

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

Henrique da Costa Mendes Muniz

**MODELAGEM DO IMPACTO DA TAXA DE REPOSIÇÃO DE
MATRIZES NOS ASPECTOS PRODUTIVOS DE GRANJAS DE SUÍNOS**

Santa Maria, RS

2023

Henrique da Costa Mendes Muniz

**MODELAGEM DO IMPACTO DA TAXA DE REPOSIÇÃO DE
MATRIZES NOS ASPECTOS PRODUTIVOS DE GRANJAS DE SUÍNOS**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Doutor em Zootecnia**.

Orientador: Prof. Dr. Vladimir de Oliveira

Santa Maria, RS

2023

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com dados fornecidos pelo (a) autor (a).

Muniz, Henrique da Costa Mendes Muniz
MODELAGEM DO IMPACTO DA TAXA DE REPOSIÇÃO DE MATRIZES
NOS ASPECTOS PRODUTIVOS DE GRANJAS DE SUÍNOS / Henrique
da Costa Mendes Muniz Muniz.- 2023.
58 p.; 30 cm

Orientador: Vladimir de Oliveira
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Zootecnia, RS, 2023

1. Modelagem matemática 2. Taxa de reposição 3.
Aspectos produtivos 4. Matriz suína I. de Oliveira,
Vladimir II. Título.

© 2023

Todos os direitos autorais reservados a Henrique da Costa Mendes Muniz. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: henriquecmmuniz@hotmail.com

Henrique da Costa Mendes Muniz

**MODELAGEM DO IMPACTO DA TAXA DE REPOSIÇÃO DE
MATRIZES NOS ASPECTOS PRODUTIVOS DE GRANJAS DE SUÍNOS**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Doutor em Zootecnia**.

Aprovado em 31 de julho de 2023

Vladimir de Oliveira, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Alexandre de Mello Kessler, Dr. (UFRGS)
Videoconferência

Paulo Santana Pacheco, Dr. (UFSM)
Videoconferência

Bruno Neutzling Fraga, Dr. (UNIPAMPA)
Videoconferência

Marcos Speroni Ceron, Dr. (UFG)
Videoconferência

Santa Maria, RS
2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus pelo dom da vida.

Agradeço aos meus pais Sérgio Mendes Muniz e Marly da Costa Muniz, por estarem sempre disponíveis com conversas produtivas e inspiradoras.

Agradeço aos meus queridos e grandes irmãos Rodrigo e Bernardo da Costa Mendes Muniz, por sempre terem me incentivados a seguir meus sonhos, não poupando orientações, puxões de orelhas e conversas. Estendo meus agradecimentos a minhas cunhadas pois ao lado de grandes homens existem grandes mulheres, obrigado por simplesmente estarem ali em momentos bons e não tão bons.

Agradeço as minhas avós Margarida Wypczynski da Costa e Gelci Mendes Muniz (em memória), por terem sido minhas incentivadoras desde o início da graduação.

Agradeço a todos demais membros da família, tio(a)s e primo(a)s que me apoiaram, em especial a minha prima Vitória L.: “Obrigado pelas conversas e por me fazer sentir importante em momentos que não estava tão bem”.

Agradeço aos colegas da Pós-Graduação em Zootecnia da UFSM, em especial aos colegas que dividi sala neste período, Daniela K., Janaína M., Josué S., Leonardo R., Luciane S., e aos colegas da sala ao lado (Laboratório de Bovino de Corte), John K., Sander A., Rodrigo V., pelas conversas de descontração, apoio e dicas para melhor realizar as atividades propostas.

Agradeço a todos estagiários do Laboratório de Suinocultura, em especial ao Marrone S., Angela B., Anderson B., Nathalia S., Rafaela S., Victoria B., pelo apoio durante esse período e pelas conversas as quais me incentivaram a ir em busca de conhecimento.

Agradeço ao meu orientador, professor Vladimir de Oliveira, por sua dedicação na confecção deste trabalho, que rendeu muitos ensinamentos e pelas conversas de orientação.

Agradeço aos professores Arlei Rodrigues Bonet de Quadros, Bruno Neutzling Fraga, Marcos Speroni Ceron e Paulo Santana Pacheco pelas conversas, que refletiram em ensinamentos e auxílio na confecção dos artigos científicos.

Agradeço aos amigos da vida, em especial ao Iago C., Guilherme R., Enrique C., Fernando B., Matheus B., Eduardo M., Giovani M., Marcelus B., obrigado por acreditarem em mim, até mesmo quando nem eu mesmo acreditava.

Agradeço aos amigos de longa data Michael C., Dionatan N., Mateus E., Thiago D., pelas conversas que tivemos neste período que de uma forma, ou de outra, sempre me incentivaram a buscar meus ideais.

Agradeço a meus colegas de casa, Lucas e Dieison Casagrande, pelo apoio e pelas conversas que trocamos neste período.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo durante o período de doutorado.

Agradecer a CAPES PrInt, concessão de bolsa de estudos no exterior.

Agradeço a todos professores da Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) que me auxiliaram durante o período sanduíche, em especial aos professores Dr. Josep Gasà-Gasó e Dr. David Solà-Oriol, por todo ensinamento transmitido.

Agradezco en general a los colegas de pós grado de UAB, en especial, Oussama Tej, Eduardo Lopez, Elizabeth Anahí, Ana Karen y Lamia Lachemot por la recepción, por todas las charlas que tuvimos, fueran una parte muy agradable y "guay" de mí vida.

Resumo
MODELAGEM DO IMPACTO DA TAXA DE REPOSIÇÃO DE MATRIZES NOS
ASPECTOS PRODUTIVOS DE GRANJAS DE SUÍNOS

AUTOR: Henrique da Costa Mendes Muniz
ORIENTADOR: Vladimir de Oliveira

Foi confeccionado um modelo matemático simplificado de uma unidade produtora de desmamado e após foi realizado dois estudos. O primeiro teve objetivo de avaliar um modelo matemático determinístico para prever os possíveis impactos de diferentes taxas de reposição de porcas no desempenho de unidades produtoras de desmamados. No segundo foi avaliar através de simulação matemática, a influência de diferentes taxas de reposição de fêmeas em unidades produtoras de desmamados na quantidade e custo com alimentação. Concluímos no primeiro estudo que os módulos leitoas de reposição, gestação e lactação desenvolvidos no modelo têm o potencial de prever a estrutura do rebanho por ordem de parto e avaliar os efeitos da taxa anual de reposição das porcas na produtividade de unidades produtoras de desmamados. No segundo estudo conclui-se que a taxa de reposição influencia diretamente na estrutura do rebanho e com isso no custo com alimentação dentro das unidades produtoras de desmamados. Apontando menor custo com alimentação no cenário econômico médio, para a taxa de reposição de 35 % do plantel de uma unidade produtora de desmamados composta por 250 fêmeas.

Palavras-chave: Aspectos produtivos. Custo alimentação. Matriz suína.

Abstract

MODELING THE IMPACT OF SOW REPLACEMENT RATE ON PRODUCTIVE ASPECTS OF SWINE FARMS

AUTHOR: Henrique da Costa Mendes Muniz

ADVISER: Vladimir de Oliveira

A simplified mathematical model of farms units producing weaned was developed, and two studies were conducted. The first study aimed to evaluate a deterministic mathematical model to predict the potential impacts of different sow replacement rates on the performance of units producing weaned. The second study assessed, through mathematical simulation, the influence of different female replacement rates on the quantity and cost of feed in units producing weaned. In the first study, it was concluded that the replacement gilt, gestation, and lactation modules developed in the model have the potential to predict the herd structure by parity order and evaluate the effects of the annual replacement rate of sows on the productivity of units producing weaned. The second study concluded that the replacement rate directly influences the structure of the herd and therefore the cost of feed within the weaning production units. Pointing to a lower cost with feed in the average economic scenario, for the replacement rate of 35% of the herd of a weaning production unit composed of 250 sows.

Keywords: Feed cost. Productive aspects. Sows.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 HIPÓTESE	11
3 OBJETIVOS	11
3.1 OBJETIVO GERAL	11
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
4 ESTUDO BIBLIOGRÁFICA	12
4.1 MODELAGEM MATEMÁTICA.....	12
4.2 SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE SUÍNO.....	13
4.3 ESTRATÉGIAS PARA MELHORAR AS UNIDADE PRODUTORAS DE DESMAMADOS.....	14
4.4 COMPOSIÇÃO DO PLANTEL EM UNIDADES PRODUTORAS DE DESMAMADOS.....	17
4.5 CUSTO COM ALIMENTAÇÃO	19
5 ARTIGO - MODELLING THE IMPACT OF THE SOW REPLACEMENT RATE ON FARM PERFORMANCE	20
Abstract	21
Introduction	22
Material and methods	23
Results	27
Discussion	28
Conclusion.....	31
References.....	32
6 ARTIGO - SIMULAÇÃO DO CUSTO DE ALIMENTAÇÃO EM UNIDADES PRODUTORAS DE DESMAMADOS COM DIFERENTES TAXAS DE REPOSIÇÃO DAS MATRIZES	42
Resumo.....	43
Introdução	45
Materiais e métodos	45
Resultados	47
Discussão.....	48
Conclusão.....	49
Referências.....	50
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO

Em Unidades Produtoras de Desmamados (UPD) ocorre elevada taxa de remoção de matrizes suínas, com objetivo de manter e/ou aumentar a produtividade (Ketchum, 2019), o que impacta diretamente na estrutura do plantel e nos aspectos produtivos da granja. Essas remoções que ocorrem podem ser classificadas quanto ao seu caráter, como voluntário ou involuntário (FETROW *et al.*, 2006; MALOPOLSKA *et al.*, 2018).

Taxas de remoção involuntária são mais de caráter biológico, atribui-se a esse tipo de remoção os óbitos das fêmeas, doenças crônicas, má condição corporal, sem perspectivas de mudança no curto prazo das matrizes suínas (MALOPOLSKA *et al.*, 2018). O valor dessa taxa pode variar de três a cinco por cento do plantel de uma UPD ao ano, em que valores superiores merecem certa atenção do gerente (BARRALES *et al.*, 2017).

A remoção voluntária possui caráter reprodutivo e não reprodutivo, sendo resultado, muitas vezes, dos protocolos gerenciais e metas das UPDs, assim os animais incapazes de auxiliar serão removidos do plantel. (FETROW *et al.*, 2006; BARRALES *et al.*, 2017). As remoções interferem diretamente no desempenho produtivo de granjas, pois matrizes removidas serão substituídas por leitoas, com objetivo de aumentar a performance da granja (ENGBLOM *et al.*, 2008).

A taxa de remoção relaciona-se com a taxa de reposição de matrizes suínas em UPDs, uma vez que para toda fêmea removida, haverá outra para repô-la no plantel, o que altera na estrutura do plantel da granja. Taxas de reposição elevadas, superior a 50 por cento, resultarão na redução da idade média das fêmeas presentes na granja, e as taxas de reposição inferior a 40 por cento têm, aumento da idade média do plantel (HOUŠKA, 2009; BARRALES *et al.*, 2017).

Uma maneira de avaliar as taxas de reposição pode ser por meio da modelagem matemática, que possui em suas principais diretrizes a prevenção e solução de eventos futuros, pois com o uso dessa ferramenta podemos realizar uma melhor gestão dos processos produtivos (LAVATTO E SAUVANT, 2001). A modelagem matemática pode ser utilizada para avaliar taxas de reposição de matrizes em um plantel e os possíveis impactos produtivos.

2 HIPÓTESE

A taxa de reposição anual de fêmeas suínas pode ser analisada através da modelagem matemática, e qual seu impacto na produtividade em unidades produtoras de desmamados.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar em unidades produtoras de desmamados o efeito das taxas de reposição anual de 55, 45 e 35%, sobre aspectos produtivos em unidades produtoras de desmamados.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Confecção de um modelo matemático, para simular unidades produtoras de desmamados;

Avaliar qual taxa de reposição dentro de uma UPD, pode resultar melhor eficiência produtiva;

4 ESTUDO BIBLIOGRÁFICA

4.1 MODELAGEM MATEMÁTICA

A modelagem matemática pode ser definida como uma maneira simplificada da realidade, pois por meio de representações numéricas consegue obter padrões e relações chaves, de forma limitada em relação à complexidade do sistema com um todo. Na produção animal, a modelagem matemática tenta integrar diferentes fenômenos biológicos ou não biológicos, por meio de diagramas ou por séries de equações, a fim de prever, de forma simplificada, situações reais. (LOVATTO e SAUVANT, 2001; OVIEDO-RONDÓN *et al.*, 2014). Devido ao avanço da tecnologia e do poder de processamento computacional, o número de estudos com o uso de modelos matemáticos aumentou. (FREITAS, 2005; OVIEDO-RONDÓN *et al.*, 2014).

Diversos modelos são utilizados pela indústria suinícola, que visam, principalmente, melhorar o desempenho de produção, gerenciamento com alimentação, reprodução, controle sanitário, ambiental e prospectando mercados, auxiliando nas tomadas de decisões estratégicas. (LOVATTO *et al.*, 2010; OVIEDO-RONDÓN *et al.*, 2014).

Existem, pelo menos, seis abordagens distintas para a modelagem matemática dentro da produção animal. Os modelos utilizados podem ser classificados como lineares ou não lineares, dependendo das equações empregadas. Além disso, esses modelos podem ser abordados de diferentes maneiras, de acordo com a metodologia para explicar os fenômenos, sendo eles classificados como estático ou dinâmico, determinístico ou estocástico e empírico ou mecanicista (Tabela 1). (OVIEDO-RONDÓN *et al.*, 2014).

Tabela 1- Classificação dos modelos e seus conceitos básicos

CLASSIFICAÇÃO	CONCEITO
Estático	Descreve um fenômeno para determinado momento. Não considera o tempo como variável.
Dinâmico	Utiliza parâmetros que variam conforme o tempo no sistema.
Determinístico	Aqueles que possuem uma única resposta.
Estocástico	Operam em nível de população, respostas dependem de uma distribuição de probabilidade.
Empírico	Baseados em correlações e associações entre duas ou mais variáveis. Demonstram as respostas dos animais de maneira quantitativa, em condições específicas, sem representar os processos biológicos.
Mecanicista	Consideram o sistema biológico como um todo, tentando explicar ou descrever os mecanismos envolvidos no estudo.

Adaptado de Oviedo-Rondón *et al.* (2014)

Apesar da diversidade de modelos, torna-se difícil fazer uma definição dos mecanismos biológicos envolvidos no sistema, com isso, os modelos empíricos, ainda, são os mais utilizados. (OVIEDO-RONDÓN *et al.*, 2014). De acordo com Fraga *et al.* (2015), muitos *softwares* de simulação de cenários possuem em sua abordagem mais de um tipo de modelo, o que os torna mais complexos, e com maior acurácia em seus resultados.

4.2 SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE SUÍNO

No Brasil, o sistema produtivo da suinocultura pode ser categorizado em extensivo ou intensivo, dependendo da finalidade da criação, seja para subsistência familiar ou para atender às demandas produtivas, econômicas e até mesmo sociais da região. O sistema extensivo tem como objetivo a subsistência familiar, geralmente sem muito controle reprodutivo e produtivo. O sistema intensivo pode ser dividido em cinco sítios, incluindo o ciclo completo, onde todas as fases de produção são realizadas em um único local.

No sistema de dois sítios, as fases de gestação, maternidade e creche são criadas em um local e as fases de crescimento e terminação em outro. Três sítios diferem com a adição de um local específico para a fase de creche, quatro sítios, as leitoas de reposição são criadas separadas, sendo destinada à granja definitiva após confirmação de prenhez. No sistema de cinco sítios, somente após o primeiro parto a matriz suína é destinada à granja definitiva. (ABCS, 2014).

As unidades produtoras de desmamados (UPD), que produzem leitões para abastecer outro local a partir da fase de creche, integram um sistema produtivo de três sítios. As categorias de suínos, presentes nessas granjas são leitoas de reposição, matrizes gestando, matrizes no intervalo desmame cio, matrizes lactantes, leitões na fase de maternidade e suíno macho adulto, utilizado para estimular e verificar o estro nas fêmeas presentes no plantel. (BONET e MONTICELLI, 1998).

A tecnificação do sistema produtivo na suinocultura brasileira impulsionou uma grande inovação no modelo de produção na década de 80. Foi introduzido o modelo integrado, em que uma empresa ou cooperativa passa a gerenciar toda a cadeia produtiva. Granjas que fazem parte desse modelo integrado realizaram modificações em suas instalações e aumentaram sua produção para atender às demandas da integradora. (ABCS, 2014).

As granjas integradas requerem adaptações e melhorias contínuas de seus protocolos gerenciais, a fim de satisfazer as exigências da empresa integradora. Esses procedimentos de reconfiguração e inovação ininterrupta desempenham um papel primordial para assegurar a

eficácia do sistema integrado, sustentando a competitividade da indústria suinícola no contexto brasileiro.

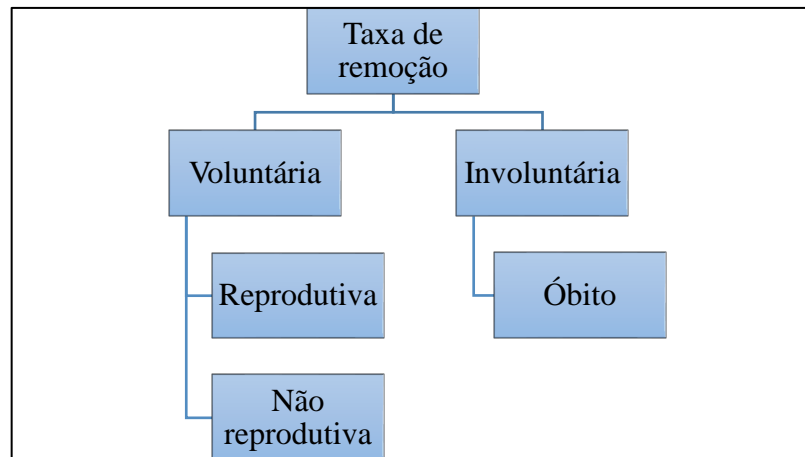
4.3 ESTRATÉGIAS PARA MELHORAR AS UNIDADE PRODUTORAS DE DESMAMADOS

Para aumentar a produtividade de unidades produtoras de desmamados, realizam-se monitoramentos e processos de melhorias constantes, ocasionando, muitas vezes, elevação na taxa de reposição das fêmeas produtivas do plantel. Em sua totalidade, as reposições das matrizes suínas acontecem com o objetivo de adicionar ao plantel uma fêmea que possua genética capaz de produzir maior número de leitão ano que a matriz removida. (CALDERÓN-DIAZ *et al.*, 2015) A eficiência reprodutiva e produtiva de uma granja deve ser monitorada e ajustada de acordo com as metas de produção. (BARRALES *et al.*, 2017).

Na prática, a taxa de remoção (Figura 1) de matrizes suínas se refere ao número de fêmeas que são retiradas do plantel em determinado período, geralmente um ano. Essa remoção pode ser causada por fatores voluntários e involuntários, variando de 15 a 85% do plantel ao ano. (BARRALES *et al.*, 2017). A taxa de reposição, por sua vez, refere-se ao número de novas matrizes que são incorporadas ao plantel para substituir as fêmeas removidas. (ABCS, 2014).

A taxa de substituição relaciona-se com a taxa de remoção e reposição, expressa a proporção de fêmeas que deixaram o plantel, e foram substituídas, em relação ao número total de matrizes do rebanho. Uma taxa de substituição elevada pode indicar problemas no manejo reprodutivo e/ou sanitário, o que pode trazer consequências no desempenho produtivo e reprodutivo da granja. Por outro lado, uma taxa de substituição muito baixa pode indicar falta de renovação do plantel e redução da eficiência produtiva. (HOUSKA, 2009; BARRALES *et al.*, 2017).

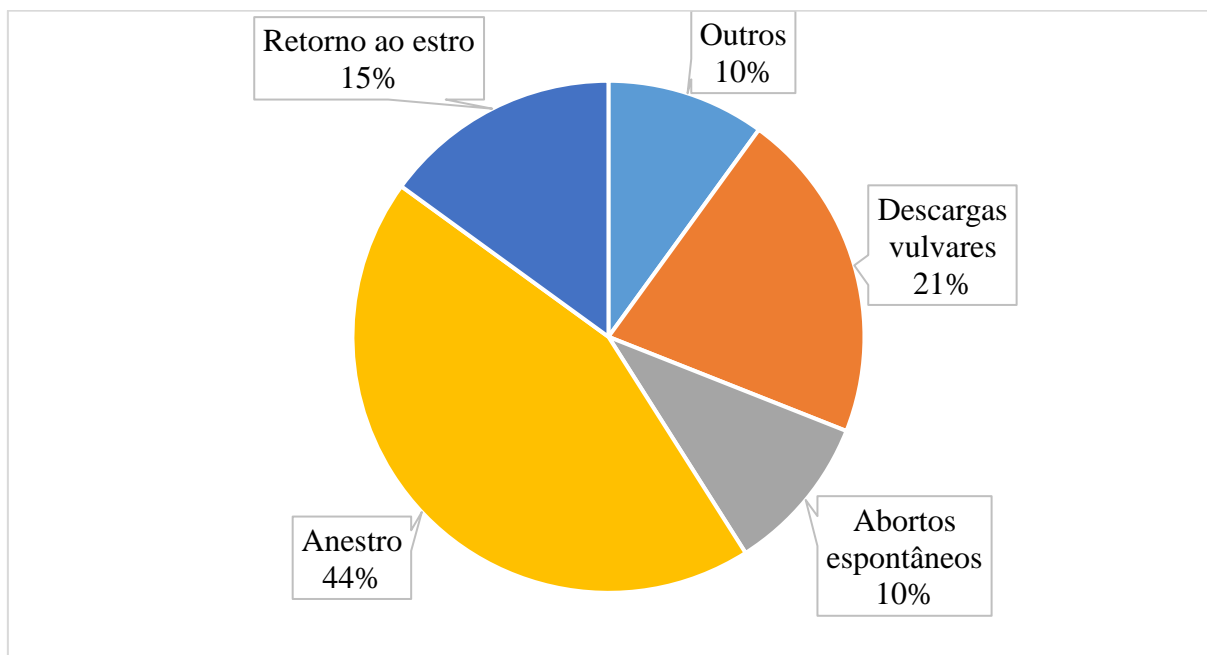
Figura 1 Demonstração taxa remoção



Adaptado de Barrales *et al.* (2017).

A remoção voluntária ocorre como uma tomada de decisão para manter a produtividade, pode ser motivada por causas relacionadas a problemas reprodutivos ou não reprodutivos. (CALDERÓN-DÍAZ *et al.*, 2015). Os problemas reprodutivos, como anestro, retorno ao estro, aborto espontâneo, descarga vulvar e outros, podem impactar negativamente a produtividade e, por isso, são razões comuns para a remoção voluntária de matrizes suínas, representando de 3 a 42% (Figura 2). (TUMMARUK *et al.*, 2009; BARRALES *et al.*, 2017).

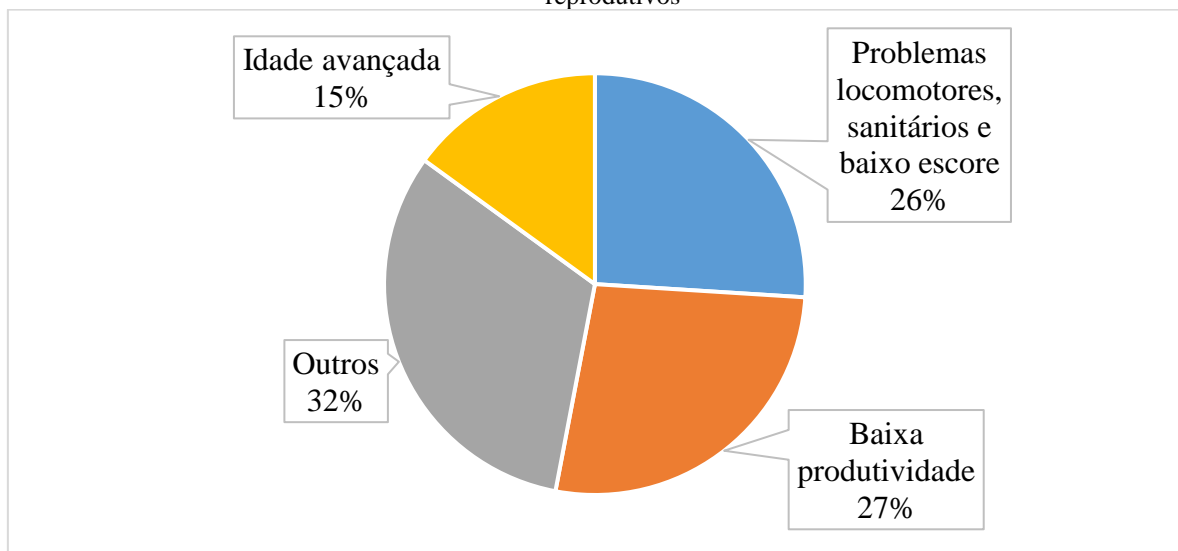
Figura 2- Principais causas de remoção de matrizes suínas do plantel por problemas reprodutivos



Adaptado de Tummaruk *et al.* (2009) e Barrales *et al.* (2017).

Além dos problemas reprodutivos, há também as causas não reprodutivas que podem levar à remoção voluntária de matrizes suínas. Entre essas causas, destaca-se a idade avançada, problemas locomotores ou sanitários, baixo escore corporal, baixa produtividade, entre outros. Estudos indicam que a porcentagem de remoções por problemas não reprodutivos pode variar significativamente, entre 58% e 97% do total de remoções voluntárias em uma granja de suínos (Figura 3). (TUMMARUK *et al.*, 2009; SASAKI e KOKETSU, 2010; HADAS *et al.*, 2015; BARRALES *et al.*, 2017). Esses dados mostram que, apesar dos problemas reprodutivos serem causa comum de remoção voluntária, outros fatores também são importantes e devem ser considerados na gestão da suinocultura.

Figura 2 Distribuição das principais causas de remoção de matrizes suínas do plantel por problemas não reprodutivos



Adaptado de Tummaruk *et al.*, (2009); Sasaki e Koketsu, (2010); Hadas *et al.* (2015); Barrales *et al.* (2017)

A remoção involuntária é consequência do óbito, doenças crônicas, má condição corporal sem perspectivas de mudança no curto prazo das matrizes suínas, que compõem o plantel da granja, sendo uma situação muitas vezes independente de escolha ou tomada de decisão. A taxa de mortalidade das matrizes suínas é um indicador importante para a gestão da granja, e os valores recomendados ficam em torno de 3-5% anual, dependendo do tamanho da granja. (BARRALES *et al.*, 2017). Caso a porcentagem de mortalidade supere os 5%, é necessário que o gestor tome providências e intervenha na granja para minimizar as perdas. (VEARICK *et al.*, 2008).

4.4 COMPOSIÇÃO DO PLANTEL EM UNIDADES PRODUTORAS DE DESMAMADOS

Na literatura científica há escassez de estudos sobre a composição ideal de fêmeas em UPD. Calderón-Díaz *et al.* (2015) relata, em seu trabalho, que um plantel deve possuir 21% de fêmeas na ordem parto (OP) 1, 20% OP2, 19% OP3, 17% OP4, 16% OP5 e 7% OP6, sendo que, no mínimo, 50% do plantel de matrizes deve estar entre as ordens de parto 1 e 3. Essa é a composição ideal para melhorar o aspecto econômico de uma unidade produtora de desmamados, conforme autores anteriormente citados.

No entanto, estudos como de Houška (2009) e Sell-Kubiak *et al.* (2019) relatam que até a 5^o e 4^o ordem de parto ocorre aumento no número de leitões nascidos vivos. Essas informações corroboram com Barrales *et al.* (2017), os quais relatam que o aumento da idade média das fêmeas do plantel resulta em maior número de leitões desmamados por ano e pode interferir em outras variáveis ligadas à produtividade.

O melhoramento genético que ocorreu nos últimos anos dentro da cadeia suinícola pode ser considerado um dos motivos pelo aumento na taxa de reposição das matrizes. Uma vez que ocorreu avanços significativos dentro das linhagens, fazendo surgir as matrizes hiperprolíficas, aumentando 1,5 leitões desmamados por leitegada (Machado *et al.*, 2022), algo entorno de 3,6 leitões a mais por porca ao ano. Isso resulta em substituição das matrizes com genética ultrapassada, alterando a composição do plantel e reduzindo a ordem de parto média nas UPDs.

Conforme relatado por Lucia *et al.* (2000), a retenção entre partos dentro de um UPD é variável, no entanto, com objetivo de realizar uma simulação matemática, podemos utilizar valores fixos sem comprometer a média final. Para confeccionar a Tabela 2, fez-se uso de valores empíricos baseados na literatura, primeiramente, devemos saber a porcentagem de matrizes no primeiro parto. Para obtenção desse resultado, devemos designar um valor para última ordem de parto e retenção média entre partos. Após, obtém-se a composição do plantel, com a porcentagem de matrizes em cada ordem de parto.

Na Tabela 2, o valor utilizado para o último parto presente na granja tem o objetivo de designar a intensificação da UPD por meio da simulação matemática. Dessa forma, granjas de suínos que adotam intensa taxa de remoção (maior que 50%) possuem poucas matrizes em ordens de parto superior à sexta. Assim como granjas que adotam baixas taxas de remoção (menor que 40%) possuem matrizes com idade superior à sétima, em ordem de parto.

Tabela 2- Estrutura do rebanho em relação a diferentes taxas de reposição, remoção entre partos e último parto presente

Último OP	Remoção entre partos, %	Taxa de reposição, %	OP média	Ordem de parto							
				1	2	3	4	5	6	7	8
6	5	45	3,4	18,9	17,9	17,0	16,2	15,4	14,6	0	0
	10	51	3,2	21,3	19,2	17,3	15,6	14,0	12,6	0	0
	15	58	3,0	24,1	20,5	17,4	14,8	12,6	10,7	0	0
	20	65	2,9	27,1	21,7	17,3	13,9	11,1	8,9	0	0
7	5	40	3,8	16,6	15,7	15,0	14,2	13,5	12,8	12,2	0
	10	46	3,6	19,2	17,3	15,5	14,0	12,6	11,3	10,2	0
	15	53	3,4	22,1	18,8	16,0	13,6	11,5	9,8	8,3	0
	20	61	3,1	25,3	20,2	16,2	13,0	10,4	8,3	6,6	0
8	5	36	4,2	14,9	14,1	13,4	12,7	12,1	11,5	10,9	10,4
	10	42	4,0	17,6	15,8	14,2	12,8	11,5	10,4	9,3	8,4
	15	49	3,7	20,6	17,5	14,9	12,7	10,8	9,1	7,8	6,6
	20	58	3,4	24,0	19,2	15,4	12,3	9,8	7,9	6,3	5,0

OP: Ordem de parto; confeccionada com base nas seguintes equações: Taxa de reposição = Parto porca ano \times Primeiro parto (%);

Primeiro parto (%) = $100 \div \sum_{k=0}^n (1 - REP)^{n-k}$; n: último parto; REP: remoção entre partos (%).

4.5 CUSTO COM ALIMENTAÇÃO

O custo de produção dentro de uma propriedade suína refere-se ao conjunto de despesas e investimentos necessários para obter a produção a qual se destina a granja. Abrangendo uma variedade de elementos, como matéria-prima para dietas, mão de obra da granja, equipamentos, instalações e manutenção das benfeitorias, entre outros recursos necessários. (ALVES *et al.*, 2022).

Os custos de produção podem ser divididos em custos fixos e variáveis. Os custos fixos permanecem constantes, independentemente do volume de produção, incluindo despesas como depreciação das instalações e das máquinas, assim como o salário dos funcionários da fazenda. Os custos variáveis mudam proporcionalmente com a quantidade produzida, incluindo itens como matérias-primas e mão de obra. (GAMEIRO, 2009; ALVES *et al.*, 2022).

O custo com alimentação representa de 60-70% do custo de produção, podendo ser um indicador confiável e ser utilizado como base, para avaliação de eficiência econômica da granja de suíno. (VELDKAMP e BOSCH, 2015). No entanto, as principais matérias-primas da dieta sofrem oscilações durante o ano todo, sendo mais visível no período de safra e entre safra.

Pelo fato de as dietas utilizadas em propriedades suínícolas serem quase que exclusivamente feitas com grãos, essas oscilações de preço devem ser levadas em consideração. Por exemplo, o preço do milho e do farelo de soja, principais ingredientes utilizados, variou no decorrer do ano de 2022, em R\$ 0,23 e R\$ 0,17, respectivamente, sendo esses valores corrigidos pelo Índice Geral de Preços do Mercado para agosto de 2023.

5 ARTIGO - MODELLING THE IMPACT OF THE SOW REPLACEMENT RATE ON FARM PERFORMANCE

Esta sessão é apresentada de acordo com as normas para publicação no periódico:
Revista Brasileira de Zootecnia (ISSN on line: 1806-9290).

Modelling the impact of the sow replacement rate on farm performance

Abstract

The aim of this study was to develop and evaluate a deterministic mathematical model to predict the possible impacts of different sow replacement rates on the performance of farms producing weaned piglets. The first step was to determine how the replacement rate influences the structure of the herd. To this end, two equations were used that consider the percentage of sows for replacement (55, 45, and 35%), retention between parities (13, 9, and 5%), and the last parities present in the herd (6, 7, and 8). Subsequently, the development of the sows was estimated throughout the reproductive cycle, adopting a pre-established initial weight at the first mating (140 kg) and gains during pregnancy and losses during lactation determined by the number of piglets born alive, which varied randomly, according to the parities of the sows. The energy requirement was calculated using the factorial method, considering maintenance requirements, protein gain, fat gain, and milk production, with a reference in each module. Finally, the information generated was added to form different scenarios and obtain productive values. Data were submitted to analysis of variance using the general linear model procedure, considering each scenario as a treatment. The initial parities (until OP3) participated 42% in SC-35, 51% in SC-45, and 60% in SC-55. The variables average parity, birth weight, feed intake during gestation, and average piglet gain presented differences. In conclusion the replacement gilt modules, gestation and lactation developed in the model have the potential to predict the herd structure by parity and evaluate the effects of the annual replacement rate of the sows on the productivity of farms producing weaned piglets.

Keywords: Herd composition, Mathematical model, Pigs, Variable parity

Introduction

An increase in the productivity of pig farms very often leads to higher replacement rate of sows in the herd. Replacements are largely voluntary and occur for reproductive and non-reproductive reasons (Barrales et al., 2017; Malopolska et al., 2018). The replacement rate influences the structure of the herd, and this has a significant impact on the variables that determine the productive performance in the pig's farm (Houška, 2009; Calderón-Díaz et al., 2015).

In general, low replacement rates lead to an increase in the maximum parity of the herd (Lucia, 2007), while high replacement rates result in an increase in the number of young sows in the herd (Barrales et al., 2017). One way to evaluate the influence of the adoption of different replacement rates, is through mathematical simulation modelling. Mathematical modelling is a tool that can contribute to pig farming and assist in decision making (Lovatto and Sauvant, 2001).

Most extant models consider energy and protein partitioning during gestation and lactation (e.g., Dourmad et al., 2008; Hansen et al., 2014) and make it possible to model the effect of nutrient intake by the sow over reproductive cycles. However, the existence of models that consider differences in herd structure and their influence on farm performance is unknown.

The development of a model that considers herd structure and performance within each parity sow, in its outputs can be considered a technical scientific advance. Since Zotti et al. (2017) reported that the parity sow influences the performance of the litter during the piglets' productive life. Thus, the aim of this study was to develop and evaluate a deterministic mathematical model to predict the possible impacts of different sow replacement rates on the performance of farms producing weaned piglets.

Material and methods

The deterministic model was based on an approach using three modules, Replacement Gilt, Gestation, and Lactation, that are present on a production farm of weaned piglets. To create the animal profile in each module, equations (Eq.) (Table 1) and parameters (Par.) (Table2), fixed or variable, were used and will be described below.

2.1 Replacement gilt

The mathematical model uses the concept of energy intake proposed by Noblet et al. (1990) to calculate the daily feed intake [Equation (Eq.) 1] of replacement gilt between arrival on the farm and the beginning of the first gestation. The animal adjusts its feed intake to meet the energy requirements for maintenance and production. Maintenance demands ($\text{Mcal}/\text{kg}^{0.75}\cdot\text{d}^{-1}$) are estimated according to Eq. [2], which assumes 100 Kcal of ME per $\text{kg}^{0.75}\cdot\text{d}^{-1}$. The energy requirements of production were based on the average empty weight gain (EWG, $\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$).

The simulations were carried out with replacement sows between 100 and 140 kg live weight and an EWG of $655\text{ g}\cdot\text{d}^{-1}$. The EWG composition was 56% water, 25% lipid, 16% protein, and 3% ash (de Lange et al., 2003), in relation to empty body weight [Eq. 3], and protein and lipid body deposition efficiency were 0.60 and 0.80, respectively (Hansen et al., 2014).

2.2 Gestation module

During gestation, the energy demands were modelled to meet the maintenance and production requirements of the sows. Production was considered as the energy expended for the development of reproductive tissues, the growth of the conceptus, and the growth of the sow's body to weight at maturity.

In gestation, the development of maternal tissues occurs throughout the gestational period with distinct allometries; for this reason, the time must be considered in the equations (Hansen et al., 2014). To estimate the increase in fluids, reproductive membranes and placenta, during gestation Eq. [4] and Eq. [5] were used. These values were added to the weight of the sows to estimate the maintenance requirements on a daily basis. The energy expenditure for placental growth was estimated by multiplying the value obtained from Eq. [5] described by Bergsma et al. (2009) by the deposition efficiency parameter 0.5 (Hansen et al., 2014), and Eq. [6] was used to estimate daily energy expenditure related to the number of conceptus.

Eq. [7] and Eq. [8], derived from studies by McPherson et al. (2004) and described by Hansen et al. (2014), were used to express conceptus growth. Eq. [7] describes the growth until day 45 of gestation, while Eq. [8] describes the following days until farrowing. Sow growth to maturity was adjusted daily during the gestational period with the values suggested by van der Peet-Schwering and Bikker (2019) [Parameter (Par.) 1].

Litter size was considered as a random variable, as it directly and indirectly influences other variables present in the model. The values used were those described by Sell-Kubiak et al. (2019) [Par. 2], respecting the mean and standard deviation described for each parity.

2.3 Lactation module

After the farrowing of the sow, the lactation phase begins. With this, the lactating sow will have the requirements prioritized for maintenance [Eq. 2] and milk production (Dourmad et al., 2008), occurring negative energy balance and intense tissue mobilization. Milk production and the amount of energy demanded [Eq. 10 and Eq. 11] is directly related to litter size and piglet weight gain (NRC, 2012).

Piglet birth weight was estimated using the equation proposed by Thomas et al. (2018) [Eq. 12], adopting intercept (b) of 1.78 for primiparous sows and 1.90 for multiparous sows. Piglet performance and mortality rate during farrowing were obtained from the study proposed by Zotti et al. (2017). The average daily gain will be obtained through the average between the performances related to the sows' parities [Par. 3] and the piglets' birth weight [Par. 4], and the mortality rate was based on the average birth weight of the piglets [Par. 5].

The weight loss of sows during the lactation period was obtained by calculating the nutritional energy balance, that is, the difference between the energy consumed and the energy required for maintenance and milk production (Dourmad et al., 2008). The energy required for milk production was calculated using Eq. [11] and Eq. [12] with the average weight gain of the litter.

Primiparous and multiparous meet 75 and 83%, respectively, of the nutritional energy requirement through feed intake (Dourmad et al., 2008), and thus, the average daily feed intake and body mobilization were calculated. Each gram of fat was considered to have an energy value of 9.3 kcal and a utilization efficiency of 0.80. The weight lost through mammary gland involution was obtained

for each parity from van der Peet-Schwering and Bikker (2019) [Par. 6], with equal values for sows with parities 6, 7, and 8.

2.4 Productive parameters and scenarios

Fixed values were used for gestation period (115 days), weaning interval estrus (7.8 days), sow parity per year (2.4), and age at weaning (25 days). To quantify the non-productive days for each farm, Eq. [18] plus the number of days replacement gilts were fed until first insemination was used.

This study proposes three productive scenarios, according to Eq. [14] and Eq. [15], where the herd structure of 250 sows will respect the following values for replacement rates, retention between parities, and last parity in the herd: SC-35 (35%; 5%; 8), SC-45 (45%; 9%; 7), and SC-55 (55%; 13%; 6). Sows will be replaced every 2 months; the annual number of replacement gilts for each scenario will increase by 10%. This empirical value represents the percentage of gilts that will be acquired; however, it did not include the reproductive herd of the farm, which was removed before entering for management reasons.

In order to perform a more practical evaluation, 2.5 weaned piglets were added to SC-55, as pig farms that carry out high replacement are always renewing sows with hyperprolific genetics and obtaining gains in performance. As well, pig farms that employ a low replacement rate have more traditional genetics; on this basis, in SC-35, the number of piglets weaned was reduced to 2.5. SC-45, which represented pig farms that do not practice high or low replacement, proposed two modifications, addition and reduction of 2.5 weaned piglets, to assess the variation imposed by the model within the same scenario.

2.5 Statistical analysis

In the first study, each replacement rate (35, 45, and 55%) was simulated with 2500 productive variables, composing a database with 7500 values for each variable. In the second study, replacement rates of 35, 45, and 55% were simulated with 1250, 2500, and 1250 productive variables, composing a database with 5000 values for each variable. Data were submitted to analysis of variance using the general linear model procedure, with a significance level of 5%, for the following variables: parity, number of piglets born per year, birth weight, feed intake during gestation, number of piglets weaned per year, average weight gain of the piglets during lactation, weaning weight of the piglets, and feed intake during lactation. Differences between means were compared by Tukey's test and considered significant at $P < 0.05$.

The variables were analyzed according to the following mathematical models:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij}$$

Where: Y_{ij} = dependent variable (productive performance variable), μ = mean of the variable, t_i = treatment effect, and ε_{ij} = experimental error associated with the dependent variable Y_{ij} .

Results

3.1 Scenarios

The structure of the herd within each scenario is shown in figure 1. Annually, SC-45 and SC-55, obtained an increase of 22 and 36% in the number of replacement gilts in relation to SC-35. The initial parities (until OP3) participate 42% in SC-35, 51% in SC-45, and 60% in SC-55. The time to total replacement in the simulated pig

farms (from the beginning of gilt gestation until the oldest sows are sent to the slaughterhouse) was 2.9, 2.2, and 1.8 years for SC-35, SC-45, and SC-55, respectively.

3.2 Productive performance

The mean productive performance variables for each parity are shown in Table 3. After solving the model, some variables, such as average parity, birth weight, feed intake during gestation, and average piglet gain, presented differences ($P < 0.05$) (Table 4). The annual feed intake of diet for replacement gilts was 11,144 kg in SC-35, 14,328 kg in SC-45, and 17,512 kg in SC-55. The number of non-productive days were 50.3, 56.9, and 63.5 days for SC-35, SC-45, and SC-55, respectively.

In the second study, using the same herd structure (SC-35, SC-45, and SC-55), adding and reducing 2.5 weaned piglets, all variables used to measure pig farm performance showed statistical differences (Table 5).

Discussion

4.1 Model evaluation

The mathematical model developed proposes to estimate the consequences of the replacement rate of swine sows on selected indicators referring to productive efficiency. It is a deterministic model developed by adopting a simplified view of the system which, despite having limitations, allows a first approximation of the effects of different replacement rates.

According to Black (1995) there are two possible ways to evaluate a model. The first is to check whether the mathematical structure is logical, by reviewing the equations that make up the model. The second is to verify whether the results

generated by the model (outputs) follow what is verified empirically, which can be done using data already published in the literature.

When comparing the model outputs within each parity (Table 3), it is observed that the values obtained follow, in general terms, results described in scientific databases such as NRC (2012), Rostagno et al. (2017), van der Peet-Schwering and Bikker (2019), and Pierozan et al. (2020) for sows in gestation and lactation. Evaluating the mathematical model positively as described by Black (1995).

4.2 Scenarios

The structure of the herd described by the model represents the productive scenario well, as it is expected that pig farms that adopt a high replacement rate for their herd will have a smaller number of sows with a high parity number (Houška, 2009). Moreover, on pig farms that have low annual replacement rates in their herd, the result will be an aging herd (Barrales et al., 2017), reaching parity greater than 7, as this study demonstrates.

In their study, Wolf et al. (2008) showed that 62.1% of the sows in the herd were between the first three farrowings, a value close to that found in SC-55. Scenario SC-45 showed similar herd structures at parity intervals from 1 to 5 to those described by Calderón-Díaz et al. (2015). According to Lúcia (2007), pig farms that have removal rates above 50% of their productive sows tend to have a concentration of animals in early parities, corroborating the results of our study.

4.3 Productive performance

The difference found in the average parity demonstrates that the replacement rate causes changes in herd composition (Table 4), as discussed earlier. The probable explanation for the greater live birth weight of piglets in SC-35, relative to the others, may be related to the lower number of primiparous sows in the herd, a category that produces lower piglet live birth weights (Thomas et al., 2018). In addition, the replacement rate between farrowings in SC-55 (13%) led to the maintenance of sows until OP 6, when litter size begins to decrease and, consequently, piglet birth weight increases (Feldpausch et al., 2019).

The amount of feed in the replacement gilt module was directly influenced by the number of gilts, making SC-55 superior for having a greater number of animals. In the gestation period, this variable is strongly influenced by the mother's body weight, which is responsible for estimating between 65 and 75% of the total energy demand (NRC, 2012; Rostagno et al., 2017).

With this, we can deduce that scenarios with lower herd replacement rates will have older and therefore heavier sows (Barrales et al., 2017; van der Peet-Schwering and Bikker, 2019). In their study Thomas et al. (2018) reported that sows with higher parity tend to have a higher weight and therefore ingest a greater amount of feed. For this reason, younger herds, such as the one described by SC-55, tend to have a lower feed intake during the gestation period.

The difference obtained in the variable average daily gain of piglets is related to the parities of the sows, due to the fact that the piglet production plateau is found between farrowings 3 and 5 (Houška, 2009; Sell-Kubiak et al., 2019). The greater the number of piglets, the lower their weight will be (Feldpausch et al., 2019), worsening performance during the maternity period (Zotti et al., 2017). This logic

will benefit SC-35, as it has 20% of its herd after parity 6. It is noteworthy that the average daily gain of the piglets did not influence the final weight of the litter at weaning, because when the average daily gain of the entire litter in each scenario was compared, there was no difference.

With the addition or reduction of 2.5 piglets to the number of piglets born variable, linearity was observed in the results, demonstrating that reducing the size of the litter will increase the average birth weight of the piglets, and improve piglet performance during maternity (Zotti et al., 2017; Feldpausch et al., 2019). However, increasing the litter size will result in higher daily litter gain and, consequently, a heavier litter at weaning. In SC-45, where the reduction and increase of 2.5 weaned piglets was proposed, it was observed that with the addition of more biological concepts, the model would be able to predict reliable production information.

The number of non-productive days is one of several variables used to quantify the performance of pig farms, where its increase can result in reduced productivity and economic viability (Wentz et al., 2008; Barrales et al., 2017). It should be noted that with the aging of sows in the herd, there is a reduction in the proportion of non-productive days in the herd (Lucia et al., 2000), decreasing the average number of non-productive days on this farm. For this reason, SC-35 presented lower values for this variable, relative to the other scenarios.

Conclusion

The replacement gilt modules, gestation and lactation developed in the model have the potential to predict the herd structure by parity and evaluate the effects of the annual replacement rate of the sows on the productivity of farms producing weaned piglets.

References

- Barrales, H. S.; Cappuccio, J. A.; Machuca, M. A. and Williams, S. I. 2017. Evaluación del descarte en cerdas: causas, registros reproductivos e inspección en planta de faena. *Analecta Veterinaria*. 37, 33-44.
<https://doi.org/10.24215/15142590e006>
- Bergsma, R.; Kanis, E.; Verstegen, M. W. A.; van der Peet-Schwering, C. M. C. and Knol, E. F. 2009. Lactation efficiency as a result of body composition dynamics and feed intake in sows. *Livestock Science*. 125, 208-222.
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.04.011>
- Black, J. L. 1995. The testing and evaluation of models. In: *Modelling growth in the pig*. Moughan, P. J.; Verstegen, M. W. A. and Visser-Reyneveld, M. I. eds. Wageningen Pers.
- Calderón-Díaz, J. A.; Nikkilä, M. T. and Stalder, K. 2015. Sow longevity. p. 423 -452. In: *The gestating and lactating sow*. Farmer, C. ed. Wageningen Academic Publishers. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-803-2_19
- de Lange, C. F. M.; Morel, P. C. H. and Birkett, S. H. 2003. Modeling chemical and physical body composition of the growing pig. *Journal of Animal Science*, 159-165. https://doi.org/10.2527/2003.8114_suppl_2E159x
- Dourmad, J. Y.; Etienne, M.; Valancogne, A.; Dubois, S.; van Milgen, J. and Noblet, J. 2008. InraPorc: A model and decision support tool for the nutrition of sows. *Animal Feed Science Technology*. 143, 372-386.
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.05.019>

- Feldpausch, J. A.; Jourquim, J.; Bergstrom, J. R.; Barges, J. L.; Bokenkroger, C. D.; Davis, D. L.; Gonzalez, J. M.; Nelssen, J. L.; Puls, C. L.; Trout, W. E. and Ritter, M. J. 2019. Birth weight threshold for identifying piglets at risk for preweaning mortality. *Translational Animal Science*. 3, 633-640. <https://doi.org/10.1093/tas/txz076>
- Hansen, A.; Strathe, A.; Theil, P. and Kebreab, E. 2014. Energy and nutrient deposition and excretion in the reproducing sow: Model development and evaluation. *Journal of Animal Science*. 92, 2458-2472. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-6540>
- Houška, L. 2009. The relationship between culling rate, herd structure and production efficiency in a pig nucleus herd. *Czech Journal of Animal Science*. 54, 365-375. <https://doi.org/10.17221/1660-CJAS>
- Lovatto, P. A. and Sauvante, D. 2001. Modelagem aplicada aos processos digestivos e metabólicos do suíno. *Ciência Rural*. 31, 663-670. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782001000400017>
- Lucia, T. Jr.; Dial, G. D. and Marsh, W. E. 2000. Lifetime reproductive performance in female pigs having distinct reasons for removal. *Livestock Production Science* 63, 213-222. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(99\)00142-6](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(99)00142-6)
- Lucia, T. Jr. 2007. Políticas e novos conceitos de reposição e descarte de fêmeas suínas. *Acta Scientiae Veterinariae*. 35, 1-8.
- Malopolska, M. M.; Tuz, R.; Lambert, B. D.; Nowicki, J. and Schwarz, T. 2018. The replacement gilt: Current strategies for improvement of the breeding herd. *Journal of Swine Health Production*, 26, 208-214.
- McPherson, R. L.; Ji, F.; Wu, G.; Blanton, J. Jr. and Kim, S.W. 2004. Growth and compositional changes of fetal tissues in pigs. *Journal of Animal Science*. 82, 2534-2540. <https://doi.org/10.2527/2004.8292534x>

- National Research Council (NRC). 2012. Nutrient requirements of swine. 11th Rev ed. Washington (DC): National Academies Press, National Research Council.
- Noblet, J.; Dourmad, J. Y. and Etienne, M. 1990. Energy utilization in pregnant and lactating sows: Modeling of energy requirements. *Journal of Animal Science*. 68, 562-572. <https://doi.org/10.2527/1990.682562x>
- Pierozan, C. R.; Callegari, M. A.; Dias, C. P.; de Souza, K. L.; Gasa, J. and Silva, C. A. 2020. Herd-level factors associated with piglet weight at weaning, kilograms of piglets weaned per sow per year and sow feed conversion. *Animal*. 14:6, 1283-1292. <https://doi.org/10.1017/S175173111900346X>
- Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Hannas, M. I.; Donzele, J. L.; Sakomura, N. K.; Perazzo, F. G.; Saraiva, A.; de Abreu, M. L. T.; Rodrigues, P. B.; de Oliveira, R. F.; Barreto, S. L. T. and Brito, C. O. 2017. Tabelas brasileiras para aves e suínos. p. 415-435. 4th ed. Viçosa (MG): Universidade Federal de Viçosa impresso.
- Sell-Kubiak, E.; Knoll, E. F. and Mulder, H. A. 2019. Selecting for changes in average “parity curve” pattern of litter size in Large White pigs. *Journal of Animal Breeding Genetics*. 136, 134-148. <https://doi.org/10.1111/jbg.12372>
- Thomas, L. L.; Goodband, R. D.; Tokach, M. D.; Dritz, S. S.; Woodworth, J. C. and DeRouchey, J. M. 2018. Partitioning components of maternal growth to determine efficiency of feed use in gestating sows. *Journal of Animal Science*. 96, 4313-4326. <https://doi.org/10.1093/jas/sky219>
- van der Peet-Schwering, C. M. C. and Bikker, P. 2019. Energy and amino acid requirement of gestating and lactating sows. *Wageningen Livestock Research*. <https://doi.org/10.18174/498283>

- Wentz, I.; Heim, G. and Bortolozzo, F. P. 2008. Como avaliar e interpretar o aumento dos retornos ao estro após a inseminação artificial na suinocultura. *Acta Scientiae Veterinariae*. 36, 67-75.
- Wolf, J.; Žáková, E. and Groeneveld, E. 2008. Within-litter variation of birth weight in hyperprolific Czech Large White sows and its relation to litter size traits, stillborn piglets and losses until weaning. *Livestock Science*. 115, 195-205. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.07.009>
- Zotti, E.; Resmini, F. A.; Schutz, L. G.; Volz, N.; Milani, R. P.; Bridi, A. M.; Alfieri, A. A. and Silva, C. A. 2017. Impact of piglet birthweight and sow parity on mortality rates, growth performance, and carcass traits in pigs. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 46, 856-862. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902017001100004>

Table 1 Equations used to describe energy requirements for gestation and lactation

Item	Equation	Reference
¹ Feed intake (FI), kg	Energy requirements ÷ Energy diet	1
² Energy for maintenance, Mcal	100×BW ^{0.75}	2
Empty body weight, kg	BW×0.96	3
³ Weight of fluids and membranes, g	BW _{fetal} ×48.677e ^(0.00146×d)	4
⁴ Weight placenta's, g	e ^{(7.02746-0.95164 × e^{(-0.06879×(d-45))+0.000085×f ×d + 0.09335×n}}	5
⁵ Metabolizable energy in conceptus, Mcal·d ⁻¹	((Ln (11.72-8.62 × EXP(-0.0138×d) + 0.0932×LS)) ÷ Kc) ÷ 4.184	6
BW _{fetal}		
³ BW 0-45 days post mating, g	0.474×d	7
³ BW 45-115 days post mating, g	-62.922+0.00108×d ³	8
⁵ Metabolizable energy for milk production, Mcal·d ⁻¹	Milk energy output ÷ 0.70	10
⁵ Milk energy output, Mcal·d ⁻¹	4.92 × mean litter gain (g·day ⁻¹) - 90 × LS	11
⁶ Birth Weight Piglets (BWP), kg	B - 0.035×LS	12
⁷ Non-productive days	365-((LP+GP)÷PSY)	13
⁷ Rate replacement, %	PSY × First parity (%)	14
⁷ First Parity, %	100 ÷ $\sum_{k=0}^{np} (1 - RBP)^{n-1}$	15

¹: Noblet et al. (1990); ²: Dourmand et al. (2008); ³: Hansen et al. (2014); ⁴: Bergsma et al. (2009); ⁵: NRC (2012); ⁶: Thomas et al. (2018); ⁷: Authors. BW: Body Weight; d: days of gestation; f: energy intake during gestation (MJ ME/d); Ln: neperian logarithm; n: number of foetuses; PD: Proteín Deposition; LD: Lipid Deposition; LS: Litter Size. P: Parities; SD: Standard Deviation; Gilt Gain composition: 56% for water, 25% for lipid, 16% for protein and 3% for ash (de Lange et al., 2003); LP: Lactation Period; GP: Gestation Period; PSY: Parity Sow Year; RBP: Retention between parity; np: maximum number parity.

Table 2 Input parameters used for gestation and lactation module

Item	Parameters	Reference
¹ Gain weight maternal in gestating per day, g		1
P1	439	
P2	175	
P3-4	132	
P5-6-7-8	88	
² Number Born Alive	Average	SD
P1	12.40	3.03
P2	13.33	3.37
P3	14.09	3.42
P4	14.28	3.50
P5	14.19	3.55
P6	14.04	3.56
P7	13.68	3.52
P8	13.30	3.45
³ Average Daily Gain per Parity, g		3
P1	180	
P2-3-4	200	
P5-6-7-8	190	
³ Average Daily Gain per BWP, g		
<600	150	
0.6-0.8 kg	170	
0.8-1.0 kg	180	
1.0 -1.2 kg	190	4
1.2 -1.4 kg	190	
1.4 -1.6 kg	200	
1.6-1.8 kg	210	
>1.8 kg	210	
³ Mortality Rates, %		5
<600	50.0	
0.6-0.8 kg	28.6	
0.8-1.0 kg	17.0	
1.0 -1.2 kg	8.9	
1.2 -1.4 kg	8.1	
1.4 -1.6 kg	5.6	
1.6-1.8 kg	5.2	
>1.8 kg	4.6	
¹ Loss weight involution mammary gland, kg		6
P1-2	22.5	
P3-4	17.5	
P5-6-7-8	12.5	

¹: Peet-Schwering and Bikker (2019); ²: Sell-Kubiak et al. (2019); ³: Zotti et al.

(2017); P:Parities; SD: Standard Deviation; BWP: Body Weight Piglets;

Table 3 Estimated input values of productive performance for each parity

Module	Traits	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Gestation	Average body weight in match, kg	140.0	186.1	200.1	216.2	231.1	246.9	261.8	269.1
	Average body weight in farrowing, kg	212.8	224.2	235.0	251.7	261.4	276.7	290.9	297.0
	Average feed intake, kg.d ⁻¹	2.2	2.3	2.4	2.6	2.6	2.8	2.9	2.9
Lactation	Average body weight at weaned, kg	180.0	193.9	209.3	225.8	240.6	255.8	270.2	276.5
	Average feed intake, kg.d ⁻¹	4.2	5.2	5.5	5.6	5.5	5.6	5.4	5.3
	Loss weight in mobilization, kg	10.3	7.8	8.2	8.4	8.3	8.3	8.1	8.0
Piglets	Average body weight born alive, kg	1.34	1.43	1.41	1.40	1.40	1.41	1.42	1.44
	Average daily gain, g.d ⁻¹	186.4	198.4	197.9	197.7	192.7	192.9	188.2	188.4
	Average body weight piglets weaned, kg	6.0	6.4	6.4	6.3	6.2	6.2	6.1	6.2
	Weaning litter weight, kg.year ⁻¹	164.0	190.0	199.3	202.4	197.5	195.4	187.9	181.1
	Daily litter gain, kg	2.2	2.5	2.6	2.6	2.5	2.5	2.4	2.3
	*Number weaned, year	27.8	29.9	31.6	32.2	32.0	31.6	30.9	29.6

P: parity; The energy diets were: 3.3 Mcal·kg⁻¹ and 3.4 Mcal·kg⁻¹, for gestation and lactation, respectively; *: Average number of piglets born alive multiplied by 2.4 (parity sow per year). The input values for each sow were obtained through simulation of the proposed models.

Table 4 Values obtained with effects of different scenarios on productive performance of the farm after simulation

Traits	SC-35	SC-45	SC-55	SEM	p-value
Average Parity	4.23 ^a	3.62 ^b	3.08 ^c	0.040	<0.001
Number piglets born alive, litter	13.61	13.67	13.72	0.098	0.698
*Number piglets born alive, year	32.83	32.99	33.11	0.235	0.698
Average birth weight, kg	1.41 ^a	1.40 ^{ab}	1.39 ^b	0.003	0.015
Average feed intake in gestation, kg.d ⁻¹	2.54 ^a	2.48 ^b	2.43 ^c	0.007	<0.001
Average feed intake in lactation, kg.d ⁻¹	5.25	5.24	5.21	0.029	0.530
Number piglets weaned, year	30.49	30.63	30.72	0.209	0.735
Average daily gain, g.d ⁻¹	193.0 ^b	193.6 ^a	194.0 ^a	0.156	<0.001
Daily litter gain, kg.d ⁻¹	2.43	2.45	2.47	0.016	0.372
Average body weight piglets weaned, kg	6.23	6.24	6.24	0.007	0.494
Weaning litter weight, kg.year ⁻¹	188.74	189.90	190.62	1.180	0.528

*: Average number of piglets born alive multiplied by 2.4 (parity sow per year); kg: kilogram; d: day; The energy diets were: 3.3 Mcal.kg⁻¹ and 3.4 Mcal.kg⁻¹, for gestation and lactation, respectively. SC-35, SC-45 e SC-55 means 35%, 45% and 55% of replacement per year of the herd, respectively; ^{a-c}: Means followed by distinct letters within one row differ significantly by Tukey's test (P <0.05).

Table 5 Simulated productive performance of scenarios with different replacement rates, with addition and reduction of 2.5 weaned piglets per litter

Traits	SC-35	SC-45		SC-55	SEM	p-value
	-2.5	-2.5	2.5	2.5		
Number piglets born alive	11.17 ^b	11.45 ^b	16.05 ^a	16.18 ^a	0.098	<0.001
Average birth weight, kg	1.49 ^a	1.48 ^a	1.32 ^b	1.31 ^b	0.003	<0.001
Gain weight piglets, g.d ⁻¹	195.07 ^a	195.26 ^a	192.16 ^b	192.52 ^b	0.150	<0.001
Average litter gain, kg.d ⁻¹	2.03 ^b	2.08 ^b	2.84 ^a	2.86 ^a	0.017	<0.001
*Number piglets weaned, year	25.3 ^b	25.8 ^b	35.7 ^a	35.9 ^a	0.211	<0.001
Average body weight piglets weaned, kg	6.37 ^a	6.36 ^a	6.12 ^b	6.12 ^b	0.006	<0.001
Gain litter birth at weaning, kg	49.28 ^b	51.03 ^b	69.34 ^a	69.92 ^a	0.403	<0.001
*Weaning litter weight, kg.year ⁻¹	159.45 ^b	163.01 ^b	217.32 ^a	218.81 ^a	1.200	<0.001

*: Average number of piglets born multiplied by 2.4 (parity sow per year); kg: kilogram; d: day; SC-35, SC-45 e SC-55 means 35%, 45% and 55% of replacement per year of the herd; ^{a-b}: Means followed by distinct letters within one row differ significantly by Tukey's test (P<0.05).

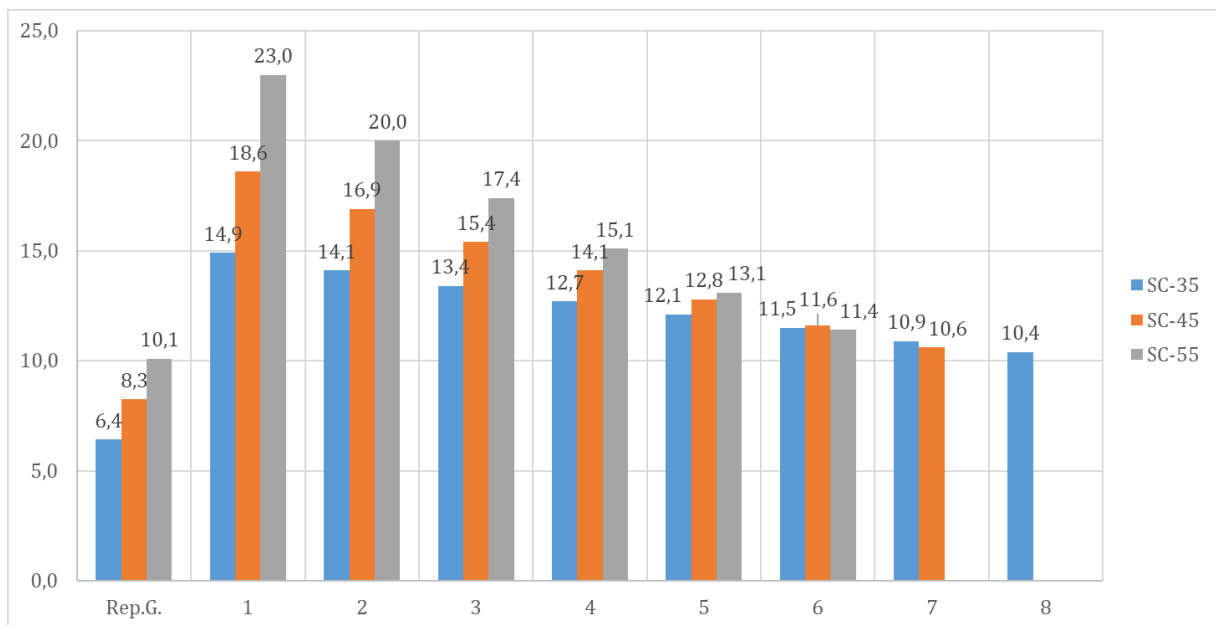


Figure 1 Distribution of sow parity, on farms adopting different replacement rates. Rep. G.: Replacement Gilt, the value total was split of six times a year.

6 ARTIGO - SIMULAÇÃO DO CUSTO DE ALIMENTAÇÃO EM UNIDADES PRODUTORAS DE DESMAMADOS COM DIFERENTES TAXAS DE REPOSIÇÃO DAS MATRIZES

Esta sessão é apresentada de acordo com as normas para publicação na editora científica

Simulação do custo de alimentação em unidades produtoras de desmamados com diferentes taxas de reposição das matrizes

Resumo

O objetivo deste estudo foi modelar a influência de diferentes taxas de reposição das fêmeas suínas sobre o consumo e os custos com alimentação em unidades produtoras de desmamados. Foi utilizado um modelo matemático simplificado, para avaliar a produtividade em unidades produtoras de desmamados com diferentes taxas de reposição das matrizes suínas, simulando a partir de diferentes estruturas de plantel o custo com alimentação. Uma análise fatorial 3×3 foi realizada (taxas de reposição x custo da dieta) para estimar custo com alimentação em cenários distintos. Se o valor de P for significativo, as diferenças entre os tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey 5%. Durante a gestação o cenário com taxa de reposição de 35% obteve maiores valores, porém, para consumo médio durante a lactação não houve diferença estatística entre os três cenários. O custo médio diário com alimentação durante a gestação, apresentou diferença estatística entre os cenários econômicos dentro das taxas de reposição e nas taxas de reposição dentro de cada cenário econômico. Na lactação, o custo médio com alimentação dentro da taxa de reposição apresentou diferença estatística entre os cenários econômico otimista e pessimista. Dentro do cenário econômico médio, apresentou diferença estatística entre as taxas de reposição 35 e 55%. Conclui-se que a taxa de reposição influencia diretamente na estrutura do rebanho e com isso no custo com alimentação dentro das unidades produtoras de desmamados. Apontando menor custo com alimentação no cenário médio, para a taxa de reposição de 35 % do plantel de uma unidade produtora de desmamados composta por 250 fêmeas.

Palavras chaves: Custo, dieta, fêmeas, suínos, taxa de reposição.

Abstract

The aim of this study was to model the influence of different sow replacement rates on intake and feed costs in weaning production units. A simplified mathematical model was used to evaluate productivity in weaning production unit's animals with different rates of replacement of sows, simulating the cost of feed based on different herd structures. A 3×3 factorial analysis was performed (replacement rates x feed cost) to estimate feed costs in different scenarios. If the P value was significant, differences between treatments were compared by Tukey's 5% test. During gestation, the scenario with a replacement rate of 35% obtained higher values, however, for average feed intake during lactation, there was no statistical difference between the three scenarios. The average daily cost of feed during gestation showed a statistical difference between the economic scenarios within the replacement rates and the replacement rates within each economic scenario. During lactation, the average cost of feed within the replacement rate showed a statistical difference between the optimistic and pessimistic economic scenarios. In the economic scenario, there was a statistical difference between the 35 and 55% replacement rates. It is concluded that the replacement rate directly influences the structure of the herd and therefore the cost of feed within the weaning production units. Pointing to a lower cost with feed in the average scenario, for the replacement rate of 35% of the herd of a weaning production unit composed of 250 sows.

Keywords: Cost, diet, females, pigs, replacement rate.

Introdução

Em um cenário vinculado ao sistema produtivo suinícola é reconhecido que os gastos relacionados com a alimentação representa uma parcela substancial, variando entre 60-70% do custo total de produção dentro de uma granja (Veldkamp e Bosch, 2015). A ingestão de alimento pelos suínos está intrinsecamente associada com a fração energética presente na dieta, uma vez que os animais consomem quantidade específicas de dieta, para atender suas demandas nutricionais de manutenção e produção (Dourmand *et al.*, 2008; NRC, 2012).

Em média, cerca de 70% da energia ingerida pelo suíno é destinada para atender a manutenção de suas funções fisiológicas básicas (Rostagno *et al.*, 2017), essa quantidade de energia na maioria das equações é estimada baseada no peso vivo dos animais, que varia consideravelmente ao longo do ciclo de produção. Como resultado, fêmeas suínas com idade mais avançada e conseqüentemente mais pesadas, requerem maior quantidade de dieta para atender suas exigências nutricionais totais, que compreendem somatório da manutenção e produção, sendo este último variando conforme a fase que se encontra (Thomas *et al.*, 2018).

A taxa de reposição das matrizes suínas adotada pelas unidades produtoras de desmamados, influenciará diretamente na quantidade de dieta fornecida, uma vez que ela impactará na estrutura etária do plantel. Taxas de reposição elevadas tendem a reduzir a idade média das matrizes presentes no plantel, logo teríamos maior número de animais com baixo peso. Por outro lado, taxas de reposição mais baixas aumentam a idade média do plantel produtivo, ocasionando aumento do peso médio das fêmeas suínas (Houška, 2009; Barrales *et al.*, 2017).

Destaca-se que a simulação matemática baseada em equações, parâmetros e dados confiáveis, proporciona a capacidade de prever diversas variáveis produtivas e cenários futuros. Tal abordagem é valiosa na tomada de decisões gerenciais (Oviedo-Rondón *et al.*, 2014). Portanto, o objetivo deste estudo foi simular através de um modelo a influência de diferentes taxas de reposição das fêmeas suínas no consumo alimentar e os custos associados com alimentação em unidades produtoras de desmamados.

Materiais e métodos

Simulação e cenários

Para realizar simulação, foi utilizado o modelo proposto por Muniz *et al.* (2023), que utilizou diversas equações e parâmetros para avaliar, de forma simplificada, a produtividade em unidades produtoras de desmamados com taxas de reposição das matrizes suínas, simulando diferentes estruturas de plantel (Figura 1). O modelo descreve três módulos, presentes em

unidades produtoras de desmamados, módulo das leitoas de reposição, módulo de gestação e módulo de lactação. Neste estudo utilizou-se um sistema de quatro sítios, onde para unidade produtora de desmamados já chega a fêmeas com gestação confirmada, não utilizando o consumo previsto pelo modelo para categoria de leitoas de reposição.

As Unidades Produtoras de Desmamados (UPD), que produzem leitões para a fase de creche, são classificadas como um sistema produtivo de três sítios. O plantel dessas unidades é composto por seis categorias de suínos, incluindo leitoas de reposição, matrizes gestando, matrizes no intervalo de desmame/cio, matrizes lactantes, leitões lactantes e suíno macho adulto, utilizado para estimular e verificar o estro nas fêmeas presentes no plantel (Bonet e Monticelli, 1998).

Considerou-se para cada ordem de parto das matrizes suínas existem animais em gestação, lactação e em dias não produtivos. Essa última categoria, para fins de cálculo e para representar os manejos adotadas em UPD, será considerado o fornecimento de dieta de gestação para representar os manejos adotadas em UPD, será considerado o fornecimento de dieta gestação (Figura 2).

Ingestão e custo da dieta

O consumo voluntário foi obtido com base na teoria energética de ingestão de alimento, onde um animal consome para atender as demandas de manutenção e produção (Noblet *et al.*, 1990; Dourmad *et al.*, 2008). Durante a gestação a demanda energética para produção é integrada as variáveis de crescimento das glândulas anexas, dos tecidos reprodutivos e crescimento corpo (até peso a maturidade), e na lactação integra a produção de leite (Dourmad *et al.*, 2008; NRC, 2012).

As dietas experimentais foram balanceadas com base nas exigências nutricionais descritas por Rostagno *et al.* (2017), objetivando não limitar a performance das matrizes suínas nos períodos de gestação e lactação. Atendendo níveis nutricionais por quilograma de dieta de 15 e 20% de proteína bruta, 3,3 e 3,4 Mcal de energia metabolizável, 0,8 e 1,1% de lisina digestível e relação cálcio: fósforo 2:1, para matrizes em gestação e lactação, respectivamente (Tabela 1).

O custo da dieta foi calculado com base no valor de aquisição de cada ingrediente. Para confeccionar diferentes cenários econômicos, realizou-se um levantamento junto ao site Agrolink, do custo de aquisição de três macros ingredientes presentes na dieta, milho, farelo de trigo e de soja, durante os meses do ano de 2022. Logo após esses valores foram corrigidos pelo Índice Geral de Preços do Mercado (IGPM), para o mês de agosto do ano de 2023. Depois foi

calculado o valor médio de cada dieta, obtendo, um cenário econômico otimista, onde o custo da dieta será mínimo, um mediano e um pessimista, neste último o custo da dieta será o mais elevado (Tabela 1).

Para calcular o custo com alimentação diária para cada granja dentro de cada fase (gestação e lactação), foi utilizado a estrutura do plantel (Figura 1), proporção de fêmeas em cada uma das fases em relação a ordem de parto (Figura 2), consumo diário de alimento (Tabela 2) e o custo médio com alimentação para taxa de reposição dentro dos cenários econômicos (Tabela 3).

Análise estatística

Para cada taxa de reposição (35, 45 e 55%) avaliada foi simulado 1.250 variáveis relacionado a variável taxa de reposição e 1.250 ao custo da dieta, compondo uma base de dados com 7.500 valores para cada variável produtiva. Uma análise fatorial 3×3 foi realizada (taxas de reposição x custo da dieta) para estimar custo com alimentação em cenários distintos. Se o valor de P for significativo, as diferenças entre os tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey 5%.

Resultados

Consumo médio

Na fase de gestação, observamos diferenças estatísticas significativas nas médias de consumo diário entre as diferentes taxas de reposição em unidades produtoras de desmamados (Tabela 2). A taxa de reposição de 35 apresentou valor superior em comparação às outras taxas de reposição. Por outro lado, durante o período de lactação, não foram identificadas diferenças estatísticas significantes nas médias de consumo diário entre os três cenários econômicos avaliados.

Custo médio e diário com alimentação

O custo com alimentação apresentou diferenças estatísticas significativas durante a gestação, tanto entre os diferentes cenários econômicos dentro das taxas de reposição, quanto entre as taxas de reposição dentro de cada cenário econômico (Tabela 3). No período de lactação, destacaram-se diferença estatística no custo médio diário com alimentação dentro das taxas de reposição, especialmente entre os cenários econômicos otimista e pessimista. Dentro do cenário econômico médio, apresentou diferença estatística entre as taxas de reposição 35 e 55.

Ao estimar os valores no cenário econômico médio, a taxa de reposição de 35% resultou em um custo diário com alimentação de R\$ 1.336,10. Este valor foi significativamente inferior, destacando-se R\$ 61,60 e R\$ 27,40 em relação às taxas de reposição de 55% e 45%, respectivamente. Durante a fase de gestação, a taxa de reposição de 35% apresentou um custo diário com alimentação de R\$ 926,10, indicando uma economia notável de 7% e 13% em relação às taxas de reposição de 45% e 55%, respectivamente. No que diz respeito à lactação, o custo diário com alimentação foi de R\$ 410,00 em comparação à taxa de reposição de 45%, representando uma economia de 22%. Além disso, em comparação à taxa de reposição de 55%, observou-se uma economia de 45% no custo diário com alimentação durante esse período.

Discussão

Consumo médio

A taxa de reposição desempenha papel crucial na estrutura do plantel (Houška, 2009). Taxas de reposição mais elevadas tendem a diminuir a idade média do plantel, concentrando as fêmeas nas primeiras ordens de parto. Por outro lado, taxas de reposição mais baixas resultam em aumento de fêmeas nas ordens de parto mais avançadas (Barrales et al., 2017). A idade média das fêmeas no plantel influencia diretamente o peso médio das mesmas na granja, sendo essa variável utilizada no cálculo da demanda energética (Rostagno et al., 2017). Essa demanda energética, por sua vez, é o componente principal para estimar o consumo voluntário, seguindo o conceito descrito por Noblet et al. (1990), que foi utilizado pelo modelo matemático.

Com isso, a diferença observada no consumo durante o período de gestação entre as diferentes taxas de reposição pode ser explicada pela estrutura do plantel. Onde, a taxa de reposição de 35% é caracterizada por fêmeas com maior média de idade e pesadas, resultando em consumo mais elevado (Thomas et al., 2018). Em contraste, a ausência de diferença significativa no consumo médio durante a lactação pode ser atribuída ao uso da equação de Dourmand et al. (2008), que foi utilizada pelo modelo para estimar essa variável produtiva.

Custo médio e diário com alimentação

O custo com alimentação representa uma parcela significativa, de aproximadamente 65%, do custo total de produção na indústria suinícola (Verdkamp e Bosch, 2015). Como mencionado por Alves et al. (2022), uma abordagem eficaz para estimar e prever o custo de produção é basear-se em variáveis mais manipuláveis, sabendo sempre a representatividade desse custo no montante total. O custo com alimentação está diretamente ligado ao consumo da dieta, sendo essa relação direta custo e consumo o fator-chave que explicaria a diferença

observada entre as taxas de reposição durante a fase de gestação (Gameiro,2009; Alves *et al.*, 2022).

Na fase de lactação, a variação nos custos pode ser atribuída, em parte, à maior quantidade de farelo de soja na dieta das fêmeas, um componente que tende a apresentar maior variabilidade de preço ao longo do ano. Além disso, dentro do cenário econômico médio, a explicação para as diferenças no custo diário com alimentação durante a lactação pode estar relacionada ao número de fêmeas nesta fase. Granjas que adotam taxas de reposição mais elevadas frequentemente possuem uma maior proporção de fêmeas na fase de lactação, devido à logística de reposição (Piewthongngam *et al.*, 2014). Isso pode explicar o custo diário mais alto com alimentação na taxa de reposição de 55% durante a lactação e na taxa de reposição de 35% durante a gestação.

Ao calcular os custos com base nos valores do cenário econômico médio, observamos que granjas que adotam uma taxa de reposição de 35% apresentam custo com alimentação diária inferior. Sendo a estrutura do plantel uma possível explicação, pois, possui número maior de fêmeas na fase de gestação, categoria que a dieta possui custos reduzidos em comparação à fase de lactação. Além disso, o consumo voluntário da dieta é menor durante a gestação para evitar excesso de peso das fêmeas e não prejudicar no momento do parto (NRC, 2012; Silva *et al.*, 2018; Alves *et al.*, 2022). Por outro lado, taxas de reposição de 45% e 55% implicam um maior número de fêmeas na fase de lactação (Piewthongngam *et al.*, 2014; Barrales *et al.*, 2017), onde os custos da dieta são mais elevados e o consumo é maior (Silva *et al.*, 2018; Alves *et al.*, 2022).

Conclusão

Taxa de reposição influencia diretamente na estrutura do rebanho e com isso no custo com alimentação dentro das unidades produtoras de desmamados. Apontando menor custo com alimentação dentro do cenário econômico médio, para a taxa de reposição de 35% do plantel de uma unidade produtora de desmamados composta por 250 fêmeas.

Referências

- AGROLINK. Agrolink: O portal do conteúdo agropecuário. Disponível em: <<https://www.agrolink.com.br/cotacoes/historico/pr>>. Acesso em: 05 de ago. 2023.
- ALVES, L.K.S. *et al.* Development of a swine production cost calculation model. **Animals**, v. 12, 2022.
- BARRALES, H. S. *et al.* Evaluación del descarte en cerdas: causas, registros reproductivos e inspección en planta de faena. **Analecta Veterinaria**, v. 37, p. 33-44, 2017.
- BONETT, L. P. e MONTICELLI, C. J. **Suíños: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa-SPI; Concórdia: Embrapa-CNPSA, 243p, 1998.
- CALDERÓN DÍAZ, J. A. *et al.* Sow longevity. In: C. Farmer, editor. **The gestating and lactating sow**. Wageningen Academic Publishers, 2015, p. 423 -452.
- DOURMAD, J.Y. *et al.* InraPorc: a model and decision support tool for the nutrition of sows. **Animal Feed Science and Technology**, v.143, p.372-386, 2008.
- HANSEN, A. *et al.* Energy and nutrient deposition and excretion in the reproducing sow: Model development and evaluation. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 2458-2472, 2014.
- HOUŠKA, L. The relationship between culling rate, herd structure and production efficiency in a pig nucleus herd. **Czech Journal of Animal Science**. v.54, p. 365-375, 2009.
- NOBLET, J. *et al.* Energy utilization in pregnant and lactating sows: modelling of energy requirements. **Journal of Animal Science**, v.68, p.562-572, 1990.
- NRC (National Research Council). Water. In: **Nutrient requirements of swine**: Eleventh Revised Edition. The National Academy Press. Washington, DC, USA, p. 66-73, 2012.
- OVIEDO-RONDÓN, E. O. *et al.* Modelagem na nutrição de monogástricos. In: SAKOMURA, N. K. *et al.* (Eds.) **Nutrição de não ruminantes**. 1ª edição ed. Jaboticabal: Funep, 2014. p. 594-620.
- PIEWTHONGNGAM, K. *et al.* System dynamics modelling of an integrated pig production supply chain. **Biosystems e Engineering**, v.127, p. 24-40, 2014.
- ROSTAGNO, H. S. *et al.* **Tabelas brasileiras para aves e suínos – Composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: UFV, 2017.
- SILVA, B.A.N. *et al.* Evaluation of feed flavor supplementation on the performance of lactating high-prolific sows in a tropical humid climate. **Animal Feed Science and Technology**, v.236, p.141-148, 2018.
- THOMAS, L. L. *et al.* Partitioning components of maternal growth to determine efficiency of feed use in gestating sows. **Journal of Animal Science**. v.96, p.4313-4326, 2018.
- VELDKAMP, T. e BOSCH, G. Insects: a protein-rich feed ingredient in pig and poultry diets. **Animal Frontiers**, v. 5(2), p. 45-50, 2015.

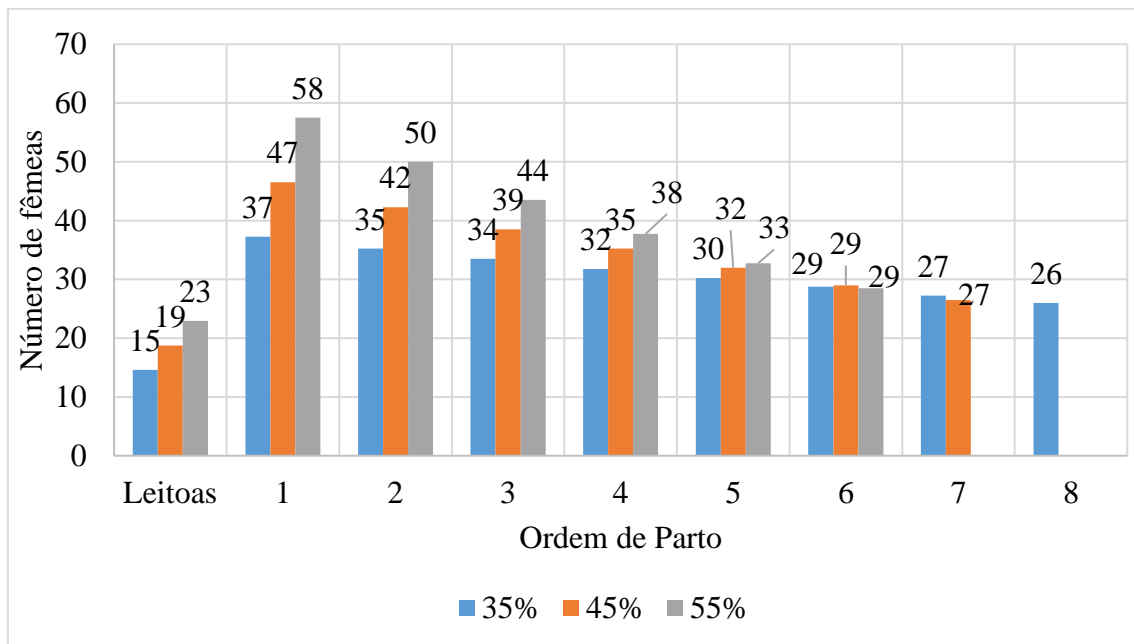


Figura 1. Estrutura do plantel com taxas de reposição de matrizes suínas em uma unidade produtora de desmamados com 250 matrizes e taxas de reposição de 35, 45 e 55% do plantel. Adaptado de Muniz *et al.* (2023)

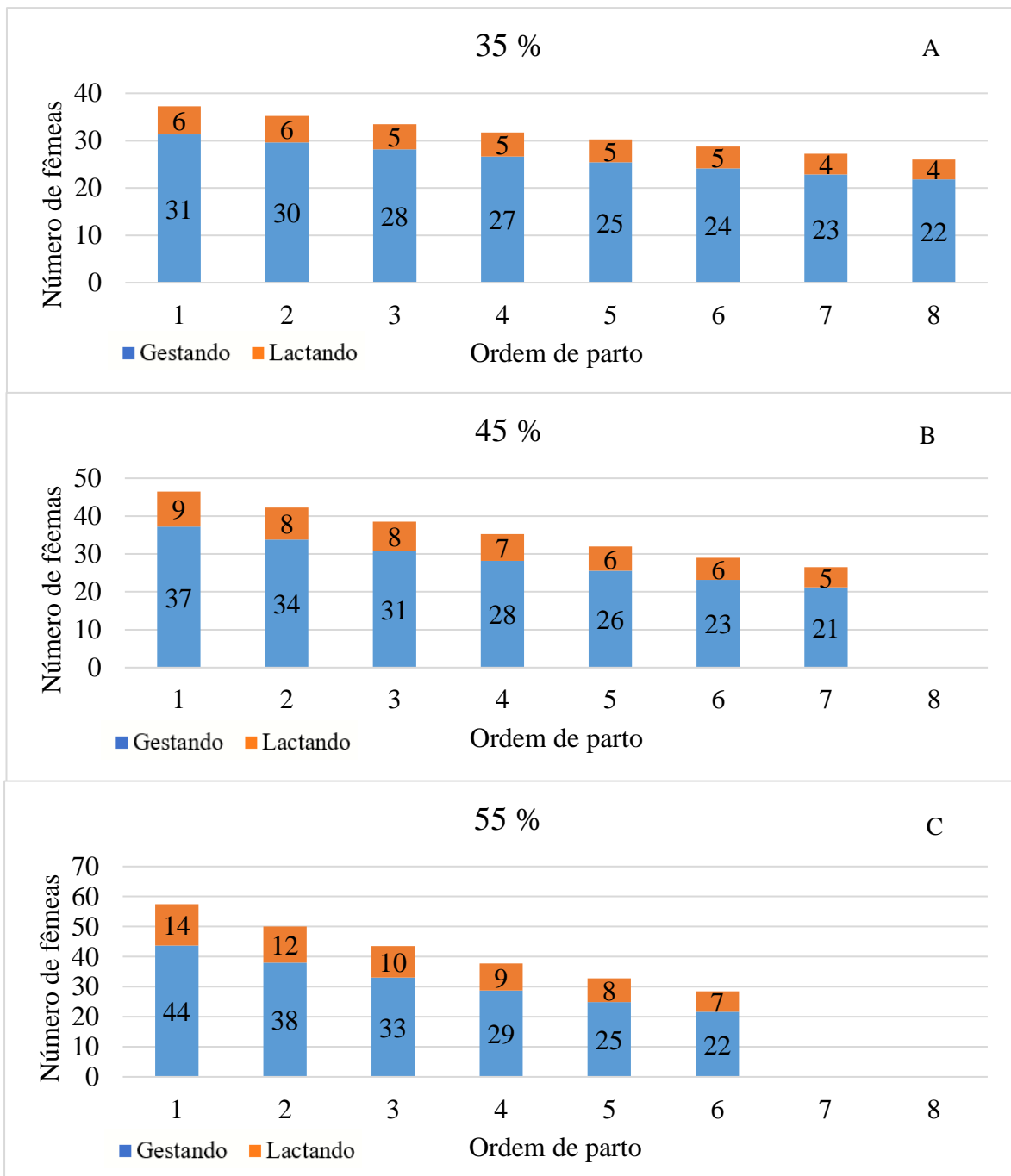


Figura 2- Distribuição do número de fêmeas em diferentes categorias (gestando ou lactando) de acordo com as taxas de reposição de A-35%, B-45% e C-55%, em UPD com 250 fêmeas suínas.

Tabela 1 Composição e custo da dieta para simulação nas fases de gestação e lactação.

Ingrediente	Gestação	Lactação
Milho moído	68,7	62,3
Farelo de soja	16,0	29,5
Farelo de trigo	10,0	0,0
Óleo vegetal	2,2	5,0
Fosfato bicálcico	1,2	1,3
Calcário calcítico	1,1	1,1
Sal comum	0,5	0,5
Premix mineral e vitamínico	0,3	0,3
Composição nutricional		
Proteína Bruta, %	15,0	20,0
Energia metabolizável, Mcal.kg ⁻¹	3,3	3,4
Lisina digestível, %	0,8	1,1
Cálcio, %	0,8	0,8
Fósforo digestível, %	0,4	0,4
Sódio, %	0,2	0,2
Custo máximo da dieta, R\$.kg ⁻¹	1,89	2,02
Custo médio da dieta, R\$.kg ⁻¹	1,74	1,91
Custo mínimo da dieta, R\$.kg ⁻¹	1,64	1,83

As dietas foram balanceadas com base nas informações descritos em Rostagno *et al.* (2017), foi adicionado 500 FTU da enzima fitase, com objetivo de atender as exigências nutricionais das diferentes categorias em estudo. Dieta com custo máximo e mínimo, utilizou os maiores e menores valores para milho, farelo de trigo e soja do ano 2022, respectivamente, o custo médio calculou o custo com valores médios de milho, farelo de trigo e soja do ano de 2022. Todos os valores corrigidos pelo IGPM para o mês de agosto do ano de 2023.

Tabela 2 Consumo médio diário de dieta nas fases de gestação e lactação em unidades produtoras de desmamados que adotam diferentes taxas de reposição em seu plantel

Variável	Taxa de reposição, %			EPM	P-valor
	35	45	55		
Número leitões nascidos	13,5	13,7	13,8	0,079	0,065
Número leitões desmamados	13,0	12,8	12,7	0,148	0,309
	Gestação				
Consumo médio, dia.kg ⁻¹	2,53 ^a	2,48 ^b	2,43 ^c	0,011	0,000
	Lactação				
Consumo médio, dia.kg ⁻¹	5,36	5,25	5,18	0,084	0,314

35, 45 e 55 são as porcentagens de reposição do plantel adotados em uma unidade produtora de desmamados; EPM: Erro padrão da média; ^{a-c} - Médias seguidas de letras diferem significativamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 3 Custo médio com dieta de matrizes suínas para as fases de gestação e lactação

Variável	TR, %	CE			EPM	<i>p</i> -valor		
		O	M	P		TR	CE	TR×CE
<u>Gestação</u>								
Custo dieta, dia.kg ⁻¹	35	R\$ 4,16 ^{Ca}	R\$ 4,41 ^{Ba}	R\$ 4,79 ^{Aa}	0,010	0,000	0,000	0,000
	45	R\$ 4,07 ^{Cb}	R\$ 4,31 ^{Bb}	R\$ 4,69 ^{Ab}				
	55	R\$ 3,99 ^{Cc}	R\$ 4,23 ^{Bc}	R\$ 4,59 ^{Ac}				
	EPM	0,018						
<u>Lactação</u>								
Custo dieta, dia.kg ⁻¹	35	R\$ 9,82 ^{Ba}	R\$ 10,25 ^{Aa}	R\$ 10,84 ^{Aa}	0,095	0,029	0,000	0,005
	45	R\$ 9,61 ^{Ba}	R\$ 10,03 ^{Bb}	R\$ 10,60 ^{Aa}				
	55	R\$ 9,48 ^{Ba}	R\$ 9,90 ^{ABb}	R\$ 10,46 ^{Aa}				
	EPM	0,162						

TR: Taxa de Reposição; CE: Cenário Econômico; O: cenário econômico otimista (menor preço dos insumos), M: cenário econômico médio (preço médio dos insumos), P: cenário econômico pessimista (maior preço dos insumos); 35, 45 e 55 são as porcentagens de reposição do plantel adotados em uma unidade produtora de desmamados; EPM: Erro padrão da média; ^{A-C} - Médias seguidas de letras diferem significativamente pelo teste de Tukey (P<0,05), Letra maiúscula compara a linha (Taxa de Reposição) e a letra minúscula compara a coluna (Cenário Econômico).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após simulação dos cenários produtivos propostos, observou-se que a taxa de reposição de fêmeas suínas de uma unidade produtora de desmamado, altera a estrutura do rebanho ocasionando rejuvenescimento ou envelhecimento do plantel. Pelo fato de o plantel de produção de fêmeas suínas se encontrar entre o 3º e 6º parto, granjas que possuem taxas de reposição mais baixas, apresentarão maiores índices produtivos se não modificar a genética das matrizes, pois, o plantel envelhecerá e possuirá mais matrizes suínas após terceiro parto.

Ao fato que envelhecem as fêmeas suínas consomem maior quantidade de dieta, por este motivo granjas que possuem baixas taxas de reposição, irão possuir maior custo com dieta durante o período de gestação. Devido a dinâmica de produção, granjas que possuem elevadas taxas de reposição em seu plantel, irão possuir maior custo com alimentação durante a lactação. Nos cenários econômicos a taxa de reposição de 35%, obteve menor custo com alimentação diária que as demais simuladas.

REFERÊNCIAS

- ALVES, L.K.S. *et al.* Development of a Swine Production Cost Calculation Model. **Animals**, v. 12, 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS (ABCS). **Produção de suínos: teoria e prática**. Brasília, DF, 908p, 2014.
- BARRALES, H. S. *et al.* Evaluación del descarte en cerdas: causas, registros reproductivos e inspección en planta de faena. **Analecta Veterinaria**, v. 37, p. 33-44, 2017.
- BONETT, L. P. e MONTICELLI, C. J. **Suínos: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa-SPI; Concórdia: Embrapa-CNPSA, 243p, 1998.
- CALDERÓN DÍAZ, J. A. *et al.* Sow longevity. In: C. Farmer, editor. **The gestating and lactating sow**. Wageningen Academic Publishers, 2015, p. 423 -452.
- DIAL, G.D. *et al.* Reproductive failure: differential diagnosis. In: LEMAN, A.D. et al. (Eds.) **Diseases of swine**. 7th ed. Iowa State University Press, Ames, EE. UU. 1992, p. 88-137.
- ENGBLOM, L. *et al.* Post mortem findings in sows and gilts euthanised or found dead in a large Swedish herd. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v.50, p.1-10, 2008.
- FETROW, J. *et al.* Invited review: culling: nomenclature, definitions, and recommendations. **Journal Dairy Science**, v. 89, p. 1896-1905, 2006.
- FRAGA, B.N. *et al.* Modeling performance and nutritional requirements of pigs lots during growth and finishing. **Ciência Rural**, 45, 1841–1847, 2015.
- FREITAS, A.R. Curvas de crescimento na produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 34(3), 786-795, 2005.
- GAMEIRO, A.H. Análise Econômica Aplicada à Zootecnia: Avanços e Desafios. In: **Novos desafios da pesquisa em nutrição e produção animal**. Pirassununga: 5ed, 2009.
- HADAS, Z. *et al.* Analysis of reasons for culling of sows in production herd. **Research in Pig Breeding**, 9, 2015
- HOUŠKA, L. The relationship between culling rate, herd structure and production efficiency in a pig nucleus herd. **Czech Journal of Animal Science**. 54, 365-375, 2009.
- KETCHUM, R. *et al.* Focus areas for improving sow mortality. In: **National Hog Farmer**, April 3, 2019.
- LOVATTO, P. A. e SAUVANT, D. Modelagem aplicada aos processos digestivos e metabólicos do suíno. **Ciência Rural**, v.31, p.663-670, 2001.

MACHADO, J.D. *et al.* New traits to improve the maternal ability of sows under production conditions. **Livestock Science**. 260,104948, 2022.

MALOPOLSKA, M.M. *et al.* The replacement gilt: Current strategies for improvement of the breeding herd. **Journal of Swine Health Production**, v. 26, p.208-214, 2018.

OVIEDO-RONDÓN, E. O. *et al.* Modelagem na nutrição de monogástricos. In: SAKOMURA, N. K. *et al.* (Eds.) **Nutrição de não ruminantes**. 1ª edição ed. Jaboticabal: Funep, 2014. p. 594–620.

SASAKI, Y. e KOKETSU, Y. Culling intervals and culling risks in four stages of the reproductive life of first service and reserviced female pigs in commercial herds. **Theriogenology**, v.73, p.587-594, 2010.

SELL-KUBIAK, E. *et al.* Selecting for changes in average “parity curve” pattern of litter size in Large White pigs. **Journal of Animal Breeding Genetics**, v.136, p.134-148, 2019.

TUMMARUK, P. *et al.* Relationships among specific reasons for culling, reproductive data, and gross morphology of the genital tracts in gilts culled due to reproductive failure in Thailand. **Theriogenology**, v.71, p.369-375, 2009.

VEARICK, G. *et al.* Causas associadas à morte de matrizes suínas. **Archives of Veterinary Science**, 13, 126-132, 2008.

VELDKAMP, T. e BOSCH, G. Insects: a protein-rich feed ingredient in pig and poultry diets. **Animal Frontiers**, v. 5(2), p. 45-50, 2015.