. C. D. Parâmetros genéticos de características reprodutivas de touros e vacas Gir leiteiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 39(8), 1717-1722, 2010.

SELL-KUBIAK, E.; BIJMA, P.; KNOL, E. F.; MULDER, H. A. Genetic analysis of birth weight uniformity in pigs: comparison of methods. 10th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, **Anais**, 2014.

SELL-KUBIAK, E.; BIJMA, P.; KNOL, E. F.; MULDER, H. A. Comparison of methods to study uniformity of traits: application to birth weight in pigs. **Journal of Animal Science**, 93(3), 900-911, 2015a.

SELL-KUBIAK, E.; WANG, S.; KNOL, E. F.; MULDER, H. A. Genetic analysis of within-litter variation in piglets' birth weight using genomic or pedigree relationship matrices. **Journal of Animal Science**, 93(4), 1471-1480, 2015b.

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**, 85(6), 1385-1392, 2007.

TORRES FILHO, R. A.; TORRES, R. A.; LOPES, P. S.; PEREIRA, C. S.; EUCLYDES, R. F.; ARAÚJO, C. V.; BREDA, F. C. Estimativas de parâmetros genéticos para características reprodutivas de suínos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, vol.57(5), 2005.

VAN ARENDONK, J. A.; VAN ROSMEULEN, C.; JANSSE, L. L.; KNOL, E. F. Estimation of direct and maternal genetic (co) variances for survival within litters of piglets. **Livestock Production Science**, 46(3), 163-171, 1996.

VARONA, L.; SORENSEN, D.; THOMPSON, R. Analysis of litter size and average litter weight in pigs using a recursive model. **Genetics**, 177(3), 1791-1799, 2007.

WANG, X.; LIU, X.; DENG, D.; YU, M.; LI, X. Genetic determinants of pig birth weight variability. **BMC Genetics**, 17(1), S15, 2016.

WOLF, J.; ŽÁKOVÁ, E.; GROENEVELD, E. Within-litter variation of birth weight in hyperprolific Czech Large White sows and its relation to litter size traits, stillborn piglets and losses until weaning. **Livestock Science**, 115(2), 195-205, 2008.

WU, G.; BAZER, F. W.; WALLACE, J. M.; SPENCER, T. E. Board-invited review: intrauterine growth retardation: implications for the animal sciences. **Journal of Animal Science**, 84(9), 2316-2337, 2006.

YUAN, T. L.; ZHU, Y. H.; SHI, M.; LI, T. T.; LI, N.; WU, G. Y.; WANG, J. J. Within-litter variation in birth weight: impact of nutritional status in the sow. **Journal of Zhejiang University Science**, 16(6), 417-435, 2015.

ZALESKI, H. M.; HACKER, R. R. Effect of oxygen and neostigmine on stillbirth and pig viability. **Journal of Animal Science**, 7, 298-305, 1993.

ZINDOVE, T. J.; DZOMBA, E. F.; KANENGONI, A. T.; CHIMONYO, M. Effects of within-litter birth weight variation of piglets on performance at 3 weeks of age and at weaning in a Large White x Landrace sow herd. **Livestock Science**, 155(2), 348-354, 2013.

ZINDOVE, T. J.; DZOMBA, E. F.; CHIMONYO, M. Variation in individual piglet birth weights in a Large White x Landrace sow herd: short communication. **South African Journal of Animal Science**, 44(1), 80-84, 2014.

**Apêndice A.** Estimativas dos componentes de (co) variância obtidas em modelos multicaracterísticos para características da leitegada ao nascer

(Co) variâncias genéticas aditivas				
	NV	PMLN	DPN	CVN
NV	0,899100			
PMLN	-0,083550	0,014610		
DPN	-0,000179	-0,000090	0,000074	
CVN	0,995800	-0,183800	0,006304	2,693000
(Co) variâncias de ambiente permanente				
Variável	NV	PMLN	DPN	CVN
NV	0,140800			
PMLN	0,000434	0,005090		
DPN	0,000249	0,001249	0,000437	
CVN	-0,041440	0,018410	0,014370	0,843700
(Co) variâncias genéticas paternas				
Variável	NV	PMLN	DPN	CVN
NV	0,139000			
PMLN	-0,006201	0,001613		
DPN	-0,000402	0,000323	0,000092	
CVN	0,042430	0,002500	0,002302	0,125400
(Co) variâncias residuais				
Variável	NV	PMLN	DPN	CVN
NV	8,834000			
PMLN	-0,152300	0,026140		
DPN	0,023850	-0,002269	0,005855	
CVN	3,656000	-0,472700	0,422500	35,24000
(Co) variâncias fenotípicas				
	NV	PMLN	DPN	CVN
NV	10,012000			
PMLN	-0,241590	0,047451		
DPN	0,023521	-0,000786	0,006459	
CVN	4,652300	-0,635590	0,445440	38,902000

NV - número de leitões nascidos vivos; PMLN - peso médio dos leitões dentro de leitegada ao nascer; DPN - desvio padrão do peso dos leitões dentro de leitegada ao nascer; CVN - coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de leitegada ao nascer.

**Apêndice B.** Estimativas dos componentes de (co) variância obtidas em modelos multicaracterísticos para características da leitegada ao desmame

(Co) variâncias genéticas aditivas				
Variável	ND	PML21	DP21	CV21
ND	0,529800			
PML21	-0,146200	0,055740		
DP21	0,008670	-0,003355	0,000676	
CV21	0,361100	-0,135200	0,014540	0,432100
(Co) variâncias de ambiente permanente				
Variável	ND	PML21	DP21	CV21
ND	0,256900			
PML21	0,085900	0,031020		
DP21	0,032780	0,009601	0,005306	
CV21	0,411000	0,114800	0,071400	0,998700
(Co) variâncias genéticas paternas				
Variável	ND	PML21	DP21	CV21
ND	0,072090			
PML21	-0,008954	0,002772		
DP21	0,006909	-0,000996	0,001021	
CV21	0,137400	-0,021340	0,019370	0,375400
(Co) variâncias residuais				
Variável	ND	PML21	DP21	CV21
ND	7,904000			
PML21	-0,154400	0,444000		
DP21	0,046610	-0,005741	0,079820	
CV21	0,919900	-0,745600	1,302000	23,080000
(Co) variâncias fenotípicas				
Variável	ND	PML21	DP21	CV21
ND	8,762600			
PML21	-0,223630	0,533530		
DP21	0,009496	-0,000492	0,086823	
CV21	1,829300	-0,787360	1,407300	24,888000

ND - número de leitões desmamados; PML21 - peso médio dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias; DP21 - desvio padrão do peso dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias; CV21 - e coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias.

## CAPÍTULO II

### **Crêterios de sele o para características de leitegada em suínos da raça Landrace**

**Resumo:** Objetivou-se comparar índices com diferentes cr terios de sele o para o melhoramento genético do tamanho e da uniformidade de leitegada ao nascer e aos 21 dias de idade em suínos da raça Landrace. Foram realizadas análises multicaracterísticas de 2.787 leitegadas da raça Landrace, provenientes de granjas situadas no Sul do Brasil, estudando-se as seguintes características: número de leitões nascidos vivos e desmamados (NV e ND), peso médio dos leitões ao nascer e aos 21 dias (PMLN e PML21), desvio padrão e coeficiente de varia o do peso dos leitões dentro de leitegada ao nascimento e aos 21 dias de idade (DPN, DP21, CVN e CV21). Foram obtidos os seguintes índices de sele o:  $I_1 = 3,773873(NV) + 29,415334(PMLN) - 71,343539(DPN)$ ;  $I_2 = 2,929140(NV) - 1,692489(CVN)$ ;  $I_3 = 9,186016(ND) + 26,984056(PML21) - 22,353914(DP21)$ ;  $I_4 = 5,600953(ND) - 6,201914(CV21)$ . Os ganhos genéticos por gera o situaram-se entre 0,3% a 0,9% para características da leitegada ao nascer e entre 0,1% a 0,2% para características da leitegada ao desmame, sendo possível a obten o de ganhos genéticos para uniformidade de leitegada, sendo necessárias em torno de 10 a 15 gera es para obten o dos ganhos genéticos desejados para as características avaliadas ao nascimento (NV, PMLN, DPN e CVN) e 30 a 35 gera es para a obten o dos ganhos desejados para as características avaliadas ao desmame (ND, PML21, DP21 e CV21). Quando o objetivo do melhoramento   aumentar simultaneamente o tamanho da leitegada e sua uniformidade, os ganhos genéticos esperados por característica são maiores quando a sele o   praticada ao nascimento. A sele o para características de uniformidade de leitegada depende dos objetivos do melhoramento, com rela es complexas entre as variáveis, no entanto, a utiliza o de índices contendo o NV, PMLN e DPN podem ser mais apropriadas quando o interesse na resposta correlacionada favorável para CVN for maior, apesar dos ganhos diretos inferiores sobre DPN.

**Palavras-chave:** desvio padrão, leitões, peso, variabilidade.

## **Introdução**

O número de leitões desmamados por porca por ano é um dos principais índices zootécnicos utilizados na suinocultura, passando de 20 para 30 leitões nas últimas três décadas (KOKETSU et al., 2017), e está diretamente relacionado com o número de leitões nascidos vivos. A hiperprolificidade é um critério de seleção muito empregado para obtenção de genótipos superiores, mas está muitas vezes associada a prejuízos econômicos em função do aumento do número de leitões com baixo peso ao nascer, desuniformidade e da mortalidade pré-desmama (YUAN et al., 2015).

De acordo com Marandu et al. (2015), os programas de melhoramento devem incluir a uniformidade como critério de seleção, no entanto, a variação do peso ao nascer dentro da leitegada não tem recebido muita atenção pelas empresas quanto ao seu impacto econômico (ZINDOVE et al., 2014). Quando o objetivo é mudar a média e a variabilidade de uma característica simultaneamente aplicando um índice de seleção, além dos parâmetros genéticos, os valores econômicos precisam ser conhecidos, porém estes valores nem sempre são simples de serem obtidos. Pesek e Baker (1969) propuseram um mecanismo em que os valores de ponderação poderiam ser facilmente obtidos por meio dos ganhos genéticos desejados.

Além das divergências existentes quanto aos critérios de seleção na avaliação genética da uniformidade de leitegada em suínos, ainda existem discussões sobre as diferentes estratégias a serem adotadas. Desta forma, objetivou-se comparar índices com diferentes critérios de seleção para o melhoramento genético do tamanho e da uniformidade de leitegada ao nascer e aos 21 dias de idade em suínos da raça Landrace.

## **Material e Métodos**

Os dados foram disponibilizados pelo Centro Nacional de Pesquisa em Suínos e Aves da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CNPQA -

Embrapa Suínos e Aves), não sendo submetido ao Comitê de Ética por se tratar de análise de banco de dados pré-existentes.

Foram analisados dados de 2.787 leitegadas (34.790 leitões) nascidas de 1.267 matrizes da raça Landrace (2,2 partos por matriz) de primeira a oitava ordem de parto, entre janeiro de 2009 e abril de 2016, provenientes de granjas situadas no Estado do Paraná, região Sul do Brasil.

Durante a edição de dados, foram consideradas apenas as leitegadas contendo entre 5 e 20 leitões nascidos vivos e desmamados, sendo que o pedigree completo continha 105 reprodutores e 1.348 matrizes ao longo de 5 gerações. Foram considerados apenas grupos de contemporâneos contendo mais de 10 matrizes, os quais consideraram o rebanho (granjas 1, 2 ou 3), ano (2009 a 2016) e estação de nascimento (1 - janeiro a março; 2 - abril a junho; 3 - julho a setembro; 4 - outubro a dezembro).

Foram estudadas as seguintes características de leitegada: número de leitões nascidos vivos (NV), peso médio dos leitões dentro de leitegada ao nascer (PMLN); desvio padrão do peso dos leitões dentro de leitegada ao nascer (DPN); coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de leitegada ao nascer (CVN); número de leitões desmamados (ND); peso médio dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias (PML21); desvio padrão do peso dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias (DP21); e coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias (CV21).

Para as características avaliadas ao desmame, os pesos foram previamente ajustados aos 21 dias da seguinte forma:

$$P_{21} = \{[(PD - PN)/IDD] \times 21\} + PN$$

em que:  $P_{21}$  é o peso ajustado aos 21 dias de idade;  $PD$  é o peso do leitão ao desmame;  $PN$  é o peso do leitão ao nascimento; e  $IDD$  é a idade do leitão ao desmame.

Para as características de variabilidade da leitegada foram considerados os desvios padrão e os coeficientes de variação do peso dos leitões ao nascimento ou aos 21 dias dentro de cada leitegada (DPN, DP21, CVN e CV21). O coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de

leitegada ao nascimento e aos 21 dias (CVN e CV21), expresso em porcentagem (%), foi calculado da seguinte forma:

$$CVN(\%) = [(DPN/PMLN) \times 100];$$

$$CV21(\%) = [(DP21/PML21) \times 100]$$

em que: *CVN* e *CV21* são os coeficientes de variação do peso dos leitões dentro de leitegada ao nascimento e aos 21 dias; *DPN* e *DP21* são os desvios padrão do peso dos leitões dentro de leitegada ao nascer e aos 21 dias; *PMLN* e *PML21* são os pesos médios dos leitões dentro de leitegada ao nascer e aos 21 dias.

Os parâmetros genéticos foram estimados empregando-se o software AsReml 4.0 (GILMOUR et al., 2014) licenciado para UFV (SN=402072200), em análises das características ao nascer (NV, PMLN, DPN e CVN) ou 21 dias (ND, PML21, DP21, CV21).

As análises foram realizadas utilizando-se o seguinte modelo multicaracterístico:  $y = X\beta + Z_1a + Z_2s + Z_3p + \varepsilon$ ; em que  $y$  é o vetor de observações;  $\beta$  é o vetor dos efeitos fixos (grupo de contemporâneos formado pelo rebanho, ano e estação de nascimento) e efeitos linear e quadrático da covariável ordem de parto;  $a$  é o vetor dos efeitos genéticos aditivos diretos;  $s$  é o vetor de efeitos genéticos paternos;  $p$  é o vetor de efeitos de ambiente permanente;  $X$  é a matriz de incidência dos efeitos fixos e covariáveis;  $\varepsilon$  é o vetor de efeitos residuais aleatórios;  $X$ ,  $Z_1$ ,  $Z_2$  e  $Z_3$  são as matrizes de incidência dos efeitos fixos, genéticos aditivos diretos, genéticos paternos e de ambiente permanente, respectivamente.

Assumiu-se que  $a \sim N(0, A \otimes G)$ ,  $s \sim N(0, A \otimes S)$ ,  $p \sim N(0, I \otimes P)$  e  $e \sim N(0, I \otimes R)$ , em que  $\otimes$  é o operador produto direto;  $G$ ,  $S$ ,  $P$  e  $R$  representam as matrizes de covariâncias para os efeitos genéticos aditivos, de ambiente permanente e residuais, respectivamente;  $A$  é a matriz do numerador dos coeficientes de parentesco e  $I$  é a matriz identidade.

Os índices de seleção foram obtidos considerando o índice clássico proposto por Smith (1936) e Hazel (1943):

$$I = b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_qx_q = \sum_{i=1}^q b_ix_i$$

em que:  $I$  é o índice de seleção obtido para cada indivíduo;  $b_i$  são os valores de ponderação do índice de seleção;  $x_i$  são os valores fenotípicos para cada indivíduo da  $i$ -ésima característica incluída no índice de seleção; e  $q$  é o número de características incluídas no índice de seleção; sendo que foram propostos quatro índices de seleção distintos:

$$I_1 = b_1(TLN) + b_2(PMLN) + b_3(DPN);$$

$$I_2 = b_1(TLN) + b_2(CVN);$$

$$I_3 = b_1(TL21) + b_2(PML21) + b_3(DP21);$$

$$I_4 = b_1(TL21) + b_2(CV21).$$

Os valores de ponderação ( $b_i$ ) que maximizam a correlação entre o índice de seleção e o agregado genotípico ( $r_{HI}$ ), podem ser obtidos mediante o sistema de equações proposto por Smith (1936) e Hazel (1943), descrito por Cunningham (1969):

$$\begin{bmatrix} \sigma_{X_1}^2 & \sigma_{X_1X_2} & \dots & \sigma_{X_1X_n} \\ \sigma_{X_1X_2} & \sigma_{X_2}^2 & \dots & \sigma_{X_2X_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{X_1X_n} & \sigma_{X_2X_n} & \dots & \sigma_{X_n}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{g_1}^2 & \sigma_{g_1g_2} & \dots & \sigma_{g_1g_n} \\ \sigma_{g_1g_2} & \sigma_{g_2}^2 & \dots & \sigma_{g_2g_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{g_1g_n} & \sigma_{g_2g_n} & \dots & \sigma_{g_n}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix}$$

ou ainda:

$$\underset{\sim}{P} \underset{\sim}{b} = \underset{\sim}{G} \underset{\sim}{a}$$

em que:  $P$  é a matriz de variâncias e covariâncias fenotípicas;  $\underset{\sim}{b}$  é o vetor de valores de ponderação;  $\underset{\sim}{G}$  é a matriz de variâncias e covariâncias genéticas;  $\underset{\sim}{a}$  é o vetor de valores econômicos.

No entanto, devido à ausência dos valores econômicos para cada característica incluída no índice de seleção, os valores de ponderação ( $b_i$ )

do presente estudo foram obtidos de acordo com o procedimento proposto por Pesek e Baker (1969), com base nos ganhos genéticos desejados:

$$\tilde{b} = G^{-1} \tilde{h}$$

em que:  $\tilde{b}$  é o vetor dos valores de ponderação das características incluídas no índice de seleção;  $G^{-1}$  é a inversa da matriz de variâncias e covariâncias genéticas aditivas;  $\tilde{h}$  é o vetor dos ganhos genéticos desejados para cada característica, definidos no presente estudo como sendo equivalente a 1 (um) desvio padrão genético de cada característica em questão.

Os valores econômicos foram obtidos a partir do sistema de equações descrito por Cunningham (1969):

$$\tilde{a} = G^{-1} P \tilde{b}$$

em que:  $\tilde{a}$  é o vetor de valores econômicos;  $G^{-1}$  é a inversa da matriz de variâncias e covariâncias genéticas;  $P$  é a matriz de variâncias e covariâncias fenotípicas;  $\tilde{b}$  é o vetor de valores de ponderação.

A correlação entre o agregado genotípico e o índice de seleção ( $r_{HI}$ ), foi obtida da seguinte forma (CUNNINGHAM, 1969):

$$r_{HI} = \frac{\sigma(H, I)}{\sigma(H) \cdot \sigma(I)} = \sqrt{\frac{b' P b}{a' G a}}$$

em que:  $\sigma(H, I)$  é a covariância do agregado genotípico com o índice de seleção;  $\sigma(H)$  é o desvio padrão do agregado genotípico;  $\sigma(I)$  o desvio padrão do índice de seleção;  $b$ ,  $P$ ,  $a$  e  $G$  já foram definidos anteriormente.

O ganho genético no agregado genotípico foi obtido por:

$$\Delta H = r_{HI} \cdot i \cdot \sigma(H) = i \sqrt{b' P b}$$

em que:  $i$  é a intensidade de seleção, considerada como 1 (um);  $r_{HI}$  é a correlação entre o índice de seleção e o agregado genotípico; e  $\sigma(H)$  é o desvio padrão do agregado genotípico.

O ganho genético para cada característica envolvida no agregado genotípico, quando a seleção é realizada por meio do índice, em termos absolutos e em relação à média fenotípica total foi obtido pela seguinte equação (Cunningham, 1969):

$$\Delta G_i = i \cdot b_{g_i I} \sigma(I) = i \frac{\sigma_{g_i I}}{\sigma(I)} = \frac{i b' G}{\sqrt{b' P b}}$$

em que:  $i$  é a intensidade de seleção;  $\sigma(I)$  é o desvio padrão do índice de seleção.

Assim, o vetor de resposta à seleção para as características incluídas no agregado genotípico ( $\Delta H$ ), será:

$$\Delta G = [\Delta G_1, \Delta G_2, \dots, \Delta G_q] = i \frac{(b' G)}{\sqrt{b' P b}}$$

em que,  $G$  é a matriz de variâncias e covariâncias genéticas;  $P$  é a matriz de variâncias e covariâncias fenotípicas;  $b$  é o vetor de valores de ponderação.

A importância relativa de cada característica  $x_i$  na composição dos diferentes índices de seleção foi avaliada pela redução da correlação entre o agregado genotípico e o índice seleção ( $r_{HI}$ ), quando uma característica foi retirada do índice ( $r_{HI}^*$ ). Este procedimento foi proposto por Cunningham (1969), sendo que esta diferença entre  $r_{HI}$  e  $r_{HI}^*$  fornece a importância da característica excluída do índice original.

## Resultados e Discussão

Os ganhos genéticos desejados em valores absolutos e em relação à média fenotípica para as características incluídas nos índice de seleção encontram-se na Tabela 1. As estimativas de variâncias e covariâncias genéticas aditivas, ambientais permanentes, residuais e fenotípicas para as

características da leitegada ao nascimento e aos 21 dias encontram-se respectivamente nos Apêndices A e B.

As médias observadas situaram próximas aos valores obtidos por Zindove et al. (2013) ao estudarem os efeitos da variabilidade de leitegada ao nascer sobre o desempenho ao desmame em suínos Large White x Landrace, com exceção do DP21 (1,33kg) e CV21 (18,8%), os quais foram inferiores aos resultados obtidos no presente estudo (0,580kg e 9,521%), podendo ser devido à influência do efeito de equalização de leitegadas.

**Tabela 1.** Ganho genético desejado correspondente a um desvio padrão genético de cada característica, por geração, quando a seleção é baseada no índice, em valores absolutos e relativo sobre a média fenotípica total

Característica (unidade)	Média Observada	Ganho genético desejado		
		Absoluto	Relativo (%)	Final
NV (leitões)	12,480	0,948	7,60%	13,428
PMLN (kg)	1,480	0,121	8,17%	1,601
DPN (kg)	0,265	-0,009	-3,25%	0,256
CVN (%)	18,380	-1,641	-8,93%	16,739
ND (leitões)	11,380	0,728	6,40%	12,108
PML21 (kg)	6,142	0,236	3,84%	6,378
DP21 (kg)	0,580	-0,026	-4,48%	0,554
CV21 (%)	9,521	-0,657	-6,90%	8,864

NV - número de leitões nascidos vivos; PMLN - peso médio dos leitões dentro de leitegada ao nascer; DPN - desvio padrão do peso dos leitões dentro de leitegada ao nascer; CVN - coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de leitegada ao nascer; ND - número de leitões desmamados; PML21 - peso médio dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias; DP21 - desvio padrão do peso dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias; CV21 - e coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias.

Os coeficientes de ponderação ( $\hat{b}_i$ ) estimados para os diferentes índices de seleção ( $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  e  $I_4$ ), atribuídos para cada característica, bem como as correlações destes com os respectivos agregados genotípicos ( $r_{HI}$ ) encontram-se nas Tabelas 2 e 3.

Estudos prévios sobre estimativas de parâmetros genéticos indicaram que a utilização simultânea no índice de seleção das medidas de variação desvio padrão e coeficiente de variação parece não ser viável, além disso, análises prévias revelaram valores incoerentes, como por exemplo, a ocorrência de coeficientes de ponderação positivos para as medidas de variação. Desta forma, os índices combinaram o tamanho da leitegada (NV ou ND) com um medida de variação do peso dos leitões.

Vários estudos estimaram parâmetros genéticos para características de variação do peso dos leitões dentro de leitegada em análises de característica única (DAMGAARD et al., 2003; HERMESCH et al., 2001; WOLF et al., 2008), no entanto, as correlações muitas vezes desfavoráveis entre as características relacionadas à leitegada ao nascer ou desmame são conhecidas e têm sido estudadas em análises multicaracterísticas (SELL-KUBIAK et al. 2014, 2015a, 2015b).

**Tabela 2.** Valores dos coeficientes de ponderação ( $\hat{b}_i$ ) estimados em cada índice de seleção obtido para características da leitegada ao nascer e respectivas correlações do índice com o agregado genotípico ( $r_{HI}$ )

Índice	$\hat{b}_1$	$\hat{b}_2$	$\hat{b}_3$	$\hat{b}_4$	$r_{HI}$
$I_1$	3,773873	29,415334	-71,343539		0,194614
$I_2$	2,929140			-1,692489	0,191070

$\hat{b}_1$  - estimativa do coeficiente de ponderação para número de leitões nascidos vivos;  $\hat{b}_2$  - estimativa do coeficiente de ponderação para peso médio dos leitões dentro de leitegada ao nascer;  $\hat{b}_3$  - estimativa do coeficiente de ponderação para desvio padrão do peso dos leitões dentro de leitegada ao nascer;  $\hat{b}_4$  - estimativa do coeficiente de ponderação para coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de leitegada ao nascer.

Os valores de  $r_{HI}$  para  $I_1$  e  $I_2$  foram iguais a 0,194614 e 0,191070, superiores às acurácias obtidas entre os demais índices com seus respectivos agregados genotípicos quando analisadas as características ao desmame, ou seja,  $I_3$  (0,113061) e índice  $I_4$  (0,083694). Os coeficientes de ponderação foram positivos para as características cujos aumentos são desejáveis (NV, ND, PMLN e PML21) e negativos nos demais casos (DPN, DP21, CVN e CV21).

**Tabela 3.** Valores dos coeficientes de ponderação ( $\hat{b}_i$ ) estimados em cada índice de seleção obtido para características da leitegada ao desmame e respectivas correlações do índice com o agregado genotípico ( $r_{HI}$ )

Índice	$\hat{b}_1$	$\hat{b}_2$	$\hat{b}_3$	$\hat{b}_4$	$r_{HI}$
$I_3$	9,186016	26,984056	-22,353914		0,113061
$I_4$	5,600953			-6,201914	0,083694

$\hat{b}_1$  - estimativa do coeficiente de ponderação para número de leitões desmamados;  $\hat{b}_2$  - estimativa do coeficiente de ponderação para peso médio dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias;  $\hat{b}_3$  - estimativa do coeficiente de ponderação para desvio padrão do peso dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias;  $\hat{b}_4$  - estimativa do coeficiente de ponderação para coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias.

O coeficiente de variação associa simultaneamente à média e o desvio padrão, sendo adimensional e expresso em porcentagem. Já o desvio padrão representa a dispersão dos dados em relação à média, assume a mesma medida da característica estudada e valores não nulos. Em ambos os casos, quanto maior o valor, maior será a variação dos dados, porém, falhas de interpretação podem ocorrer com o uso do coeficiente de variação, pois valores baixos podem indicar tanto alto, quanto baixos valores para a média e o desvio padrão. Ou seja, uma redução do coeficiente de variação pode indicar leitegadas uniformes, porém com baixo peso médio dos leitões ao nascer. Desta forma, um índice incluindo as quatro características simultaneamente parece não ser o mais adequado, em função da interdependência entre coeficiente de variação, média e desvio padrão.

Os ganhos genéticos esperados para cada característica ( $\Delta G_i$ ) quando a seleção é baseada no índice e os ganhos totais nos agregados genotípicos ( $\Delta H$ ), por geração, estão nas Tabelas 4 e 5.

De acordo com Smith (1985), para o efetivo progresso genético, os ganhos anuais devem apresentar-se entre 1 e 3% da média da população, no entanto, no presente estudo os ganhos genéticos por geração situaram-se entre 0,3% a 0,9% para características da leitegada ao nascer e entre 0,1% a 0,2% para características da leitegada ao desmame, sendo possível

a obtenção de ganhos genéticos para uniformidade de leitegada, principalmente sobre as características ao nascimento.

**Tabela 4.** Estimativas de ganhos genéticos diretos e correlacionados à seleção nos diferentes índices no agregado genotípico ( $\Delta H$ ), para características da leitegada ao nascer em suínos da raça Landrace

Característica	Ganho genético Desejado	$I_1$	$I_2$
NV (n)	0,948	0,076527*	0,077111*
PMLN (kg)	0,121	0,009755*	0,005396**
DPN (kg)	-0,009	-0,000694*	-0,000910**
CVN (%)	-1,641	-0,169347**	-0,133453*
$\Delta H$	-	12,390357	12,296716

NV - número de leitões nascidos vivos; PMLN - peso médio dos leitões dentro de leitegada ao nascer; DPN - desvio padrão do peso dos leitões dentro de leitegada ao nascer; CVN - coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de leitegada ao nascer; (\*) - para uma mesma coluna, valores com sobrescrito \* referem-se à resposta direta das características incluídas no índice; (\*\*) - para uma mesma coluna, valores com sobrescrito \*\* referem-se à resposta correlacionada das características não incluídas no índice.

Os ganhos genéticos para o tamanho da leitegada situaram-se próximos aos resultados obtidos por Rothschild e Bidanel (1998) e Kinghorn et al. (2006), que verificaram aumentos de 0,1 a 0,3 leitões por leitegada anualmente e de 1 a 3% em diferentes características nas últimas décadas, assim, para aumentar um leitão por leitegada ao nascer seriam necessárias aproximadamente 13 gerações, sendo necessárias em torno de 10 a 15 gerações para obtenção dos ganhos genéticos desejados para as características avaliadas ao nascimento (NV, PMLN, DPN e CVN).

Os ganhos genéticos no agregado genotípico e por característica obtidos pelos índices  $I_1$  e  $I_2$  foram semelhantes, e demonstraram que ganhos genéticos simultâneos para NV, PMLN, DPN e CVN são possíveis mesmo com a utilização de análises genéticas quantitativas. No entanto, dada a importância econômica da uniformidade de leitegada, mesmo que grandes respostas genéticas não sejam esperadas, a inclusão de uma ou mais delas nos índices de seleção deve ser avaliada.

Considerando a variação natural do peso dos leitões ao nascer, com distribuição normal padrão quando avaliado em grandes populações, é possível que leitegadas muito numerosas sejam uniformes, ou vice e versa, sendo que em algumas situações, leitegadas com mesmo NV, podem apresentar variabilidade distintas. Desta forma, a utilização de índices contendo as características NV, PMLN e DPN (índice  $I_1$ ) pode ser mais apropriada quando o interesse na resposta correlacionada favorável para CVN e PMLN for maior, apesar dos ganhos diretos inferiores sobre DPN.

**Tabela 5.** Estimativas de ganhos genéticos diretos e correlacionados à seleção nos diferentes índices no agregado genotípico ( $\Delta H$ ), para características da leitegada ao desmame em suínos da raça Landrace

Característica	Ganho Genético Desejado	$I_3$	$I_4$
ND (n)	0,728	0,022386*	0,021896*
PML21 (kg)	0,236	0,007261*	0,000591**
DP21 (kg)	-0,026	-0,000799*	-0,001252**
CV21 (%)	-0,657	-0,020182**	-0,019774*
$\Delta H$	-	32,513249	33,242848

ND - número de leitões desmamados; PML21 - peso médio dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias; DP21 - desvio padrão do peso dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias; CV21 - coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias; (\*) para uma mesma coluna, valores com sobrescrito \* referem-se à resposta direta das características incluídas no índice; (\*\*) para uma mesma coluna, valores com sobrescrito \*\* referem-se à resposta correlacionada das características não incluídas no índice.

Quando são utilizados índices que incluem características da leitegada ao desmame ( $I_3$  e  $I_4$ ), os ganhos genéticos totais e por característica são muito semelhantes, sendo necessárias em torno de 30 a 35 gerações para a obtenção dos ganhos desejados para as características avaliadas ao desmame (ND, PML21, DP21 e CV21), assim, quando o objetivo for aumentar simultaneamente tamanho e uniformidade de leitegada, o progresso genético é superior quando praticada sobre características ao nascimento.

Damgaard et al. (2003) verificaram que a uniformidade da leitegada ao nascimento estava correlacionada geneticamente com a uniformidade aos 21 dias, entretanto, outros estudos indicaram a influência de outros fatores e falta de correspondência entre as duas fases (Milligan et al. (2001 e 2002), Wolf et al. (2008) e Knol et al. (2002) concluíram que as tentativas de reduzir as perdas de leitões ao desmame através da seleção para PMLN ou PML21 podem não ser bem sucedidas, assim, uma das alternativas pode ser a redução do CVN (ZINDOVE et al., 2013). Tais achados justificam a não utilização de índices compostos por característica ao nascimento e desmame simultaneamente.

Caso seja de interesse utilizar índices de seleção que consideram o número de leitões nascidos vivos e o respectivo coeficiente de variação do peso dos leitões, os ganhos genéticos esperados são interessantes. Cabe a cada empresa avaliar a viabilidade econômica neste caso, se o desempenho desses leitões com baixo peso médio ao nascer será compensatório até o abate, principalmente no que diz respeito ao tempo para atingir o peso de abate e subsequente redução do número de lotes por unidades de crescimento e terminação. O baixo peso dos leitões ao nascer reduz as chances de sobrevivência (FURTADO et al., 2012; ALMEIDA et al., 2014), além disso, prejudica o desempenho até o abate (FIX et al., 2010).

O número de leitões nascidos vivos tem sido cada vez mais priorizado nos programas de melhoramento e o próximo desafio deve ser a maximização da sobrevivência, uma vez que o tamanho da leitegada está próximo do seu nível ótimo (MARANDU et al., 2015). Uma das estratégias de aumentar as taxas de sobrevivência seria aumentar o peso médio dos leitões ao nascer e reduzir sua variabilidade. Mulder et al. (2008) verificaram que ao aumentar a importância econômica para a variabilidade do peso dos leitões, o ganho para o peso médio será mais afetado negativamente pela correlação entre essas características.

Existem divergências quanto ao tipo de variável a ser utilizada na avaliação genética da uniformidade em suínos (HERMESCH et al., 2001; DAMGAARD et al., 2003). Para melhor determinação das características a serem incluídas no índice de seleção, as importâncias relativas destas nos

índices foram verificadas por meio da porcentagem de redução de  $r_{HI}$  quando determinada característica foi eliminada do índice (Tabela 6).

**Tabela 6.** Porcentagem de redução na correlação entre o agregado genotípico e o índice seleção ( $r_{HI}$ ) quando a característica em estudo foi retirada do índice de seleção ( $r_{HI}^*$ )

Característica retirada	% de Redução do $r_{HI}$		Característica retirada	% de Redução do $r_{HI}$	
	$I_1$	$I_2$		$I_3$	$I_4$
NV	31,1	29,5	ND	63,6	38,4
PMLN	15,9	-	PML21	51,2	-
DPN	31,8	-	DP21	1,1	-
CVN	-	33,4	CV21	-	7,4

NV - número de leitões nascidos vivos; PMLN - peso médio dos leitões dentro de leitegada ao nascer; DPN - desvio padrão do peso dos leitões dentro de leitegada ao nascer; CVN - coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de leitegada ao nascer; ND - número de leitões desmamados; PML21 - peso médio dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias; DP21 - desvio padrão do peso dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias; CV21 - coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias;  $I_1 = 3,773873(NV) + 29,415334(PMLN) - 71,343539(DPN)$ ;  $I_2 = 2,929140(NV) - 1,692489(CVN)$ ;  $I_3 = 9,186016(ND) + 26,984056(PML21) - 22,353914(DP21)$ ;  $I_4 = 5,600953(ND) - 6,201914(CV21)$ .

Eliminando-se qualquer uma das características nos diferentes índices de seleção propostos a redução no  $r_{HI}$  foi expressiva na maioria dos casos, exceto para a remoção da variável DP21 no índice  $I_3$  (1,1%) e CVN no índice  $I_4$  (7,4%). A remoção das características de variabilidade impactou significativamente na redução percentual da acurácia nos índices  $I_1$  e  $I_2$ . Assim, em um programa de melhoramento genético de suínos cujos objetivos são melhorar tamanho e uniformidade da leitegada ao nascer e ao desmame, a perda de eficiência em se considerar como critério de seleção apenas o tamanho de leitegada é considerável, sendo compensatória a pesagem individual da leitegada ao nascimento.

## **Conclusões**

Quando o objetivo do melhoramento é aumentar simultaneamente o tamanho da leitegada e sua uniformidade, os ganhos genéticos esperados por característica são maiores quando a seleção é praticada ao nascimento. A seleção para características de uniformidade de leitegada depende dos objetivos do melhoramento, com relações complexas entre as variáveis, no entanto, a utilização de índices contendo o número de leitões nascidos vivos, peso médio dos leitões dentro de leitegada e desvio padrão dos leitões dentro de leitegada pode ser mais apropriada quando o interesse na resposta correlacionada favorável para coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de leitegada for maior, apesar dos ganhos diretos inferiores sobre DPN.

## **Agradecimentos**

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro e à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Suínos e Aves) pela disponibilização do Banco de Dados utilizados no presente estudo e por todo o suporte concedido durante a sua edição.

## Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, M; BERNARDI, M.L; MOTTA, A.P; BORTOLOZZO, F.P.; WENTZ, I. Effect of birth weight and litter size on the performance of landrace gilts until puberty. **Acta Scientiae Veterinariae**. v. 42, p. 1182. 2014.
- CUNNINGHAM, E.P. Animal Breeding Theory. Internordic licenciatur course in quantitative genetics. Institute of Animal Genetics and Breeding. Agricultural College of Norway. 1969.
- DAMGAARD, L. H.; RYDHMER, L.; LØVENDAHL, 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**, 81(3), 604-610, 2003.
- FIX, J. S. **Relationship of Piglet Birth Weight with Growth, Efficiency, Composition, and Mortality**. Thesis. North Carolina State University. Raleigh, North Carolina, 162p, 2010.
- FURTADO, C. D. S. D., MELLAGI, A. P. G., CYPRIANO, C. R., GAGGINI, T. S., BERNARDI, M. L., WENTZ, I., & BORTOLOZZO, F. P. Influência do peso ao nascimento e de lesões orais, umbilicais ou locomotoras no desempenho de leitões lactentes. **Acta Scientiae Veterinariae**, 40(4), 1077. 2012.
- GILMOUR, A. R.; GOGEL, B. J.; CULLIS, B. R.; THOMPSON, R.; BUTLER, D. **ASReml user guide release 3.0**. VSN International Ltd, Hemel Hempstead, UK, 2014.
- HAZEL, I.n. The genetic bases for constructing selection indexes. **Genetics** 28:476, 1943.
- HERMESCH, S.; LUXFORD, B. G.; GRASER, H. U. Genetic parameters for piglet mortality, within litter variation of birth weight, litter size and litter birth weight. **Journal of Animal Breeding and Genetics**. vol. 14, pp. 211-214, 2001.
- KINGHORN, B.; VAN DER WERF, J.; RYAN, M. **Melhoramento Animal: uso de novas tecnologias**. 1ª Ed. Piracicaba: FEALQ, 367p, 2006.

KNOL, E. F.; LEENHOUWERS, J. I.; VAN DER LENDE, T. Genetic aspects of piglet survival. **Livestock Production Science**, 78(1), 47-55, 2002.

KOKETSU, Y.; TANI, S.; LIDA, R. Factors for improving reproductive of sows and herd productivity in comercial breeding herds. **Porcine Health Manag.**, 3(1), 2017.

LOPES. P. S.; FREITAS, R. T. F.; FERREIRA, A. S. **Melhoramento de suínos. UFV**. 39 p. (Caderno Didático, 37). 1998.

LOPES, P. S.; PIRES, A.; REIS FILHO, J. C.; TORRES, R. **Teoria do melhoramento animal**. FEPMVZ, Belo Horizonte. 2005.

MARANDU, N.; HALIMANI, T. E.; CHIMONYO, M.; SHONIWA, A.; MUTIBVU, T. Effect of within-litter birth weight variation on piglet survival and pre-weaning weight gain in a commercial herd. **Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics**, 116(2), 123-129, 2015.

MILLIGAN, B. N.; FRASER, D.; KRAMER, D. L. Birth weight variation in the domestic pig: effects on offspring survival, weight gain and suckling behaviour. **Applied Animal Behaviour Science**, 73(3), 179-191, 2001.

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**, 76(1), 181-191, 2002.

MULDER, H.A.; BIJMA, P.; HILL, W.G. Selection for uniformity in livestock by exploiting genetic heterogeneity of residual variance. **Genetics Selection Evolution**, 40(1), p.1, 2008.

PESEK, J. and BAKER, R. J. Desired improvement in relation to selection indices. **Canadian Journal of Plant Science**, 49(6), pp.803–804, 1969.

SMITH, H. F. A discriminant function for plant selection. **Annals of Eugenics**, London, v. 7, p. 240-250, 1936.

SMITH, C. Rates of genetic change in farm livestock. **Research Development Agricultural**, v. 1, n. 2, p. 79-85, 1985.

WOLF, J.; ŽÁKOVÁ, E.; GROENEVELD, E. Within-litter variation of birth weight in hyperprolific Czech Large White sows and its relation to litter size traits, stillborn piglets and losses until weaning. **Livestock Science**, 115(2), 195-205, 2008.

ROSO, V.M.; SCHENKEL, F.S. AMC \_ A computer program to assess the degree of connectedness among contemporary groups. In: World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Belo Horizonte, MG, Brasil. Proceedings, 8, 27-26, 2006.

ROTHSCHILD, M.F.; BIDANEL, J.P. Biology and genetics of reproduction. **The genetics of the pig**, p.313-343, 1998.

YUAN, T. L.; ZHU, Y. H.; SHI, M.; LI, T. T.; LI, N.; WU, G. Y.; WANG, J. J. Within-litter variation in birth weight: impact of nutritional status in the sow. **Journal of Zhejiang University Science**, 16(6), 417-435, 2015.

ZINDOVE, T. J.; DZOMBA, E. F.; KANENGONI, A. T.; CHIMONYO, M. Effects of within-litter birth weight variation of piglets on performance at 3 weeks of age and at weaning in a Large White x Landrace sow herd. **Livestock Science**, 155(2), 348-354, 2013.

ZINDOVE, T. J.; DZOMBA, E. F.; CHIMONYO, M. Variation in individual piglet birth weights in a Large White x Landrace sow herd: short communication. **South African Journal of Animal Science**, 44(1), 80-84, 2014.

**Apêndice A.** Estimativas dos componentes de (co) variância obtidas em modelos multicaracterísticos para características da leitegada ao nascer

(Co) variâncias genéticas aditivas				
	NV	PMLN	DPN	CVN
NV	0,8991			
PMLN	-0,0835	0,0146		
DPN	-0,0001	-0,0001	0,0001	
CVN	0,9958	-0,1838	0,0063	2,6925
(Co) variâncias de ambiente permanente				
Variável	NV	PMLN	DPN	CVN
NV	0,1408			
PMLN	0,0004	0,0050		
DPN	0,0002	0,0012	0,0004	
CVN	-0,0414	0,0184	0,0144	0,8437
(Co) variâncias genéticas paternas				
Variável	NV	PMLN	DPN	CVN
NV	0,1389			
PMLN	-0,0062	0,0016		
DPN	-0,0004	0,0003	0,0001	
CVN	0,0424	0,0025	0,0023	0,1254
(Co) variâncias residuais				
Variável	NV	PMLN	DPN	CVN
NV	8,8335			
PMLN	-0,1523	0,0261		
DPN	0,0238	-0,0023	0,0058	
CVN	3,6560	-0,4727	0,4225	35,2400
(Co) variâncias fenotípicas				
	NV	PMLN	DPN	CVN
NV	10,0120			
PMLN	-0,2416	0,0475		
DPN	0,0235	-0,0007	0,0065	
CVN	0,4454	-0,6356	4,6523	38,902

NV - número de leitões nascidos vivos; PMLN - peso médio dos leitões dentro de leitegada ao nascer; DPN - desvio padrão do peso dos leitões dentro de leitegada ao nascer; CVN - coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de leitegada ao nascer.

**Apêndice B.** Estimativas dos componentes de (co) variância obtidas em modelos multicaracterísticos para características da leitegada ao desmame

(Co) variâncias genéticas aditivas				
Variável	ND	PML21	DP21	CV21
ND	0,529800			
PML21	-0,146200	0,055740		
DP21	0,008670	-0,003355	0,000676	
CV21	0,361100	-0,135200	0,014540	0,432100
(Co) variâncias de ambiente permanente				
Variável	ND	PML21	DP21	CV21
ND	0,256900			
PML21	0,085900	0,031020		
DP21	0,032780	0,009601	0,005306	
CV21	0,411000	0,114800	0,071400	0,998700
(Co) variâncias genéticas paternas				
Variável	ND	PML21	DP21	CV21
ND	0,072090			
PML21	-0,008954	0,002772		
DP21	0,006909	-0,000996	0,001021	
CV21	0,137400	-0,021340	0,019370	0,375400
(Co) variâncias residuais				
Variável	ND	PML21	DP21	CV21
ND	7,904000			
PML21	-0,154400	0,444000		
DP21	0,046610	-0,005741	0,079820	
CV21	0,919900	-0,745600	1,302000	23,080000
(Co) variâncias fenotípicas				
Variável	ND	PML21	DP21	CV21
ND	8,762600			
PML21	-0,223630	0,533530		
DP21	0,009496	-0,000492	0,086823	
CV21	1,829300	-0,787360	1,407300	24,888000

ND - número de leitões desmamados; PML21 - peso médio dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias; DP21 - desvio padrão do peso dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias; CV21 - e coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de leitegada aos 21 dias.

## Considerações Finais

O nível ótimo de produção já foi estudado em algumas situações cujos lucros são não lineares: peso de bovinos de corte, tamanho da vaca leiteira, tamanho do ovo, peso de abate em suínos e de frangos de corte. Este nível ótimo também deve ser obtido para o tamanho da leitegada ao nascer em suínos, que leve em consideração as perdas não somente da redução do peso médio dos leitões e do aumento da variabilidade do peso dos leitões, mas também um tamanho de leitegada que proporcione a maior quantidade de carne produzida por matriz.

As avaliações econômicas nos sistemas de produção de suínos para características da leitegada ao nascer devem considerar toda a cadeia produtiva, sendo que os objetivos devem superar quaisquer conflitos de interesse existentes, visando, sobretudo respeitar os limites fisiológicos da matriz, bem-estar animal e maximizar o lucro da produção.

Para tanto é imprescindível a multidisciplinaridade dos grupos de pesquisas e o elo entre as diferentes áreas de investigação científica e o melhoramento genético, tais como a economia, nutrição e a biologia molecular. Apesar das inúmeras descobertas e do grande avanço das técnicas moleculares, há muito que ser explorado sob o enfoque genético quantitativo, principalmente no que diz respeito à utilização de recursos computacionais e técnicas estatísticas mais avançadas.

Os resultados do presente estudo demonstraram que os ganhos obtidos com o tamanho da leitegada ao desmame não acompanharam os ganhos obtidos ao nascimento, além disso, houve uma piora na uniformidade e no peso médio da leitegada que acompanharam os ganhos com hiperprolificidade. Para isso, uma das alternativas é selecionar indivíduos para redução no coeficiente de variação do peso dos leitões dentro de leitegada, o que é possível tendo em vista a herdabilidade para esta característica principalmente quando avaliada ao nascimento.

Espera-se que essa tese ofereça subsídios para serem repensados os objetivos do melhoramento genético para hiperprolificidade, auxiliando na tomada de decisões futuras, e que norteiem outras pesquisas relacionadas principalmente ao estudo da uniformidade de leitegadas em suínos.