

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

JULIANA DEMENTSHUK MACHADO

**CARACTERÍSTICAS ALTERNATIVAS PARA SELEÇÃO E
MELHORAMENTO DO DESEMPENHO DE SUÍNOS NA MATERNIDADE**

**Porto Alegre
Setembro, 2020**

CIP - Catalogação na
Publicação

Machado, Juliana Dementshuk
CARACTERÍSTICAS ALTERNATIVAS PARA SELEÇÃO E
MELHORAMENTO DO DESEMPENHO DE SUÍNOS NA MATERNIDADE /
Juliana Dementshuk Machado. -- 2020.
70 f.

Orientador: Jaime Araújo Cobuci.

Coorientadora: Luciana Salles de Freitas.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2020.

1. Habilidade materna. 2. Melhoramento Genético. 3.
Suínos. 4. Parâmetros genéticos. I. Cobuci, Jaime
Araújo, orient. II. de Freitas, Luciana Salles,
coorient. III. Título.

Juliana Dementshuk Machado
Zootecnista

DISSERTAÇÃO

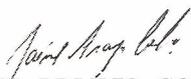
Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

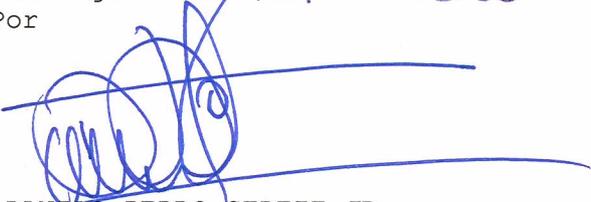
MESTRE EM ZOOTECNIA

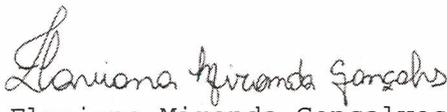
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovada em: 28.09.2020
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 13/11/2020
Por

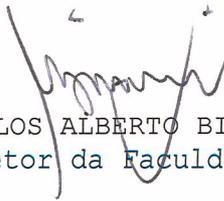

JAIME ARAÚJO COBUCI
PPG Zootecnia, UFRGS
Orientador


DANILO PEDRO STREIT JR.
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia


Flaviana Miranda Gonçalves
DB Genética Suína


Ines Andretta
UFRGS


Mônica Corrêa Ledur
EMBRAPA


CARLOS ALBERTO BISSANI
Diretor da Faculdade de Agronomia

JULIANA DEMENTSHUK MACHADO

**CARACTERÍSTICAS ALTERNATIVAS PARA SELEÇÃO E
MELHORAMENTO DO DESEMPENHO DE SUÍNOS NA MATERNIDADE**

Dissertação apresentada como requisito para
obtenção do grau de Mestre em Zootecnia na
Faculdade de Agronomia da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Jaime Araújo Cobuci

Coorientadora: Luciana Salles de Freitas

Porto Alegre
Setembro, 2020

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais por sempre me apoiarem, me incentivarem e me concederem a oportunidade de estudar. Além disso, agradeço por todos os ensinamentos que fizeram de mim a pessoa que sou hoje. Aos meus irmãos, agradeço toda a convivência e carinho.

À Carolina Franceschi agradeço a amizade e parceria desde a graduação até o mestrado, sempre disponível para auxiliar no que pudesse.

À minha família mineira agradeço o suporte nesse tempo de convivência, em especial para a Maria que ficava preocupada com os longos tempos em frente ao computador.

Ao João Franceschete que me apoiou e incentivou em todos os momentos.

Ao professor e orientador Jaime e a minha coorientadora Luciana por todos os ensinamentos passados, a amizade e o apoio, que me ajudaram no crescimento pessoal e profissional.

Aos colegas do MegaGen que compartilharam conhecimentos, muitas tardes regadas a café e chimarrão e principalmente pela amizade.

Agradeço aos demais colegas e amigos que me deram suporte pessoal para que esse trabalho fosse realizado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa, a Universidade e ao Programa de Pós Graduação pela oportunidade.

CARACTERÍSTICAS ALTERNATIVAS PARA SELEÇÃO E MELHORAMENTO DO DESEMPENHO DE SUÍNOS NA MATERNIDADE¹

Autor: Juliana Dementshuk Machado

Orientador: Prof. Dr. Jaime Araújo Cobuci

Coorientador: Dr. Luciana Salles de Freitas

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi investigar características alternativas indicadoras de habilidade materna passíveis de utilização em programas de melhoramento genético de suínos que impactem positivamente no peso e qualidade dos leitões desmamados por fêmea ao ano. Informações de 4.627 leitegadas e 2.058 fêmeas das raças Large White e Landrace foram avaliadas através de abordagem Bayesiana. Foram propostas seis características alternativas as quais foram avaliadas juntamente com outras três tradicionais características de tamanho de leitegada. O grupo de características alternativas foi formado pelas medidas de ganho de peso médio diário do nascimento a desmama da leitegada biológica e da leitegada recebida, peso médio de desmame da leitegada biológica e leitegada recebida, peso total produzido da leitegada do nascimento ao desmame e potenciais de desmamados, calculado como a porcentagem de leitões desmamados do total de leitões recebidos no início do período de lactação. As herdabilidades estimadas para as características alternativas são baixas (0,02 a 0,06). A associação complexa entre as características indicadoras de habilidade materna e tamanho de leitegada foi demonstrada pelas diferenças observadas entre os tipos de mensuração e raças. Além disso, observou-se uma possível influência do método de amamentação cruzada da leitegada empregado. A inserção de características de desempenho da leitegada (alternativas) como ganho médio diário e peso médio desmamado em programas de melhoramento genético suíno é viável e possivelmente refletirá na melhoria da qualidade do leitão desmamado e no peso desmamado por fêmea ao ano.

Palavras-chave: Correlação genética; Habilidade materna; Herdabilidade; Melhoramento genético; Parâmetros genéticos.

¹Dissertação de Mestrado em Zootecnia – Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (70 p.) Setembro, 2020.

ALTERNATIVE TRAITS FOR SELECTION AND IMPROVEMENT OF PIG PERFORMANCE IN MATERNITY¹

Author: Juliana Dementshuk Machado

Advisor: PhD, Jaime Araujo Cobuci

Co-Advisor: PhD, Luciana Salles de Freitas

ABSTRACT

The aim was to investigate alternative traits to predict maternal ability that could be used in swine breeding programs to positively impact the weight and quality of piglets weaned per female per year. Information from 4,627 litters and 2,058 females of Large White and Landrace breeds were evaluated using Bayesian approach. Six alternative traits were proposed, which were evaluated together with three other traditional litter size traits. The alternative group was formed by the measures of average daily weight gain from birth to weaning from the received litter and the biological litter, average weaning weight of the received litter and the biological litter, total litter weight produced from birth to weaning and potential of weaned, calculated as the percentage of piglets weaned from the total piglets received at the beginning of the lactation period. The estimated heritabilities for the alternative traits are low (0.02 to 0.06). The complex association between traits indicating maternal ability and litter size was demonstrated by the differences observed between measurement types and breeds. In addition, a possible influence of the cross-fostering method was observed. The insertion of litter performance traits (alternatives) such as average daily gain and weaned weight in swine breeding programs is feasible and will possibly reflect in the improvement of the quality of the weaned piglet and the weight weaned per female per year.

Keywords: Animal breeding; Genetic correlation; Genetic parameters; Heritability; Maternal ability.

¹Master of Science dissertation in Animal Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (70 p.) September, 2020.

SUMÁRIO

1	CAPÍTULO I	09
	1.1 INTRODUÇÃO.....	10
	1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
	1.2.1 Eficiência da fêmea nos sistemas de criação de suínos...11	
	1.2.2 Características de tamanho de leitegada.....	12
	1.2.3 Habilidade materna.....	13
	1.2.4 Características indicadoras de habilidade materna.....	14
	1.2.5 Efeitos nas mensurações de características indicadoras de habilidade materna.....	17
	1.3 HIPÓTESES.....	19
	1.4 OBJETIVOS.....	19
2	CAPÍTULO II.....	20
	Resumo.....	21
	Abstract.....	23
	Introdução.....	25
	Material e Métodos.....	26
	Resultados.....	31
	Discussão.....	33
	Conclusão.....	42
	Agradecimentos.....	43
	Referências.....	44
3	CAPÍTULO III.....	58
	3.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
	3.2 REFERÊNCIAS.....	60
	3.3 APÊNDICE.....	64
	3.4 VITA.....	70

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Média, desvio padrão (DP), número de observações (N) e número de fêmeas em cada característica analisada nas raças Large White (LW) e Landrace (LA).....49
- Tabela 2.** Significância dos efeitos fixos e covariáveis obtidas através de modelos de efeitos fixos nas raças Landrace (LA) e Large White (LW).....53
- Tabela 3.** Média da distribuição posterior, erro padrão (EP) e intervalo de confiança (IC) da variância genética aditiva (σ^2), variância de ambiente permanente (σ_{pe}^2), variância residual (σ^2) e herdabilidade (h^2) para as características tradicionais analisadas nas raças Large White e Landrace.....54
- Tabela 4.** Média da distribuição posterior, desvio padrão (D.P.), erro padrão (E.P.) e intervalo de confiança (IC) da variância genética aditiva (σ^2), variância de ambiente permanente (σ_{pe}^2), variância residual (σ^2) e herdabilidade (h^2) para as características alternativas analisadas nas raças Large White e Landrace.....55
- Tabela 5.** Correlações fenotípicas (erro padrão nos parêntesis) entre as características alternativas (colunas) e as tradicionais (linhas) nas raças Large White (LW) e Landrace (LA).....56
- Tabela 6.** Correlações genéticas (erro padrão nos parêntesis) entre as características alternativas (colunas) e as tradicionais (linhas) nas raças Large White (LW) e Landrace (LA).....57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Porcentagem de realocações de leitões durante os anos nas raças Landrace (preto) e Large White (cinza).....50

Figura 2. Média fenotípica anual da mortalidade no parto (MO), leitões vivos ao quinto dia (LV5), peso ao nascer dos leitões recebidos (sólido) e leitões próprios (rajados) (PN), peso ao desmame (PMD), número de leitões recebidos (NL) e número de desmamados (ND) nas raças Landrace (preto) e Large White (cinza).....51

Figura 3. Mortes acumuladas por dia de vida dos leitões nas raças Landrace (preto) e Large White (cinza).....52

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

DP – Desvio padrão

EP – Erro padrão

GMD – Ganho de peso médio diário da leitegada

GMDB – Ganho de peso médio diário da leitegada referindo a leitegada a sua mãe biológica

h^2 - Herdabilidade

IC – Intervalo de confiança

LA - Landrace

LV5 – Leitões vivos ao 5^o dia

LW – Large Withe

NT – Nascidos totais

NV – Nascidos vivos

PMD – Peso médio dos leitões ao desmame

PMDB – Peso médio dos leitões referindo a leitegada a sua mãe biológica

PDT – Peso total da leitegada ao desmame descontando o peso inicial de nascimento

POT – Potencial de desmamados

σ^2 - Variância genética aditiva

σ_{pe}^2 - Variância de ambiente permanente

σ_r^2 - Variância residual

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUÇÃO

O número de leitões desmamados por ano é um dos mais importantes indicadores de produtividade dos sistemas de produção de suínos. Esse indicador envolve o número de partos ao ano, que é restrito pelo tempo de gestação, e o número de leitões desmamados por parto. Entretanto, a amamentação cruzada dificulta a estimativa adequada dos parâmetros genéticos para a última característica (Su et al., 2007).

A sobrevivência dos leitões até o desmame é influenciada por dois componentes genéticos, o efeito genético direto (genética do próprio leitão) e o efeito genético materno (Baxter et al., 2011). Até o desmame o efeito genético materno demonstra-se ser o mais importante no crescimento dos leitões (Solanes et al., 2004), podendo ser entendido como a habilidade da fêmea em proporcionar condições favoráveis para desenvolvimento e sobrevivência da leitegada.

A inclusão da habilidade materna das fêmeas suínas no objetivo de seleção é determinante na melhora da qualidade e do número de leitões desmamados. Porém, os programas de melhoramento requerem um acurado conhecimento dos parâmetros genéticos para todas as características incorporadas no seu objetivo e nos índices de seleção. Dessa forma, mais pesquisas são necessárias para a determinação de uma característica passível de inserção (Solanes et al., 2004).

Crítérios de seleção indicadores de habilidade materna são escassos na literatura e a comparação de resultados é dificultada pelos diferentes tipos de mensurações encontradas (Gäde et al., 2008). Além disso, esses tipos de características apresentam herdabilidades baixas devido às interações complexas entre os materiais genéticos dos indivíduos (matriz e leitões) (Małopolska et al., 2018; Su et al., 2008) e as variações ambientais provindas de diferentes manejos. Além disso, essas mensurações apresentam dificuldades quanto a suas coletas nos sistemas de produção, sendo geralmente pouco prática em larga escala nos sistemas intensivos.

Assim, o objetivo deste trabalho foi investigar características alternativas indicadoras de habilidade materna e qualidade de leitegada possíveis de

utilização em programas de melhoramento genético suíno e que impactem positivamente no peso e número de leitões desmamados por fêmea ao ano.

1.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.2.1. Eficiência da fêmea nos sistemas de criação de suínos

A eficiência da produção de suínos é afetada por muitos fatores e um dos mais importantes economicamente é a produtividade da fêmea (Stratz et al., 2016). Entretanto, a mortalidade de leitões no parto e do nascimento até o desmame é um dos maiores problemas dos sistemas de produção, resultando em grandes perdas econômicas e impactando no bem-estar animal (Su et al., 2008). Essa mortalidade gera problemas éticos e provavelmente dará uma imagem negativa da produção suína. Melhorar a sobrevivência dos leitões é então uma questão importante para a produção sustentável de suínos (Huby et al., 2003).

O número de leitões desmamados e o peso da leitegada é um fator chave para aumentar a produtividade é um dos principais objetivos a ser considerado na seleção para fêmeas suínas em programas de melhoramento genético (Banville et al., 2015; Lundgren et al., 2014; Nielsen et al., 2013; Ogawa et al., 2018).

Nas últimas três décadas houve um aumento de 20 para 30 leitões desmamados por fêmea ao ano e há a possibilidade de atingir o número de 40, concomitantemente com o aumento no número de nascidos (Koketsu et al., 2017). Entretanto, a seleção direta para tamanho da leitegada ao desmame é geralmente restrita devido à amamentação cruzada, o que torna difícil estimar adequadamente os parâmetros genéticos e modelar os efeitos diretos e maternos (Alves et al., 2018; Su et al., 2007). Uma alternativa seria melhorar o tamanho da leitegada ao desmame através da seleção do tamanho de leitegadas ao nascimento.

Todavia, estudos demonstraram que essa abordagem de seleção ao nascimento pode aumentar a mortalidade de leitões, diminuir o peso ao nascimento e o consequente desempenho da fêmea, bem como características de carcaça dos leitões (Hanenbergh et al., 2001; Su et al., 2007; Vangen et al.,

2005). Somado a isso, muitos programas de melhoramento não levam em consideração características de desempenho da leitegada, como o peso ao nascimento e uniformidade (Banville et al., 2015), o que pode agravar as consequências para esse tipo de seleção.

Ao passo que o aumento no tamanho de leitegada ocorre, há uma diminuição do custo por leitão (Zak et al., 2017), no entanto, a necessidade de cuidado aumenta, requerendo maior atenção dos funcionários, produção de leite e capacidade materna da fêmea (Putz et al., 2015). Além do tamanho de leitegada, muitas outras características que afetam o desempenho reprodutivo, como características que influenciam o número de desmamados, podem ser usadas nos programas de melhoramento suíno (Hanenberg et al., 2001).

Por outro lado, melhorar a habilidade materna das fêmeas e o desempenho de leitões na maternidade pode ser um dos pontos-chaves para reduzir a necessidade de manejo das leitegadas. Cada vez mais, o número de colaboradores diminui e a carga de trabalho aumenta, aumentando a exigência por animais mais eficientes, robustos e de fácil manejo (Zak et al., 2017).

1.2.2. Características de tamanho de leitegada

Na prática dos programas de melhoramento, o aumento no número de leitões desmamados é alcançado através da seleção para tamanho de leitegada ao nascimento (Su et al., 2007), tendo como requisito principal um aumento no número de nascido vivo (Ogawa et al., 2018). Entretanto, vem sendo demonstrada uma associação negativa entre tais características e a sobrevivência até o desmame (Nielsen et al., 2013; Putz et al., 2015; Su et al., 2007).

Como alternativa, Nielsen et al. (2013) demonstraram em rebanhos dinamarqueses que a seleção para número de leitões vivos ao quinto dia resulta em um aumento no número de nascidos concomitante a uma redução da mortalidade.

Características como número de nascidos totais e número de nascidos vivos apresentam uma grande amplitude de valores de herdabilidade na literatura, apesar de todos serem de magnitude baixa. Os valores observados

variam de 0,05 a 0,20 para o número de nascidos totais, e 0,05 a 0,19, para o número de nascidos vivos (Banville et al., 2015; Hanenberg et al., 2001; Nielsen et al., 2013; Ogawa et al., 2018; Su et al., 2007).

Rothschild (1996) encontrou como média na literatura valores de 0,10 e 0,07 para nascidos totais e nascidos vivos, respectivamente. O número de leitões vivos ao quinto dia apresenta herdabilidades similares variando de 0,03 a 0,11 (Nielsen et al., 2013; Putz et al., 2015; Su et al., 2007; Su et al., 2008).

1.2.3. Habilidade Materna

A habilidade materna pode ser conceituada como a habilidade da fêmea em prover um ambiente favorável para a progênie desenvolver-se, sendo um mecanismo integrado essencial para sobrevivência e crescimento da prole (Le Neindre et al., 1998). O comportamento materno afeta diretamente o número de leitões desmamados, característica de importância econômica, através do bem-estar e taxa de sobrevivência do leitão (Gade et al., 2008). Sabe-se que no desenvolvimento de jovens mamíferos há uma influência materna importante (Robison, 1972) e o efeito da habilidade materna é variável e diminuí ao longo da vida do leitão (Alves et al., 2018). A porca tem naturalmente um forte impacto na sobrevivência dos leitões, principalmente por sua capacidade de parir em boas condições, sua produção de leite e seu comportamento (Huby et al., 2003).

O leite materno geralmente é considerado o maior fator influenciador do desenvolvimento da progênie de mamíferos. No comportamento materno de fêmeas suínas, o desenvolvimento dos leitões a partir do leite, tem atraído o interesse de pesquisadores desde a década de 50, havendo uma intensificação dos estudos acerca da regulação hormonal desse comportamento (Algers & Uvnäs-Moberg, 2007). Sendo assim, quando discutido sobre efeito materno em suínos, geralmente é assumido que a produção de leite é o principal componente. Entretanto isso faria com que somente a produção de leite fosse suficiente para a estimativa desse efeito que na verdade representa uma pequena porcentagem da variação do peso ao desmame (Robison, 1972).

Cada leitão é capaz de mamar por conta própria, mas para o ajuste da porca é importante à distribuição do leite para todos os seus leitões e, durante

a lactação, o estímulo feito pelos leitões afetam a liberação de muitos hormônios que não somente regulam a descida do leite, mas o metabolismo da fêmea e a produção de leite (Algers & Uvnäs-Moberg, 2007). Sabe-se ainda que a taxa de crescimento de leitões é condicionada pela competição, que, quando existente, torna o peso ao nascimento importante na determinação do peso final (Robison, 1972).

A interação e complexidade entre efeitos genético aditivo materno e genético aditivo direto dos leitões é mais um fator de dificuldade encontrado nas mensurações de habilidade materna. Relatos de correlações negativas entre os efeitos genéticos aditivos direto e materno são observados comumente na literatura para características reprodutivas e de desempenho. Chen et al. (2003), por exemplo, obteve correlações genéticas negativas (-0,71 a -0,11) entre os efeitos direto e materno para características de tamanho de leitegada ao nascimento, tamanho de leitegada ao desmame e peso da leitegada aos 21 dias. Esse tipo de associação indica que as raças geneticamente superiores provêm um ambiente materno inferior para seus filhos e esse ambiente tende a mascarar a superioridade genética dos animais para as características reprodutivas e produtivas de interesse (Jungst & Kuhlers, 1984).

1.2.4. Características Indicadoras de Habilidade Materna

A habilidade materna, apesar de pertencer à fêmea, é resultado da interação entre indivíduos, ou seja, da interação entre dois materiais genéticos (matriz e leitão) que, em caso de amamentação cruzada, não são aparentados. Os genes da porca influenciam o crescimento dos leitões até o desmame mais do que os genes dos próprios leitões, mas após o desmame os genes próprios ganham mais importância (Solanes et al., 2004). O efeito materno estimado para peso ao desmame em uma raça composta foi quase duas vezes maior que o efeito direto, e o mesmo foi observado no ganho de peso até o desmame (Banville et al., 2015). Entretanto, características influenciadas por um maior componente materno têm uma complexidade adicional à caracterização da sua variabilidade (Robison, 1972).

Múltiplos fatores devem ser levados em conta na escolha do melhor critério de seleção. A herdabilidade está diretamente relacionada com o ganho genético na seleção e a correlação entre as características deve ser considerada para que a seleção para todas as características incluídas no índice seja eficiente e não haja resultado indesejável em alguma das características de importância econômica. Na escolha da melhor mensuração de habilidade materna em sistemas comerciais, também são fatores importantes o tempo despendido na coleta de informação, possível subjetividade, quando há variação de funcionários, e a existência de sistemas que assegurem a precisão dos dados, principalmente na identificação dos animais.

Várias características vêm sendo propostas como indicadoras de habilidade materna em suínos e outras espécies. Em bovinos, Koch (1972) utilizou como referência ao efeito materno a diferença entre pesos ao nascimento e taxa de ganho do nascimento ao desmame para estudar as diferenças no ambiente materno fornecido por vacas durante a gestação e amamentação. Embora esses fatores sejam ambientais na medida em que influenciam os filhos, eles são determinados também por fatores genéticos.

Em suínos, Banville et al. (2015) utilizaram o ganho de peso da leitegada até as três semanas de vida após a uniformização de leitegadas na raça composta Tai Zumu e encontraram herdabilidade de 0,20. No entanto, as correlações genéticas com nascidos vivos e nascidos totais foram de -0,28 e -0,30, respectivamente. Quando a característica analisada foi referente ao leitão (ganho de peso), os efeitos maternos superaram o efeito direto, sendo o mesmo observado para peso ao desmame. As herdabilidades maternas estimadas foram entre 0,10 e 0,14 enquanto as herdabilidade diretas foram entre 0,08 e 0,11.

Encontrar características apropriadas para descrever habilidades maternas não é fácil, e muitos autores a descrevem de diferentes formas, por exemplo, através de questionários aos funcionários e testes comportamentais (Gäde et al., 2008). Vangen et al. (2005) elaboraram um questionário, com observações e reflexões diárias feitas pela equipe que trabalha com as matrizes, para registrar o comportamento materno em um projeto para aumentar o conhecimento sobre a variabilidade genética em características

maternas e descobrir se alguma característica poderia ser utilizada para seleção genética. A reatividade da porca ao grito do leitão quando manuseado, o medo da porca aos humanos e a agressividade contra humanos pareceram ser possíveis características candidatas à seleção. As herdabilidades estimadas variaram de 0,11 a 0,16. Apesar da implementação de questionários parecer funcionar, devido ao pequeno banco de dados, não foi possível estudar as correlações com as características reprodutivas e mais estudos seriam necessários. Em outro estudo sobre reatividade observou-se que registros de reatividade durante o parto, embora não testados de forma controlada, não foram bons indicadores de habilidade materna (Baxter et al., 2011).

Avaliando através de escores o comportamento de grupo das fêmeas, atitude perante humanos, habilidade materna (cuidado com os leitões e reatividade), esmagamento de leitões e ataque aos leitões logo após o parto, Gäde et al. (2008) detectaram herdabilidades entre 0,02 e 0,07, sendo as menores para as duas últimas características. Entretanto, a característica de esmagamento mostrou-se a mais promissora para seleção, mesmo com baixa herdabilidade, devido à sua alta incidência e relativa facilidade de coleta.

Stratz et al. (2016), também avaliando o comportamento das fêmeas através de escores, consideraram promissor o uso das características de comportamento perante o grupo de fêmeas e comportamento de cuidado com o leitão como indicadoras de habilidade materna, salientando, entretanto, que a baixa herdabilidade (0,05 a 0,15) levaria a um ganho genético demorado.

Hanenberg et al. (2001) utilizaram como indicativo de habilidade materna a porcentagem de leitões desmamados do número total de leitões amamentados, incluindo os leitões recebidos e estimou herdabilidades entre 0,02 a 0,05. A correlação genética entre o potencial de leitões desmamados e o número de nascidos e o tempo de gestação com o número de nascidos, foi negativa e positiva, respectivamente. Logo, o tempo de gestação foi considerado como possível característica para seleção indireta de habilidade materna devido à correlação genética com o potencial de leitões desmamados (0,31 a 0,50) e herdabilidade (0,24 a 0,29).

A sobrevivência dos leitões no período de lactação está diretamente ligada com a capacidade da fêmea em prover um ambiente saudável. Lopez et al. (2017) avaliando mortalidade do nascimento ao desmame com diferentes

modelos (incluindo natimortos) encontraram estimativas de herdabilidade de 0,03, 0,05 e 0,07 a 0,08 para as raças Duroc, Landrace e Yorkshire, respectivamente.

Nesta ordem, Su et al. (2007) reportaram que a maior parte das mortes ocorre nos primeiros cinco dias após o nascimento e são atribuídas a mãe biológica. Ao avaliar o número de leitões vivos ao quinto dia como uma característica ligada com a habilidade materna obtiveram valores de herdabilidade entre 0,07 a 0,09.

A maioria das estimativas de herdabilidade para características de habilidade materna são baixas (frequentemente abaixo de 0,10) e as correlações genéticas com as demais características parecem ser um segundo fator limitante. Do ponto de vista evolutivo parece óbvio que algumas relações sejam negativas para que haja equilíbrio no crescimento das espécies e evite que se tornem maiores e produzam cada vez mais leite (Cundiff, 1972). Desse modo, agira como uma forma de controle populacional.

Tamanho é a complexidade dessa característica que mesmo diante de vários estudos publicados na literatura, Gäde et al. (2008) afirmaram que mais pesquisas são necessárias para encontrar uma característica apropriada para explicar a habilidade materna.

1.2.5. Efeitos nas mensurações de características indicadoras de habilidade materna

Um dos grandes fatores limitantes na maioria das mensurações de habilidade materna é a amamentação cruzada. A amamentação cruzada dificulta a coleta de dados no período de amamentação, uma vez que os leitões, e suas informações de desmame, geralmente são vinculados apenas às suas mães biológicas, tornando difícil o relacionamento dos leitões às matrizes que os amamentam.

Este processo de movimentação de leitões ocorre rotineiramente devido ao número de nascidos, à morte da fêmea ou falha na amamentação (dano no teto, variabilidade de tamanho de leitegada ou mortalidade de neonatos) e seus benefícios incluem maior uniformidade da leitegada maximizando a lactação e produtividade da porca (Smits & Collins, 2009). A mudança de leitões de uma

porca para outra também é feita frequentemente quando o número de leitões nascidos por porca não se adequa com sua capacidade de criação (Alexopoulos et al., 2018).

A doação e recepção de leitões geralmente não são aleatórias, fêmeas com maior produção de leite, temperamento calmo e melhor aparelho mamário, tendem a receber os leitões mais fracos e menores. Alves et al. (2018) observaram evidências de que o peso ao nascimento pode ser o primeiro fator para a doação de leitões. Entretanto, quando é realizada a padronização das leitegadas ao nascimento (amamentação cruzada), o peso ao nascimento dos leitões não influenciou no ganho de peso (Vangen et al., 2005), ao passo que sem intervenção, a maioria deles permaneceriam atrofiados ao longo da vida (Douglas et al., 2016).

Leitões com baixo peso no nascimento crescem mais lentamente e são menos eficientes, produzindo carcaças com maior proporção de gordura e menor proporção de carne magra que não pode ser compensado no seu crescimento pós-natal (Powell & Aberle, 1980; Rehfeldt et al. 2008). Além disso, estudos recentes demonstraram que um menor metabolismo energético, capilaridade dos tecidos musculares, abundância desses e características de células podem ser a razão do retardo (Stange et al., 2020). Devido a esses fatores, juntamente com a amamentação cruzada, algumas fêmeas podem acabar por receber apenas os leitões mais fracos e ter seu desempenho tanto no número de desmamados como no peso desmamado prejudicado. Entretanto, a sobrevivência parece estar mais relacionada à homogeneidade dentro da leitegada do que o peso médio em si (Huby et al., 2003). Knol et al. (2002), por exemplo, sugeriram que as análises genéticas de sobrevivência dos leitões devam ser corrigidas para os pesos ao nascimento para observar possibilidades de melhoramento além desse efeito.

Além desses fatores, verificou-se que a progênie de marrãs cresce mais lentamente, tem maior taxa de mortalidade e mais problemas de saúde do que a progênie de múltíparas (Smits & Collins, 2009). Produtores também observaram, em um estudo relacionado a habilidade materna, diferença no comportamento reativo de marrãs e porcas. No primeiro parto a reação ao som de um leitão gritando era mais forte (Vangen et al., 2005) comprovando a influência da ordem de parto na habilidade materna da fêmea.

1.3. HIPÓTESES

Existem características alternativas, passíveis de mensuração em sistemas comerciais de suínos, que podem expressar a habilidade materna e sua complexidade e são passíveis de serem utilizadas na seleção de suínos em programas de melhoramento genético para aumentar o peso e número de leitões desmamados por fêmea ao ano.

1.4. OBJETIVOS

Investigar novas características de desempenho da leitegada como indicadores de habilidade materna e qualidade de leitegada através da estimativa de parâmetros genéticos, analisando correlações com outras características de importância econômica, bem como propor sua utilização em programas de melhoramento genético suíno para que impactem positivamente no peso e qualidade dos leitões desmamados por fêmea ao ano.

CAPÍTULO II¹

¹Artigo formatado conforme as normas do periódico científico Livestock Science.

Características alternativas para melhorar a seleção para desempenho materno de fêmeas suínas

Juliana M. Dementshuk¹

¹Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. julianadm@yahoo.com

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar novas características como alternativas para melhor expressão da habilidade materna em suínos e a viabilidade de inclusão como critério de seleção em programas de melhoramento. Registros de desempenho na maternidade de 4.627 leitegadas de fêmeas suínas das raças Landrace e Large White foram utilizados para estimar os parâmetros genéticos através de abordagem bayesiana. A amamentação cruzada foi realizada apenas após identificação individual do leitão. O grupo de características alternativas foi formado pelas medidas de ganho de peso médio diário do nascimento a desmama da leitegada recebida e leitegada biológica, peso médio de desmame da leitegada recebida e leitegada biológica, peso total produzido da leitegada do nascimento ao desmame e potenciais de desmamados, calculado como a porcentagem de leitões desmamados do total de leitões recebidos no início do período de lactação. As herdabilidades estimadas para as características alternativas foram baixas (0,02 a 0,06) e condizentes com a complexidade das características indicadoras de habilidade materna. A elevada variação entre as correlações verificadas para as características nas raças alerta sobre o impacto do manejo, principalmente da amamentação cruzada, sobre as estimativas dos parâmetros genéticos em características complexas indicadoras de habilidade materna.

Devido a essas interações não parece existir uma definição única e comum de característica. Características alternativas de desempenho da leitegada atribuídas à fêmea como ganho de peso médio da leitegada e peso médio desmamado são passíveis de inserção em programas de melhoramento genético e podem ser a chave para melhorar a habilidade e o potencial da fêmea na maternidade, refletindo na qualidade do leitão desmamado e no peso desmamado por fêmea ao ano. Contudo, essas características não substituem, nos atuais índices de seleção, características referentes ao tamanho de leitegada que devem ser mantidas para atenuar uma possível correlação genética negativa entre as características.

Palavras-chaves: Amamentação cruzada, correlação genética, habilidade materna, herdabilidade, inferência bayesiana, melhoramento genético, parâmetro genético

Alternative traits to improve the maternal performance of sows

Juliana M. Dementshuk¹

¹Department of Animal Science, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. julianadm@yahoo.com

Abstract

The aim was to evaluate new traits as alternatives for better expression of maternal ability in sows and the feasibility of inclusion as a selection criterion in breeding programs. Maternity performance records of 4,627 Landrace and Large White litters were used to estimate genetic parameters using Bayesian approach. Cross-fostering was performed only after the individual identification of the piglet. The group of alternative traits was formed by the measures of average daily weight gain from birth to weaning from received and biological litter, average weaning weight from received and biological litter, total weight produced from litter from birth to weaning and potential of weaned, as the percentage of piglets weaned from the total piglets received at the beginning of the lactation period. The estimated heritabilities for the alternative traits were low (0.02 to 0.06) and are consistent with the complexity of the traits indicating maternal ability. The high variation between the correlations verified for the traits in the breeds warns about the impact of the management, mainly from cross-fostering, in the estimates of the genetic parameters of complex maternal ability traits. Due to these interactions there does not seem to be a single, common definition of a characteristic. Alternative litter performance traits attributed to the female such as average litter weight gain and average weaning weight are passive of inclusion in breeding programs and may be the key to or

improving the female's ability and potential in the maternity, reflecting on the quality of the weaned piglet and weight weaned per female per year. However, these traits do not replace the current litter size traits that must be maintained to mitigate possible negative associations between traits.

Key words: Animal breeding, Bayesian approach, cross-fostering, genetic correlation, genetic parameters, heritability, maternal ability

Introdução

Na suinocultura comercial, o número de leitões desmamados por fêmea ao ano tornou-se o mais importante indicador de produtividade das matrizes, diluindo o custo por leitão. Esse indicador contempla o número de partos ao ano e o número de desmamados por parto e tem sido alcançado através da seleção para tamanho de leitegada ao nascimento (Su et al., 2007) que foi por um longo período a única característica reprodutiva utilizada em programas de melhoramento (Vangen et al., 2005).

A seleção para um maior número de leitões nascidos, apesar de ter levado a um aumento na característica, teve influência negativa no peso médio ao nascimento e sobrevivência dos leitões (Hansen et al., 2001; Su et al., 2007; Surek et al., 2013; Vangen et al., 2005). Porém, Su et al. (2007) demonstraram que a maioria das mortes ocorre até o 5º dia de vida do leitão e que a sobrevivência até esse período possui correlação positiva com sobrevivência até o desmame. Avaliando a resposta a seleção da nova característica em rebanhos dinamarqueses, Nielsen et al. (2013) observaram um incremento de até 2,2 leitões vivos ao quinto dia por leitegada.

Contudo, à medida que o tamanho de leitegada aumenta há um aumento concomitante na demanda por produção de leite e capacidade materna das porcas (Putz et al., 2015). A amamentação cruzada é a forma amplamente utilizada nos sistemas para uniformizar e equalizar as leitegadas, garantindo a ingestão de leite e sobrevivência dos leitões. Entretanto, são observados diferentes níveis de implementação desse manejo. Devido à dificuldade de medição da produção de leite em porcas, melhorar a habilidade

materna pode ser um ponto-chave para reduzir a necessidade de manejo da leitegada, reduzindo os custos operacionais, e melhorar o desempenho, sobrevivência e bem-estar dos leitões no período pré-desmame.

A habilidade materna pode ser entendida como a habilidade da fêmea em fornecer condições de desenvolvimento e sobrevivência ao leitão. Até o desmame, o efeito genético materno parece ser o mais importante no crescimento dos leitões (Solanés et al., 2004). Nos primeiros dias de vida, o apoio materno é essencial, mas à medida que o leitão cresce, a dependência materna diminui e o efeito genético aditivo direto do leitão passa a ser o principal fator (Su et al., 2008).

Desenvolver um programa de melhoramento genético requer informações acuradas sobre as características de interesse. Portanto, o objetivo deste trabalho é avaliar, através da estimativa de parâmetros genéticos, novas características como alternativas para melhor expressão da habilidade materna em suínos e a viabilidade de inclusão como critério de seleção em programas de melhoramento.

Material e métodos

População e características avaliadas

Os registros de desempenho na maternidade de 4.627 leitegadas de fêmeas suínas das raças Landrace (LA) e Large White (LW) e de 55.620 leitões foram coletados entre dezembro de 2014 e dezembro de 2019. Os dados foram provenientes de um banco de dados pré-existente, não sendo necessária a aprovação do comitê de ética.

Os animais foram provenientes de um rebanho núcleo brasileiro. As fêmeas foram inseminadas artificialmente e colocadas em gaiolas individuais durante o parto e lactação. Os leitões foram identificados ao nascimento e pesados individualmente até as primeiras 24 horas de vida. A amamentação cruzada foi realizada apenas após identificação individual do leitão e foi permitida durante todo o período de lactação para promover o bem-estar animal e estar de acordo com os sistemas de produção vigentes atualmente no país. Além disso, foi permitida que essa amamentação cruzada ocorresse entre as raças. A partir do quinto dia de vida dos leitões foi fornecida ração seca especial para a fase inicial de vida. Os leitões foram desmamados em média aos 22 dias de vida.

Todos os eventos ocorridos a partir do nascimento até o desmame ou morte dos leitões foram registrados juntamente com o peso e a identificação da fêmea em que o leitão se encontrava. Os animais de ambas as raças foram mantidos sob as mesmas condições, sofreram a mesma pressão de seleção e foram selecionadas com base nos mesmos critérios de seleção durante o período estudado. O número mínimo de 14 tetos viáveis foi utilizado como critério de seleção independente nas fêmeas do plantel.

Foi avaliado um total de seis características alternativas, as quais foram estudadas juntamente com as tradicionais características de tamanho de leitegada (Tabela 1). O grupo de características alternativas, propostas neste trabalho para melhoria da expressão da habilidade materna em suínos, foi formado pelas medidas de ganho de peso médio diário do nascimento a desmama da leitegada (GMD), ganho de peso médio diário referindo a leitegada a sua mãe biológica (GMDB), peso médio de desmame (PMD), peso

médio de desmame da leitegada biológica (PMDB), peso total produzido de leitegada do nascimento ao desmame (PDT), potenciais de desmamados (POT), calculado como a porcentagem de leitões desmamados do total de leitões recebidos no início do período de lactação.

Em todas as análises as características foram tratadas como pertencentes às fêmeas. Essas características foram confeccionadas a partir das observações dos eventos individuais dos leitões presentes na leitegada que puderam ser relacionados à matriz correta devido à identificação única realizada ao nascimento.

Para avaliação da característica POT foi utilizada transformação de arco seno, $y_t = \arcsen(\sqrt{y})$, comumente utilizada para distribuições binominais (Su et al., 2007). Mensurações com valores de 100% foram direcionadas para $(n - \frac{1}{4})/n$, onde n é o tamanho da leitegada potencial.

As características de tamanho de leitegada foram compostas pelo número total de nascidos (NT), número de nascidos vivos (NV) e leitões vivos ao quinto dia (LV5), visto que já foram bastante estudadas e, em alguns casos, já são comumente utilizadas em programas de melhoramento genético suíno. Essas mensurações foram coletadas no momento do parto e, no caso do LV5, até o quinto dia após o parto com os registros de todas as mortalidades.

As observações individuais dos leitões com $\pm 2,5$ desvios padrões da média foram excluídas da leitegada a qual pertenciam. Apenas leitegadas com mais de 80% dos leitões com informações aceitáveis foram utilizadas na análise.

Foram avaliadas fêmeas de até terceiro parto com pelo menos duas observações registradas para melhor estimativa do efeito de ambiente

permanente, uma vez que a taxa de reposição do plantel é de 70% ao ano. Os registros de fêmeas que receberam leitões após seu primeiro desmame no mesmo ciclo de parto foram excluídos, pois implicaria na necessidade de oportunidades iguais para todas as fêmeas.

Análise estatística

Os parâmetros genéticos foram estimados através de abordagem bayesiana. A escolha e uso da abordagem bayesiana deu-se devido ao método prover a incerteza sobre as estimativas dos parâmetros genéticos, sendo útil para características complexas com banco de dados que podem não ser suficientemente grandes para gerar estimativas precisas, além de literatura escassa (BLASCO, 2001).

As herdabilidades foram estimadas através de análises uni-característica e as correlações genéticas através de análises bi-característica. Todas as características foram analisadas utilizando um modelo animal de repetibilidade conforme descrito abaixo em notação matricial:

$$y = Xb + Za + Wpe + \varepsilon$$

Onde y é o vetor de mensurações fenotípicas; X , Z e W são matrizes de incidência associadas a b , a e pe ; b é o vetor de efeitos fixos; a é o vetor de efeito genético aditivo; pe o efeito de ambiente permanente e ε é vetor do erro residual. Todos os efeitos aleatórios foram considerados com distribuição normal, assumindo:

$$a \sim N(0, A\sigma_a^2), pe \sim N(0, I_{pe}\sigma_{pe}^2) \text{ e } \varepsilon \sim N(0, I_\varepsilon\sigma_\varepsilon^2)$$

Onde A é a matriz de parentesco; I_{pe} e I_ε são matrizes identidade; σ_a^2 é a variância genética aditiva; σ_{pe}^2 é a variância de ambiente permanente e σ_ε^2 a

variância residual. O modelo bi característica foi explorado para estimar a correlação genética assumindo:

$$a \sim N(0, A \otimes G), pe \sim N(0, I_{pe} \otimes P) \text{ e } \varepsilon \sim N(0, I_\varepsilon \otimes R)$$

Onde G é a matriz de (co) variâncias genéticas, I_{pe} a matriz de incidência dos efeitos de ambiente permanente, P é a matriz de (co) variâncias dos efeitos de ambiente permanente, I_ε é a matriz de incidência dos resíduos e R a matriz de (co) variâncias residual.

Os efeitos fixos considerados no modelo descrito acima para cada característica foram definidos com base na significância ($P < 0,10$) obtida em análises uni variadas (Tabela 2). Os grupos de contemporâneos foram formados por mês e ano de parto e continham obrigatoriamente pelo menos 15 observações. A matriz de pedigree foi formada traçando 3 gerações ancestrais a partir dos indivíduos com observações.

As distribuições bayesianas posteriores das (co) variâncias foram determinadas utilizando o método de amostragem de Gibbs implementado em GIBBS1F90 (Misztal et al., 2018). Para cada característica foi gerada uma cadeia única de 300.000 amostras armazenadas a cada 50 amostras. O período de descarte foi de 100.000 (LA) e 70.000 (LW) amostras para as características de tamanho de leitegada e 80.000 amostras para as características alternativas. A convergência da cadeia para uma distribuição estacionária foi monitorada e confirmada pelo método de Geweke (1992), considerando 5% de significância para o teste Z, implementado no pacote “Boa” (Smith, 2016) do programa R (R Core Team, 2019) e graficamente. A média posterior foi estimada a partir das amostras remanescentes.

Resultados

O peso médio ao nascimento, após a amamentação cruzada foi de $1,294 \pm 0,205$ kg, na raça LW e, de $1,347 \pm 0,204$ kg na raça LA. O número médio de leitões desmamados foi de $10,73 \pm 2,73$ (LW) e $11,23 \pm 2,51$ (LA) com média de idade de $22,14 \pm 3,05$ (LW) e $22,11 \pm 2,97$ (LA) dias. Em média, 56,83% (LW) e 48,74% (LA) dos leitões sofreram algum tipo de movimentação entre as leitegadas (amamentação cruzada). A movimentação dos leitões entre leitegadas diminuiu em mais de 50% nos últimos quatro anos (Figura 1).

Ao longo dos anos, foi observada diminuição da mortalidade ao nascimento (2,6% em LA e 4,8% em LW), aumento no número de leitões vivos ao quinto dia (1,8 em LA e 2,8 em LW) e aumento no número e peso de desmamados (Figura 2). Entretanto, o peso médio ao nascimento dos leitões próprios e recebidos teve variação diferente nas duas raças, sendo de -0,066 kg (LA) e -0,113 kg (LW) nos leitões próprios e de -0,018 kg (LA) e -0,105kg (LW) nos leitões recebidos entre os anos 2015 e 2019. Quase 60% das mortalidades durante o período pré-desmame concentram-se até o quinto dia de vida (Figura 3). As médias fenotípicas (Tabela 2) não ajustadas das características avaliadas foram similares entre raças, exceto para PMD, PMDB e PDT que foram superiores em LA.

Dos efeitos fixos avaliados através da significância ($P < 0,10$), apenas o grupo contemporâneo foi utilizado em todos os modelos (Tabela 2). A característica POT foi a única que demonstrou diferença entre os efeitos fixos em cada raça e em LA não obteve o efeito de ordem de parto significativo.

As herdabilidades das características tradicionais de tamanho de leitegada foram similares dentro e entre as raças e variaram entre 0,10 e 0,12 (Tabela 3). Embora as variâncias genéticas aditivas estimadas tenham sido semelhantes entre as raças observou-se maior valor para a estimativa da variância de ambiente permanente na raça LA.

No geral, as herdabilidades estimadas para as características alternativas são igualmente de baixa magnitude (0,02 a 0,06) entre as raças (Tabela 4). As menores estimativas de herdabilidades (0,02) foram observadas para POT em ambas as raças. As variâncias genéticas e de ambiente permanente estimadas foram similares entre as raças para as características POT, GMDB e PMDB, diferentemente das verificadas para GMD, PMD e PDT que foram maiores na raça LW.

As correlações fenotípicas (Tabela 5) foram fracas (-0,14 a 0,12) para todas as características em ambas as raças, porém com uma magnitude levemente superior para LW.

As correlações genéticas (Tabela 6) foram estimadas como fracas a moderadas, mas com expressiva variação tanto entre as características alternativas como entre as raças, mas sem variação dentro da mesma característica alternativa com as características de leitegada. Houve a ocorrência de expressiva variação nos sentidos das correlações genéticas, sendo as maiores diferenças observadas entre as raças e para GMDB, PMDB e POT.

Discussão

As médias fenotípicas encontradas nas características de tamanho de leitegada (Tabela 2) são maiores que as reportadas em trabalhos anteriores nas mesmas raças em rebanhos núcleos ou não (Lopez et al., 2017; Ogawa et al., 2018; Putz et al., 2015; Zhe et al., 2016). Esse aumento pode ser justificado pela alta pressão de seleção aplicada ao LV5 no rebanho avaliado e ainda por implementações constantes de melhorias nos manejos dos animais, principalmente quanto à assistência ao parto e aos leitões nas primeiras 24 horas de vida.

Ao longo dos anos avaliados houve um incremento na média fenotípica de LV5 e redução expressiva da mortalidade (MO) (Figura 2). A característica LV5 tem correlação genética positiva e moderada com sobrevivência (Su et al., 2007) e positiva e forte com número total de leitões nascidos e nascidos vivos (PUTZ et al., 2015), o que possivelmente pode ter permitido o incremento concomitante em NT e NV e consequente diminuição da mortalidade.

Nielsen et al. (2013) destacaram em seu estudo uma tendência fenotípica e genética clara de redução da mortalidade e aumento do tamanho de leitegada após seis anos de uso da característica LV5 como critério de seleção em um programa de melhoramento genético. Eles alcançaram uma redução de 5,9% na mortalidade e aumento de até 2,2 leitões vivos ao quinto dia na raça LW, e redução de 4,7% de mortalidade e incremento de 1,7 leitões vivos ao quinto dia na raça LA.

Apesar da redução da mortalidade na população avaliada, as mortes ainda ocorrem em maior parte nos primeiros dias de vida do leitão (Figura 3).

Putz et al. (2015) reportaram que 80% das mortes já haviam ocorrido até o 9º dia de vida, similar ao presente estudo em que nesse mesmo período já havia ocorrido 69% e 79% das mortes nas raças LW e LA, respectivamente. As maiores causas das mortes geralmente são natimortos, morte logo após o nascimento, esmagamento e fome (Su et al., 2007). Leitões que nascem com menor vitalidade possuem desvantagem na disputa por tetos e conseqüentemente ingestão de colostro e leite. Além disso, devido a reações e movimentações mais lentas são mais propensos a serem esmagados principalmente nas primeiras horas de vida.

As variâncias genéticas, de ambiente permanente e residual estimadas para as características de tamanho de leitegada (Tabela 3) estão próximas às reportadas em outros estudos (Chen et al., 2003, Lopez e Seo, 2019; Nielsen et al., 2015; Putz et al., 2015), embora entre eles tenha-se observado grandes amplitudes na variância genética aditiva (de 0,505 a 1,353), na variância de ambiente permanente (de 0,415 a 0,971) e na variância residual (de 4,686 a 13,19).

As estimativas de herdabilidades para as características de tamanho de leitegada não diferiram entre as raças e foram, em ambos os casos, baixas. Assim como ocorre com os componentes de variância há também uma grande variação nas estimativas entre estudos (0,03 a 0,12) para as mesmas raças (Hanenberg et al., 2001; Lopez et al., 2017; Nielsen et al., 2013; Ogawa et al., 2018; Putz et al., 2015; Su et al., 2008). Essas diferenças podem estar atreladas a fatores como quantidade de observações e animais, uso de modelos mais ou menos complexos e estrutura do banco de dados e população, assim como a inclusão de diferentes partições e prática de

diferentes intensidades de seleção (Chen et al., 2003; Lopez e Seo, 2019; Nielsen et al., 2013; Putz et al., 2015).

Para as características alternativas, relacionadas à sobrevivência até o desmame, POT, embora diretamente relacionado ao número de desmamados, foi a característica que apresentou a menor herdabilidade (0,02) (Tabela 4). Valores próximos (0,02 a 0,05) foram obtidos por Hanenberg et al. (2001) para o mesmo tipo de mensuração em uma população de Landrace em diferentes partições. Para eles a característica é uma combinação entre a vitalidade dos leitões e a real habilidade da mãe, entretanto, uma amamentação cruzada não aleatória dos leitões pode causar uma subestimação do potencial da fêmea devido ao fato das porcas com maior capacidade materna tenderem a cuidar de leitões mais fracos provenientes muitas vezes de fêmeas de baixa habilidade materna.

As baixas estimativas de herdabilidade para as características alternativas relacionadas a pesos (GMD, GMDB, PMD, PMDB e PDT) foram semelhantes as heranças maternas relatadas por Alves et al. (2018) no peso individual ao desmame (0,05 a 0,06), por Stratz et al. (2016) no peso médio da leitegada ao desmame, (0,03-0,05) e por Chen et al. (2003), para peso da leitegada aos 21 dias (0,08-0,09). Características influenciadas por um maior componente genético materno têm uma complexidade adicional à caracterização da sua variabilidade (Robison, 1972). Por isso, embora características de desempenho como peso e ganho de peso geralmente possuam herdabilidade moderadas a alta, quando relacionadas à fêmea apresentam herdabilidades bem menores.

As características de crescimento pré-desmame são controladas pela mãe mais que controladas pelos genes do próprio indivíduo, esse efeito diminui à medida que o leitão cresce e nas características pós-desmame o efeito materno já não é significativo (Solanes et al., 2004). Critérios de seleção indicadores de habilidade materna são escassos na literatura e a interpretação e comparação de resultados são dificultadas pelos diferentes tipos de mensuração, escalas e análise dos dados (Gäde et al., 2008; Stratz et al., 2016). Somado a isso, há uma grande variação de idades ao desmame ou tempo de lactação das fêmeas, tornando o período pré-desmame diferente entre os trabalhos podendo variar em até 10 dias. Além disso, diferentes níveis de amamentação cruzada são empregados nos sistemas de criação.

As características alternativas GMD, PMD, PDT são diretamente e altamente influenciadas pelo manejo, apesar de que em certo nível todas as características sejam afetadas. Entretanto, GMD, PMD e PDT são bastante influenciadas pela condição da maternidade, número de fêmeas que pariram naquele mesmo período e estado das leitegadas, ou seja, podendo haver variação nas estratégias de amamentação cruzada ou padrões adotados que podem ou não se repetir da mesma forma nos ciclos subsequentes.

Por exemplo, uma fêmea que no primeiro ciclo recebeu uma leitegada pesada pode no ciclo seguinte receber leitões leves e fracos sem nenhuma causa específica, apenas por necessidade do momento. Essas variações no manejo podem ter afetado de maneira diferente as raças e conseqüentemente as estimativas das variâncias de ambiente permanente e residual (Tabela 4).

A raça LW por apresentar tetos mais delicados e finos acaba muitas vezes por receber os leitões mais fracos quando necessário o que é

confirmado pelo menor peso médio ao nascer dos leitões recebidos (-53g) e maior taxa de amamentação cruzada (+8,09%) em relação a LA. Apesar da queda na movimentação entre leitegadas nos últimos anos em ambas as raças (Figura 1) a diferença entre as duas raças ainda foi perceptível. A média de leitões movimentados (>48%) no presente estudo foi bem maior que a realizada em estudos anteriores que proibiram esse tipo de manejo, não tiveram a necessidade tal, por fatos como um menor número de nascidos, ou apresentaram taxas reduzidas de amamentação cruzada (4% a 18%) (Hanenbergh et al., 2001; Putz et al., 2015; Solanes et al., 2004; Su et al., 2007; Su et al., 2008).

Entretanto, na suinocultura brasileira atual a amamentação cruzada é largamente praticada devido ao alto número de leitões nascidos. A amamentação cruzada geralmente não é aleatória, fêmeas de maior habilidade, com maior produção de leite, temperamento calmo e melhor aparelho mamário, tendem a receber os leitões mais fracos e menores. Há evidências de que o peso de nascimento pode ser o primeiro fator para a doação de leitões (Alves et al., 2018). Portanto, quando se busca avaliar a habilidade materna utilizando como critério o desempenho da leitegada a utilização do peso inicial da leitegada é fundamental como estratégia para minimizar a subestimação do efeito da fêmea sobre a leitegada e reduzir o efeito da amamentação cruzada.

Correlações fenotípicas mais fracas (Tabela 5) são esperadas em características de baixa herdabilidade, uma vez que a maior proporção da variação é explicada pelo erro (ambiente) do que pela própria genética do animal. Condições de inseminação, gestação e manejos na maternidade são

variáveis importantes na determinação do fenótipo das características avaliadas, tanto de tamanho de leitegada como as alternativas indicadoras de habilidade materna.

A correlação genética estimada entre POT e as características de tamanho de leitegada (Tabela 6) foram negativas e moderadas na raça LA. Hanenberg et al. 2001 estimou correlações similares entre POT e NT (-0,30 a -0,56) observando também correlações negativas entre POT e número de natimortos (-0,10 a -0,47). Diferentes estimativas de correlações genéticas entre POT e tamanho de leitegada foram observados na raça LW com correlações positivas fracas a moderadas. Essa diferença pode estar atrelada a seleção exercida sobre a característica LV5, mesmo que aplicada à ambas as raças, a raça LW apresentou tendência de maior crescimento fenotípico na característica e maior achatamento da curva de mortalidade por dia de vida dos leitões. Putz et al. (2015) estimaram correlações genéticas positivas entre LV5 e o número de desmamados (0,85 a 0,96). Assim como Su et al. (2008), que também estimaram correlações favoráveis entre LV5 e sobrevivência até o desmame (0,22 a 0,44).

O número de leitões desmamados por parto por fêmea entre o ano 2015 e 2019 aumentou em até 1,5 leitões por leitegada enquanto o aumento no número médio de leitões que a fêmea recebeu para potencial de desmame foi de apenas 1,1 (Figura 2). Apesar de que o peso ao nascer tanto de leitões recebidos quanto dos leitões próprios tenha apresentado decréscimo em LW, não afetou o potencial de desmamados. O aumento no número de leitões desmamados sem um aumento proporcional no número de leitões recebidos (Figura 2) demonstra uma tendência de aumento na qualidade do manejo dos

sistemas de criação e vitalidade do leitão, apesar da diminuição do peso ao nascimento, provável reflexo da seleção para LV5. A maior taxa de amamentação cruzada em LW também pode ser um dos fatores que aumentou a homogeneidade das leitegadas no período pré-desmame e favoreceu a sobrevivência dos leitões.

Putz et al. (2015) observaram fracas correlações entre o peso ao nascer e a sobrevivência dos leitões e consideraram a variação dentro da leitegada o fator mais importante para a sobrevivência devido a competição. Huby et al. (2003) também demonstraram em seu trabalho que a homogeneidade dentro da leitegada tende a ser mais importante para a sobrevivência durante o período pré-desmame que o peso médio ao nascimento.

Todavia, cada leitão é capaz de mamar por conta própria, mas para o ajuste da porca é importante a distribuição do leite para todos os seus leitões e, durante a lactação, o estímulo feito pelos leitões afeta a liberação de muitos hormônios que não somente regulam a descida do leite, mas o metabolismo da fêmea e a produção de leite (Algers e Uvnäs-Moberg, 2007). Dessa forma, a diferença no estado inicial e vitalidade dos leitões podem afetar de maneira significativa o desempenho da fêmea na maternidade, ou seja, ao mesmo passo em que a fêmea representa um fator importante para o desenvolvimento do leitão, o leitão também exerce efeito estimulante na fêmea. Conseqüentemente, no caso de extrema uniformização e formação de leitegadas com peso ao nascer muito baixo e pouca variação pode gerar baixo estímulo na fêmea e diminuição da capacidade maternal desta sendo muitas vezes eficiente na sobrevivência, mas não no desempenho em relação ao peso da leitegada.

A complexidade de mensurar a habilidade materna é sabida, uma vez que o manejo pode influenciar o desempenho da fêmea. Quando se fala em efeito materno em suínos, a produção de leite é o principal componente. Entretanto faria com que somente a produção de leite fosse suficiente para a estimativa desse efeito, mas apenas uma pequena variação nos pesos ao desmame é explicada por ela (Robison, 1972).

As características alternativas relacionadas às mães biológicas (PMDB e GMDB) apresentaram diferenças entre as raças. Correlações genéticas moderadas e negativas com as características de tamanho de leitegada foram observadas em LW (Tabela 6). Enquanto na raça LA as correlações genéticas foram fracas e positivas. Chen et al. (2003) observaram correlações genéticas de 0,10 a 0,15 entre nascidos vivos e o peso da leitegada aos 21 dias e relaciona as baixas correlações estimadas a amamentação cruzada.

Neste estudo, correlações moderadas e negativas foram também observadas em nosso estudo nas características alternativas GMD, PMD e PDT em LW, e fracas e negativas, em LA. Essas associações fracas a moderadas estão de acordo com as observadas por Banville et al. (2015) entre NT e NV com ganho de peso do nascimento às três semanas de vida (-0,28 a -0,30) e peso as três semanas (-0,63 a -0,71). Bouquet et al. (2006) também encontraram correlações genéticas maternas fracas de -0,05 a -0,25 entre peso a desmame e características de tamanho de leitegada, indicando que a seleção para o tamanho da leitegada pode resultar em redução das taxas de crescimento antes do desmame. Huby et al. (2003) observaram valores de correlação genética que variaram de -0,11 a -0,24 e 0,03 a 0,13 entre média de

peso aos 21 dias e média de peso ao desmame com tamanho de leitegada, respectivamente.

Apesar de o ganho de peso das leitegadas (GMD e GMDB) e pesos ao desmame (PMD, PMDB e PDT) apresentarem estimativas de herdabilidade baixas, a utilização de características alternativas de desempenho são aconselhadas e a escolha dentre essas características deve ser feita de acordo com o custo e possibilidade de mensuração particular de cada sistema de criação avaliando também a porcentagem de amamentação cruzada nos leitões. Seria indicado ainda o uso concomitante de características de tamanho de leitegada nos programas de melhoramento para minimizar algum possível efeito negativo no objetivo final de seleção quanto ao número de leitões. Essas características podem impactar positivamente nos indicadores de número de leitões desmamados e peso de leitegada desmamada ao ano por fêmea, diluindo os custos de produção da fase inicial, além de garantir leitões de qualidade para as fases subsequentes.

Em relação ao desempenho de peso das leitegadas (GMD, GMDB, PMD, PMDB e PDT) o peso ao nascer parece ser um ponto de começo importante. O peso ao nascimento do leitão tem sido relacionado positivamente ao desempenho durante o período pré-desmame (Fix et al., 2010; Kaufmann et al., 2000; Putz et al., 2015; Rehfeldt e Kuhn, 2006; Su et al., 2008). Suínos com baixo peso ao nascer possuem menor desempenho de crescimento e tendem a apresentar um peso menor no desmame devido à correlação genética positiva (0,12 a 0,70) entre essas características (Kaufmann et al., 2000; Rehfeldt e Kuhn, 2006). Por outro lado, as características de tamanho de leitegada tendem a ter correlação genética negativa (variando de -0.13 a -0.53) com o

peso ao nascer (Kaufmann et al., 2000; Roehe, 1999). Essa interação complexa entre as características pode estar resultando no final em uma associação negativa, apesar de fraca a moderada, entre o tamanho de leitegada e as características de desempenho.

Conclusão

O desempenho da fêmea suína no desmame é um importante indicador de produtividade e economia da granja. Melhorar a habilidade e o potencial da fêmea na maternidade refletirá na qualidade do leitão desmamado e no peso desmamado por fêmea ao ano. Além disso, com o alto número de nascidos atualmente uma maior capacidade materna pode reduzir manejos e custos da maternidade, por isso concluímos que as características alternativas de desempenho da leitegada atribuídas à fêmea como ganho de peso médio da leitegada e peso médio desmamado são passíveis de inserção em programas de melhoramento genético, pois apesar de possuírem herdabilidades baixas podem ser a chave para alcançar novos patamares de desmamados por fêmea ao ano.

A elevada variação entre as correlações verificadas para as características nas raças alerta sobre o impacto do manejo, principalmente da amamentação cruzada, sobre as estimativas dos parâmetros genéticos das complexas características indicadoras de habilidade materna e que o critério de seleção para habilidade materna pode não ser único para todas as condições. Esse manejo deve ser considerado na escolha da característica como critério de seleção, além da praticidade nas coletas de informações. As características

de ganho de peso próprias reduzem os riscos de erros durante as coletas de informações e em reduzidas taxas de amamentação cruzada possuem menor associação sobre o tamanho de leitegada ao nascimento. Contudo, as características alternativas propostas não substituem nos índices de seleção características referentes ao tamanho de leitegada que devem ser mantidas para atenuar possíveis influências da correlação genética negativa entre as características.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

- Algers, B., Uvnäs-Moberg, K., 2007. Maternal behavior in pigs. *Horm. Behav.* 52, 78–85. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2007.03.022>
- Alves, K., Schenkel, F.S., Brito, L.F., Robinson, J.A.B., 2018. Estimation of direct and maternal genetic parameters for individual birth weight and probe weight using cross-fostering information. *Can. J. Anim. Sci.* 98, 548–556. <https://doi.org/10.1139/cjas-2017-0137>
- Banville, M., Riquet, J., Bahon, D., Sourdioux, M., Canario, L., 2015. Genetic parameters for litter size, piglet growth and sow's early growth and body composition in the Chinese-European line Tai Zumu. *J. Anim. Breed. Genet.* 132. <https://doi.org/10.1111/jbg.12122>
- Blasco, A., 2001. The Bayesian controversy in animal breeding. *J. Anim. Sci.* 79, 2023–2046. <https://doi.org/10.2527/2001.7982023x>
- Bouquet, A., Canario, L., Bidanel, J.P., 2006. Genetic parameters of litter size , piglet preweaning mortality and growth in French Landrace pigs, in: *World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 8, World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Belo Horizonte*, pp. 06–09.
- Chen, P., Baas, T.J., Mabry, J.W., Koehler, K.J., Dekkers, J.C.M., 2003. Genetic parameters and trends for litter traits in U.S. Yorkshire, Duroc, Hampshire, and Landrace pigs. *J. Anim. Sci.* 81, 46–53. <https://doi.org/10.2527/2003.81146x>
- Fix, J.S., Cassady, J.P., Herring, W.O., Holl, J.W., Culbertson, M.S., See, M.T.,

2010. Effect of piglet birth weight on body weight, growth, backfat, and longissimus muscle area of commercial market swine. *Livest. Sci.* 127, 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.08.007>

Gäde, S., Bennewitz, J., Kirchner, K., Looft, H., Knap, P.W., Thaller, G., Kalm, E., 2008. Genetic parameters for maternal behaviour traits in sows. *Livest. Sci.* 114, 31–41. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.04.006>

Geweke, J., 1992. Evaluating the Accuracy of Sampling-Based Approaches to the Calculation of Posterior Moments, in: Bernardo, J.M., Berger, J.O., Dawid, A.P., Smith, A.F.M. (Eds.), *Bayesian Statistics 4*. Oxford University Press, Oxford, pp. 05-11.

Hanenberg, E.H.A.T., Knol, E.F., Merks, J.W.M., 2001. Estimates of genetic parameters for reproduction traits at different parities in Dutch Landrace pigs. *Livest. Prod. Sci.* 69, 179–186. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00258-X](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00258-X)

Huby, M., Gogué, J.-M., Maignel, L., Bidanel, J.-P., 2003. Genetic correlations between litter size and weights, piglet weight variability and piglet survival from birth to weaning in Large White pigs, in: 54th Annual Meeting of the European Association for Animal Production. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, pp. 362–372.

Kaufmann, D., Hofer, A., Bidanel, J.P., Künzi, N., 2000. Genetic parameters for individual birth and weaning weight and for litter size of Large White pigs. *J. Anim. Breed. Genet.* 117, 121–128. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0388.2000.00238.x>

- Lopez, B.I., Kim, T.H., Makumbe, M.T., Song, C.W., Seo, K.S., 2017. Variance components estimation for farrowing traits of three purebred pigs in Korea. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 30, 1239–1244.
<https://doi.org/10.5713/ajas.17.0002>
- Lopez, B.I.M., Seo, K., 2019. Genetic parameters for litter traits at different parities in purebred Landrace and Yorkshire pigs. *Anim. Sci. J.* 90, 1497–1502. <https://doi.org/10.1111/asj.13298>
- Misztal, I., Tsuruta, S., Lourenco, D., Masuda, Y., Aguilar, I., Legarra, A., Vitezica, Z., 2018. Manual for BLUPF90 family of programs.
http://nce.ads.uga.edu/wiki/lib/exe/fetch.php?media=blupf90_all7.pdf.
(Acessado em 3 de março de 2019)
- Nielsen, B., Su, G., Lund, M.S., Madsen, P., 2013. Selection for increased number of piglets at d 5 after farrowing has increased litter size and reduced piglet mortality. *J. Anim. Sci.* 91, 2575–2582.
<https://doi.org/10.2527/jas.2012-5990>
- Ogawa, S., Konta, A., Kimata, M., Ishii, K., Uemoto, Y., Satoh, M., 2018. Estimation of genetic parameters for farrowing traits in purebred Landrace and Large White pigs. *Anim. Science J.* 90, 23–28.
<https://doi.org/10.1111/asj.13120>
- Putz, A.M., Tiezzi, F., Maltecca, C., Gray, K.A., Knauer, M.T., 2015. Variance component estimates for alternative litter size traits in swine. *J. Anim. Sci.* 93. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9416>
- R CORE TEAM. **R**: A Language and Environment for Statistical Computing.

- Vienna, Austria. 2019. <https://www.R-project.org>.
- Rehfeldt, C., Kuhn, G., 2006. Consequences of birth weight for postnatal growth performance and carcass quality in pigs as related to myogenesis1. *J. Anim. Sci.* 84, E113–E123. https://doi.org/10.2527/2006.8413_supplE113x
- Robison, O.W., 1972. The Role of Maternal Effects in Animal Breeding: V. Maternal Effects in Swine. *J. Anim. Sci.* 35, 1303–1315. <https://doi.org/10.2527/jas1972.3561303x>
- Roehe, R., 1999. Genetic determination of individual birth weight and its association with sow productivity traits using Bayesian analyses. *J. Anim. Sci.* 77, 330–343. <https://doi.org/10.2527/1999.772330x>
- Smith, B.J., 2016. Bayesian Output Analysis Program (BOA) for MCMC. University of Iowa, Iowa, 2016. <https://cran.r-project.org/web/packages/boa/index.html>. Version 1.1.8-2. (Acessado em 18 de maio de 2019)
- Solanes, F.X., Grandinson, K., Rydhmer, L., Stern, S., Andersson, K., Lundeheim, N., 2004. Direct and maternal influences on the early growth , fattening performance , and carcass traits of pigs. *Livest. Prod. Sci.* 88, 199–212. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2003.12.002>
- Stratz, P., Just, A., Faber, H., Bennewitz, J., 2016. Genetic analyses of mothering ability in sows using field-recorded observations. *Livest. Sci.* 191. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.06.014>
- Su, G., Lund, M.S., Sorensen, D., 2007. Selection for litter size at day five to improve litter size at weaning and piglet survival rate. *J. Anim. Sci.* 85,

1385–1392. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-631>

Su, G., Sorensen, D., Lund, M.S., 2008. Variance and covariance components for liability of piglet survival during different periods. *Animal* 2, 184–189.

<https://doi.org/10.1017/S1751731107001115>

Surek, D., Barrilli, L.N.E., Bueno, I.J.M., Krabbe, E.L., Alberton, G.C., Maiorka, A., 2013. Growth of suckling piglets in litters standardized by weight. *J. Anim. Sci.* 92, 177–181.

<https://doi.org/10.2527/jas.2013-6651>

Vangen, O., Holm, B., Valros, A., Lund, M.S., Rydhmer, L., 2005. Genetic variation in sows' maternal behaviour, recorded under field conditions. *Livest. Prod. Sci.* 93, 63–71.

<https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.11.007>

Zhe, Z., Hao, Z., Rong-yang, P.A.N., Long, W.. U., Ya-lan, L.I., Zan-mou, C., Geng-yuan, C.A.I., Jia-qi, L.I., Zhen-fang, W.U., 2016. Genetic parameters and trends for production and reproduction traits of a Landrace herd in China. *J. Integr. Agric.* 15, 1069–1075.

[https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(15\)61105-4](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61105-4)

Tabela 1. Média, desvio padrão (DP), número de observações (*N*) e número de fêmeas em cada característica analisada nas raças Large White (LW) e Landrace (LA).

Característica ¹	LW				LA			
	Média	DP	<i>N</i>	Fêmeas	Média	DP	<i>N</i>	Fêmeas
NT	16,12	3,42	576	1363	16,12	3,30	606	1540
NV	14,81	3,05	576	1363	14,96	3,012	606	1540
LV5	14,32	2,90	576	1363	14,00	2,88	606	1540
GMD	0,20	0,05	435	1017	0,21	0,04	487	1146
GMDB	0,20	0,04	574	1449	0,21	0,04	588	1485
PMD	5,67	0,98	418	970	6,09	1,01	459	1074
PMDB	4,27	0,85	577	1453	4,66	0,88	594	1500
PDT	61,06	17,25	409	947	66,71	17,00	470	1098
POT	0,95	0,07	399	917	0,95	0,07	448	1046

NT: Número total de nascidos; NV: Número de nascidos vivos; LV5: Leitões vivos ao quinto dia; GMD: Ganho de peso diário; PMD: Peso a desmama; GMDB: Ganho de peso diário referente a leitegada biológica; PMDB: Peso a desmama referente a leitegada biológica; PDT: Peso total desmamado; POT: potencial de desmame;

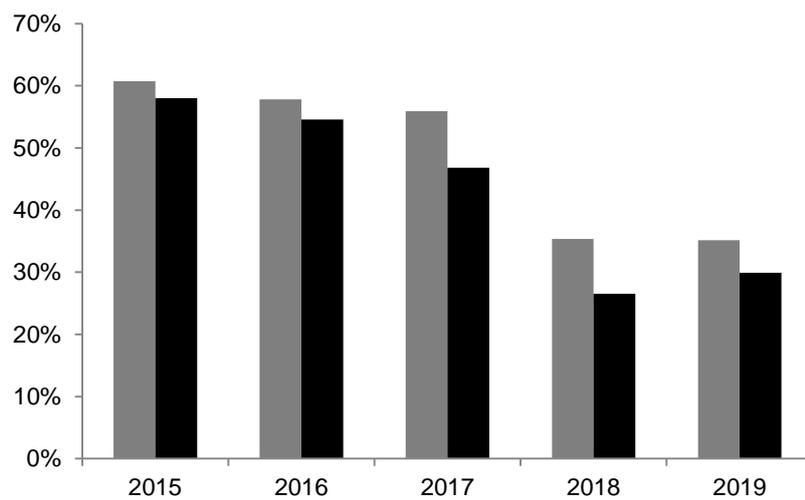


Figura 1. Porcentagem de realocações de leitões durante os anos nas raças Landrace (preto) e Large White (cinza).

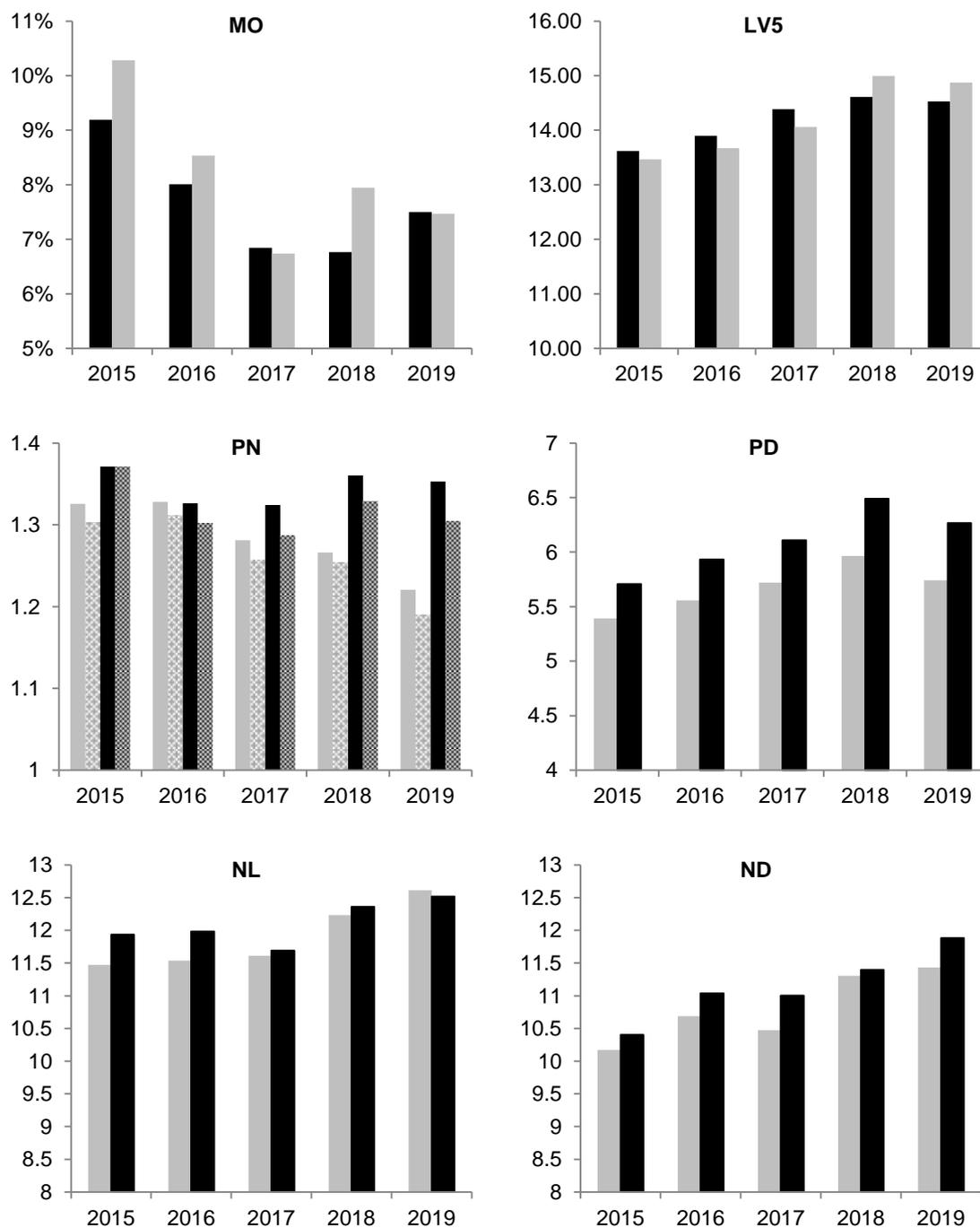


Figura 2. Média fenotípica anual da mortalidade no parto (MO), leitões vivos ao quinto dia (LV5), peso ao nascer dos leitões recebidos (sólido) e leitões próprios (rajados) (PN), peso ao desmame (PD), número de leitões recebidos (NL) e número de desmamados (ND) nas raças Landrace (preto) e Large White (cinza).

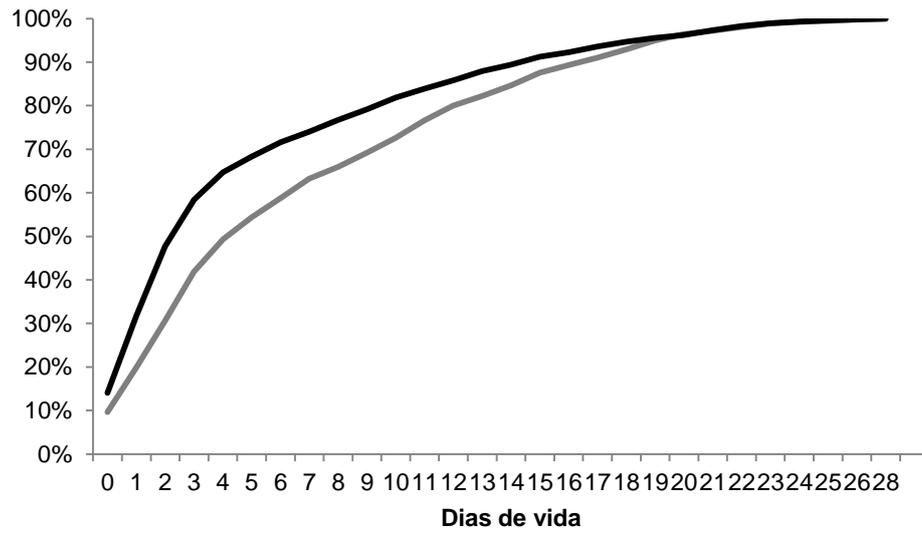


Figura 3. Mortes acumuladas por dia de vida dos leitões nas raças Landrace (preto) e Large White (cinza).

Tabela 2. Significância dos efeitos fixos e covariáveis obtidas através de modelos de efeitos fixos nas raças Landrace (LA) e Large White (LW).

Raça	Característica ¹	Covariável ²			Efeito Fixo ³	
		ID	PN	NL	OP	GC
LW	NT	-	-	-	***	**
LA	NT	-	-	-	***	**
LW	NV	-	-	-	***	***
LA	NV	-	-	-	***	**
LW	LV5	-	-	-	***	***
LA	LV5	-	-	-	***	‘
LW	GMD	***	***	***	‘	***
LA	GMD	*	***	*	***	***
LW	GMDB	***	**	-	*	***
LA	GMDB	***	***	-	***	***
LW	PMD	***	***	***	*	***
LA	PMD	***	***	**	***	***
LW	PMDB	***	***	-	**	***
LA	PMDB	***	***	-	***	***
LW	PDT	***	***	***	***	***
LA	PDT	***	***	***	***	***
LW	POT		***	***	*	***
LA	POT		‘	***		‘

***P<0,0001; **P<0,001; *P<0.05; ‘ P<0.1; - Não utilizado;

¹ NT, nascidos totais; NV, nascidos vivos; LV5, nascidos vivos ao quinto dia; GMD, ganho de peso médio até o desmame; GMDB, ganho de peso médio até o desmame da leitegada biológica; PMD, peso médio ao desmame; PMDB, peso médio ao desmame da leitegada biológica; PDT, peso total desmamado;; POT, potenciais de desmamados.

²ID, idade média no desmame; PN, Peso médio ao nascer; NL, número de leitões.

³OP, ordem de parto; GC, grupo contemporâneo (ano-mês).

Tabela 3. Média da distribuição posterior, erro padrão (EP) e intervalo de confiança (IC) da variância genética aditiva (σ_a^2), variância de ambiente permanente (σ_{pe}^2), variância residual (σ_r^2) e herdabilidade (h^2) para as características tradicionais analisadas nas raças Large White e Landrace.

Característica ¹	LW				LA				
	Média	EP	IC		Média	EP	IC		
			5%	95%			5%	95%	
NT	σ_a^2	1,388	1,369	0,415	0,007	1,173	1,156	0,459	0,007
	σ_{pe}^2	0,324	0,247	0,289	0,005	0,664	0,625	0,426	0,006
	σ_r^2	9,732	9,710	0,464	0,007	8,582	8,563	0,405	0,006
	h^2	0,12	0,12	0,03	0,00	0,11	0,11	0,04	0,00
NV	σ_a^2	0,972	0,956	0,325	0,005	1,039	1,024	0,399	0,006
	σ_{pe}^2	0,304	0,244	0,255	0,004	0,564	0,529	0,364	0,005
	σ_r^2	7,751	7,734	0,372	0,006	7,257	7,245	0,343	0,005
	h^2	0,11	0,11	0,03	0,00	0,12	0,12	0,04	0,00
LV5	σ_a^2	0,795	0,778	0,299	0,005	0,825	0,803	0,347	0,005
	σ_{pe}^2	0,309	0,258	0,250	0,004	0,532	0,505	0,332	0,005
	σ_r^2	7,085	7,069	0,342	0,005	6,801	6,794	0,321	0,005
	h^2	0,10	0,10	0,04	0,00	0,10	0,10	0,04	0,00

NT: Número total de nascidos; NV: Número de nascidos vivos; LV5: Leitões vivos ao quinto dia.

Tabela 4. Média da distribuição posterior, erro padrão (EP) e intervalo de confiança (IC) da variância genética aditiva (σ_a^2), variância de ambiente permanente (σ_{pe}^2), variância residual (σ_r^2) e herdabilidade (h^2) para as características alternativas analisadas nas raças Large White e Landrace.

Característica ¹	LW				LA				
	Média	EP	IC		Média	EP	IC		
			5%	95%			5%	95%	
POT	σ_a^2	0,00026	0,00020	0,00024	0,00000	0,00034	0,01274	0,00027	0,00000
	σ_{pe}^2	0,00046	0,00037	0,00037	0,00001	0,00049	0,00042	0,00037	0,00001
	σ_r^2	0,01351	0,01419	0,00074	0,00001	0,01274	0,01272	0,00068	0,00001
	h^2	0,02	0,01	0,02	0,00	0,02	0,02	0,02	0,00
GMD	σ_a^2	0,00009	0,00008	0,00006	0,00000	0,00004	0,00004	0,00003	0,00000
	σ_{pe}^2	0,00011	0,00011	0,00007	0,00000	0,00003	0,00002	0,00003	0,00000
	σ_r^2	0,00143	0,00142	0,00008	0,00000	0,00128	0,00128	0,00006	0,00000
	h^2	0,06	0,05	0,04	0,00	0,03	0,03	0,02	0,00
GMDB	σ_a^2	0,00004	0,00004	0,00003	0,00000	0,00004	0,00004	0,00003	0,00000
	σ_{pe}^2	0,00004	0,00004	0,00003	0,00000	0,00005	0,00005	0,00003	0,00000
	σ_r^2	0,00099	0,00099	0,00005	0,00000	0,00088	0,00088	0,00004	0,00000
	h^2	0,04	0,03	0,02	0,00	0,04	0,04	0,03	0,00
PMD	σ_a^2	0,0227	0,0180	0,0193	0,0003	0,0187	0,0158	0,0154	0,0002
	σ_{pe}^2	0,0406	0,0373	0,0270	0,0004	0,0178	0,0142	0,0146	0,0002
	σ_r^2	0,6607	0,6599	0,0388	0,0006	0,5564	0,5551	0,0300	0,0005
	h^2	0,03	0,02	0,03	0,00	0,03	0,03	0,03	0,00
PMDB	σ_a^2	0,0174	0,0154	0,0117	0,0002	0,0189	0,0174	0,0122	0,0002
	σ_{pe}^2	0,0236	0,0218	0,0158	0,0002	0,0246	0,0232	0,0158	0,0002
	σ_r^2	0,4566	0,4558	0,0218	0,0003	0,4309	0,4313	0,0205	0,0003
	h^2	0,03	0,03	0,02	0,00	0,04	0,04	0,03	0,00
PDT	σ_a^2	3,874	3,238	2,928	0,044	2,469	2,148	1,765	0,026
	σ_{pe}^2	5,249	4,604	3,554	0,054	1,666	1,173	1,603	0,024
	σ_r^2	83,440	83,380	4,826	0,073	74,900	74,830	3,749	0,055
	h^2	0,04	0,04	0,03	0,00	0,03	0,03	0,02	0,00

GMD, ganho de peso médio até o desmame; GMDB, ganho de peso médio até o desmame da leitegada biológica; PMD, peso médio ao desmame; PMDB, peso médio ao desmame da leitegada biológica; PDT, peso total desmamado; POT, potenciais de desmamados.

Tabela 5. Correlações fenotípicas (erro padrão nos parêntesis) entre as características alternativas (colunas) e as tradicionais (linhas) nas raças Large White (LW) e Landrace (LA).

		LW				
	GMD	PMD	GMDB	PMDB	PDT	POT
NT	-0,11 (0,04)	-0,13 (0,04)	-0,14 (0,03)	-0,09 (0,03)	-0,08 (0,04)	0,01 (0,04)
NV	-0,12 (0,04)	-0,13 (0,04)	-0,12 (0,03)	-0,07 (0,03)	-0,06 (0,04)	0,01 (0,04)
LV5	-0,09 (0,04)	-0,10 (0,04)	-0,10 (0,03)	-0,05 (0,03)	-0,03 (0,04)	0,08 (0,04)
		LA				
	GMD	PMD	GMDB	PMDB	PDT	POT
NT	0,00 (0,03)	-0,02 (0,03)	-0,03 (0,03)	0,01 (0,02)	-0,01 (0,03)	-0,02 (0,03)
NV	0,02 (0,03)	-0,01 (0,03)	-0,02 (0,03)	0,01 (0,02)	0,03 (0,03)	-0,01 (0,03)
LV5	0,05 (0,03)	0,03 (0,03)	0,01 (0,03)	0,05 (0,02)	0,08 (0,03)	0,12 (0,03)

NT: Número total de nascidos; NV: Número de nascidos vivos; LV5: Leitões vivos ao quinto dia; GMD: Ganho de peso diário; PMD: Peso a desmama; GMDB: Ganho de peso diário referente a leitegada biológica; PMDB: Peso a desmama referente a leitegada biológica; PDT: Peso total desmamado; POT: potencial de desmame; Erro padrão em

Tabela 6. Correlações genéticas (erro padrão nos parêntesis) entre as características alternativas (colunas) e as tradicionais (linhas) nas raças Large White (LW) e Landrace (LA).

LW						
	GMD	PMD	GMDB	PMDB	PDT	POT
NT	-0,46 (0,01)	-0,58 (0,01)	-0,48 (0,01)	-0,57 (0,01)	-0,57 (0,01)	0,50 (0,01)
NV	-0,50 (0,01)	-0,65 (0,01)	-0,55 (0,00)	-0,62 (0,01)	-0,55 (0,01)	0,32 (0,01)
LV5	-0,42 (0,01)	-0,55 (0,01)	-0,51 (0,01)	-0,60 (0,01)	-0,51 (0,01)	0,55 (0,01)
LA						
	GMD	PMD	GMDB	PMDB	PDT	POT
NT	-0,17 (0,01)	-0,20 (0,01)	0,06 (0,01)	0,09 (0,01)	-0,11 (0,01)	-0,71 (0,00)
NV	-0,28 (0,01)	-0,34 (0,01)	0,10 (0,01)	0,21 (0,01)	-0,30 (0,01)	-0,67 (0,01)
LV5	-0,26 (0,01)	-0,28 (0,01)	0,12 (0,01)	0,13 (0,01)	-0,22 (0,01)	-0,54 (0,01)

NT: Número total de nascidos; NV: Número de nascidos vivos; LV5: Leitões vivos ao quinto dia; GMD: Ganho de peso diário; PMD: Peso a desmama; GMDB: Ganho de peso diário referente a leitegada biológica; PMDB: Peso a desmama referente a leitegada biológica; PDT: Peso total desmamado; POT: potencial de desmame;

CAPÍTULO III

3.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produtividade da fêmea suína é um ponto chave na viabilidade econômica dos sistemas de criação. Sabe-se que com o aumento no número de nascidos há um requerimento maior da capacidade materna da fêmea, tornando fundamental a inclusão de critérios de seleção relacionados a esse fator em programas de melhoramento genético suíno. Entretanto, características indicadoras de habilidade materna são complexas e precisam ser estudadas mais a fundo.

A complexidade das correlações genéticas encontradas nesse estudo entre as características indicadoras de habilidade materna e tamanho de leitegada foi demonstrada pelas diferenças entre os vários tipos de mensurações e as raças. Além disso, a alta proporção de amamentação cruzada (>48%) e o método de uniformização da leitegada pode ter influenciado as estimativas obtidas aumentando o erro e interferindo nas correlações. Entretanto, com o crescente número de nascidos atual é difícil minimizar as ações de movimentações de leitões e métodos de modelagem do efeito da amamentação cruzada devem ser mais estudados a fim de facilitar a mensuração e melhoramento da capacidade materna das fêmeas.

As características de desempenho da leitegada como ganho médio diário e peso desmamado apesar de apresentarem baixas herdabilidades (0,03 a 0,06) são candidatas a tornarem-se critérios de seleção em programas de melhoramento genético suíno, mas não minimizam ou substituem a importância da utilização de características de tamanho de leitegada devido às correlações negativas fracas a moderadas entre essas características. O emprego de características indicadoras de habilidade e capacidade materna nos índices de seleção pode melhorar ainda mais a qualidade e número de desmamados por fêmea ao ano. Dentre as características avaliadas a escolha deve ser feita avaliando o método de amamentação cruzada empregado e a praticidade de coleta das informações. As características de ganho de peso biológicas reduzem os riscos de erros durante as coletas de informações e em reduzidas taxas de amamentação cruzada possuem menor efeito sobre o tamanho de leitegada.

3.2 REFERÊNCIAS

- ALEXOPOULOS, J. G. *et al.* A review of success factors for piglet fostering in lactation. **Animals**, Basel, v. 8, n. 3, [art.] 38, [p. 1–16], 2018.
- ALGERS, B.; UVNÄS-MOBERG, K. Maternal behavior in pigs. **Hormones and Behavior**, New York, v. 52, n. 1, p. 78–85, 2007.
- ALVES, K. *et al.* Estimation of direct and maternal genetic parameters for individual birth weight and probe weight using cross-fostering information. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 98, n. 3, p. 548–556, 2018.
- BANVILLE, M. *et al.* 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**, Berlin, v. 132, n. 4, p. 328-337, 2015.
- BAXTER, E. M. *et al.* Genetic and environmental effects on piglet survival and maternal behaviour of the farrowing sow. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 130, n. 1/2, p. 28–41, 2011.
- BLASCO, A. The Bayesian controversy in animal breeding. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 79, n. 8, p. 2023–2046, 2001.
- BOUQUET, A. *et al.* Genetic parameters of litter size, piglet preweaning mortality and growth in French Landrace pigs. *In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION*, 8., 2006, Belo Horizonte. **Proceedings** [...]. Belo Horizonte: World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 2006. p. 6-9.
- CHEN, P. *et al.* Genetic parameters and trends for litter traits in U.S. Yorkshire, Duroc, Hampshire, and Landrace pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 1, p. 46–53, 2003.
- CUNDIFF, L. V. The role of maternal effects in animal breeding: VIII. Comparative aspects of maternal effects. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 35, n. 6, p. 1335–1337, 1972.
- DOUGLAS, S. L.; EDWARDS, S. A.; KYRIAZAKIS, I. Are all piglets born lightweight alike? Morphological measurements as predictors of postnatal performance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 94, n. 8, p. 3510–3518, 2016.
- FIX, J. S. *et al.* Effect of piglet birth weight on body weight, growth, backfat, and longissimus muscle area of commercial market swine. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 127, n. 1, p. 51–59, 2010.
- GÄDE, S. *et al.* Genetic parameters for maternal behaviour traits in sows. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 114, n. 1, p. 31–41, 2008.

- GEWEKE, J. Evaluating the accuracy of sampling-based approaches to the calculation of posterior moments. *In*: BERNARDO, J. M. *et al.* (ed.). **Bayesian statistics 4**: proceedings of the Fourth Valencia International Meeting: dedicated to the memory of Morris H. DeGroot, 1931-1989: April 15-20, 1991. Oxford: Oxford University Press, 1992. [p. 1-31].
- HANENBERG, E. H. A. T.; KNOL, E. F.; MERKS, J. W. M. Estimates of genetic parameters for reproduction traits at different parities in Dutch Landrace pigs. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 69, n. 2, p. 179–186, 2001.
- HUBY, M. *et al.* Genetic correlations between litter size and weights, piglet weight variability and piglet survival from birth to weaning in Large White pigs. *In*: ANNUAL MEETING OF THE EUROPEAN ASSOCIATION FOR ANIMAL PRODUCTION, 54., 2003, Wageningen. **Proceedings** [...]. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2003. p. 362-372.
- JUNGST, S. B.; KUHLEERS, D. L. Estimates of additive genetic, maternal and specific combining abilities for some litter traits of swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 59, n. 5, p. 1140–1148, 1984.
- KAUFMANN, D. *et al.* Genetic parameters for individual birth and weaning weight and for litter size of Large White pigs. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, Berlin, v. 117, n. 3, p. 121–128, 2000.
- KNOL, E. F. *et al.* Direct, maternal and nurse sow genetic effects on farrowing-, pre-weaning- and total piglet survival. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 73, n. 2/3, p. 153–164, 2002.
- KOCH, R. M. The role of maternal effects in animal breeding: VI. Maternal effects in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 35, n. 6, p. 1316–1323, 1972.
- KOKETSU, Y.; TANI, S.; IIDA, R. Factors for improving reproductive performance of sows and herd productivity in commercial breeding herds. **Porcine Health Management**, London, v. 3, [art.] 1, [p. 1–10], 2017.
- LE NEINDRE, P. *et al.* Genetics of maternal ability in cattle and sheep. *In*: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 6., 1998, Guelph. **Proceedings** [...]. Guelph: World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 1998. p. 23-30.
- LOPEZ, B. I. *et al.* Variance components estimation for farrowing traits of three purebred pigs in Korea. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Seoul, v. 30, n. 9, p. 1239–1244, 2017.
- LOPEZ, B. I. M.; SEO, K. Genetic parameters for litter traits at different parities in purebred Landrace and Yorkshire pigs. **Animal Science Journal**, Richmond, v. 90, n. 12, p. 1497–1502, 2019.

LUNDGREN, H. *et al.* Genetic parameters for feed intake, litter weight, body condition and rebreeding success in primiparous Norwegian Landrace sows. **Animal**, Cambridge, v. 8, n. 2, p. 175–183, 2014.

MAŁOPOLSKA, M. M. *et al.* The replacement gilt: current strategies for improvement of the breeding herd. **Journal of Swine Health and Production**, Perry, v. 26, n. 4, p. 208–214, 2018.

MISZTAL, I. *et al.* **Manual for BLUPF90 family of programs**. Athens: University of Georgia, 2018.

NIELSEN, B. *et al.* Selection for increased number of piglets at d 5 after farrowing has increased litter size and reduced piglet mortality. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 91, n. 6, p. 2575–2582, 2013.

OGAWA, S. *et al.* Estimation of genetic parameters for farrowing traits in purebred Landrace and Large White pigs. **Animal Science Journal**, Richmond, v. 90, n. 1, p. 23–28, 2018.

POWELL, S. E.; ABERLE, E. D. Effects of birth weight on growth and carcass composition of swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 50, n. 5, p. 860–868, 1980.

PUTZ, A. M. *et al.* Variance component estimates for alternative litter size traits in swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 93, n. 11, p. 5153-5163, 2015.

R CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Version 3.6.1. Vienna: R Core Team, 2019. Disponível em: <https://www.R-project.org>. Acesso em: 20 ago. 2019.

REHFELDT, C.; KUHN, G. Consequences of birth weight for postnatal growth performance and carcass quality in pigs as related to myogenesis. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, p. E113-E123, 2006. Supl. 13.

ROBISON, O. W. The role of maternal effects in animal breeding: V. Maternal effects in swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 35, n. 6, p. 1303–1315, 1972.

ROEHE, R. Genetic determination of individual birth weight and its association with sow productivity traits using Bayesian analyses. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, n. 2, p. 330–343, 1999.

ROTHSCHILD, M. F. Genetics and reproduction in the pig. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 42, n. 1/4, p. 143–151, 1996.

SMITH, Brian J. **Package 'boa'**: Bayesian Output Analysis Program (BOA) for MCMC. Version 1.1.8-2. Iowa, 23 June 2016. [Pacote destinado a executar diagnóstico de convergência, análise estatística e gráfica de amostragem de Monte Carlo via Cadeias de Markov disponível no repositório CRAN].

Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/boa/index.html>. Acesso em: 18 maio 2019.

SMITS, R.; COLLINS, C. **Measurement and comparison of feed intake and growth performance during lactation and wean-finish of giltprogeny pigs cross-fostered onto multiparous sows**: report prepared for the Co-operative Research Centre for an Internationally Competitive Pork Industry. [Roseworthy]: CRC, 2009. (Report, 2D-111). Disponível em: http://porkcrc.com.au/2D-111_Final_Research_Report_mar09.pdf. Acesso em: 25 nov. 2018.

SOLANES, F. X. *et al.* Direct and maternal influences on the early growth, fattening performance, and carcass traits of pigs. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 88, n. 3, p. 199–212, 2004.

STANGE, K. *et al.* Low birth weight influences the postnatal abundance and characteristics of satellite cell subpopulations in pigs. **Scientific Reports**, London, v. 10, [art.] 6149, [p. 1–14], 2020.

STRATZ, Patrick *et al.* Genetic analyses of mothering ability in sows using field-recorded observations. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 191, p. 1-5, 2016.

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**, Champaign, v. 85, n. 6, p. 1385–1392, 2007.

SU, G.; SORENSEN, D.; LUND, M. S. Variance and covariance components for liability of piglet survival during different periods. **Animal**, Cambridge, v. 2, n. 2, p. 184–189, 2008.

SUREK, D. *et al.* Growth of suckling piglets in litters standardized by weight. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 92, n. 1, p. 177–181, 2013.

VANGEN, O. *et al.* Genetic variation in sows' maternal behaviour, recorded under field conditions. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 93, n. 1, p. 63–71, 2005.

ZAK, L. J. *et al.* Genetic control of complex traits, with a focus on reproduction in pigs. **Molecular Reproduction and Development**, New York, v. 84, n. 9, p. 1004–1011, 2017.

ZHE, Z. *et al.* Genetic parameters and trends for production and reproduction traits of a Landrace herd in China. **Journal of Integrative Agriculture**, Beijing, v. 15, n. 5, p. 1069–1075, 2016.

3.3 APÊNDICE

Guide for Authors – Livestock Science – Elsevier

Article structure

Manuscripts should have numbered lines, with wide margins and double spacing throughout, i.e. also for abstracts, footnotes and references. Every page of the manuscript, including the title page, references, tables, etc., should be numbered. However, in the text no reference should be made to page numbers; if necessary, one may refer to sections. Avoid excessive usage of italics to emphasise part of the text.

Manuscripts in general should be organized in the following order:

- Title should be clear, descriptive and not too long
- Abstract
- Keywords (indexing terms)
- Introduction
- Material studied, area descriptions, methods, techniques
- Results
- Discussion
- Conclusion
- Acknowledgment and any additional information concerning research grants, and so on
- References
- Figure captions
- Figures (separate file(s))
- Tables (separate file(s))

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. You can add your name between parentheses in your own script behind the

English transliteration. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.

• **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. This responsibility includes answering any future queries about Methodology and Materials. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**

• **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself. The abstract should not be longer than 400 words.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Formatting of funding sources

List funding sources in this standard way to facilitate compliance to funder's requirements:

Funding: This work was supported by the National Institutes of Health [grant numbers xxxx, yyyy]; the Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, WA [grant number zzzz]; and the United States Institutes of Peace [grant number aaaa].

It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided the funding.

If no funding has been provided for the research, please include the following sentence:

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Nomenclature and units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other quantities are mentioned, give their equivalent in SI. You are urged to consult IUB: Biochemical Nomenclature and Related Documents for further information. Authors and Editors are, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature, as laid down in the *International Code of Botanical Nomenclature*, the *International Code of Nomenclature of Bacteria*, and the *International Code of Zoological Nomenclature*. All biotica (crops, plants, insects, birds, mammals, etc.) should be identified by their scientific names when the English term is first used, with the exception of common domestic animals. All biocides and other organic compounds must be identified by their Geneva names when first used in the text. Active ingredients of all formulations should be likewise identified.

Math formulae

Please submit math equations as editable text and not as images. Present simple formulae in line with normal text where possible and use the solidus (/)

instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text). Equations should be numbered serially at the right-hand side in parentheses. In general only equations explicitly referred to in the text need be numbered. The use of fractional powers instead of root signs is recommended. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Levels of statistical significance which can be mentioned without further explanation are *P< 0.05, **P< 0.01 and ***P< 0.001. In chemical formulae, valence of ions should be given as, e.g. Ca²⁺, not as Ca⁺⁺.

Artwork

Formats

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format. Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):
 EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.
 TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.
 TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi.
 TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or online only. Further information on the preparation of electronic artwork.

Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules and shading in table cells.

References

References concerning unpublished data and "personal communications" should not be cited in the reference list but may be mentioned in the text.

Data references

This journal encourages you to cite underlying or relevant datasets in your manuscript by citing them in your text and including a data reference in your Reference List. Data references should include the following elements: author name(s), dataset title, data repository, version (where available), year, and global persistent identifier. Add [dataset] immediately before the reference so we can properly identify it as a data reference. The [dataset] identifier will not appear in your published article.

Reference management software

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support Citation Style Language styles, such as Mendeley. Using citation plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide. If you use reference management software, please ensure that you remove all field codes before submitting the electronic manuscript. More information on how to remove field codes from different reference management software.

Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by 'et al.' and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references can be listed either first alphabetically, then chronologically, or vice versa. Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999).... Or, as demonstrated (Jones, 1999; Allan, 2000)... Kramer et al. (2010) have recently shown ...'

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

3.4 VITA

Juliana Dementshuk Machado é brasileira nascida em Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil no dia 20 de maio de 1994. É filha de Mônica Beatriz Dementshuk e Flávio José Reinicke Machado.

Cursou o ensino fundamental e médio no colégio La Salle São João na mesma cidade. Em 2013 iniciou os estudos em zootecnia na Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Formou-se em 2018 com destaque acadêmico concedido pelo CRMV-RS. Durante a graduação foi bolsista de iniciação científica voluntária e posteriormente bolsista pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Em agosto de 2018 iniciou o curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal com bolsa concedida pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Como orientador do curso teve o Prof. Dr. Jaime Araujo Cobuci e coorientadora Luciana Salles de Freitas. A partir deste estudo foram aprovados em congressos nacionais e internacionais quatro resumos, mas devido à pandemia do novo coronavírus (COVID-19) ocorrida em 2020 os eventos foram suspensos. A defesa do presente trabalho e conclusão do curso ocorreram em setembro de 2020.