



JOANA BARRETO

**AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DE UM SISTEMA
ELETRÔNICO DE ALIMENTAÇÃO E DO USO DE BALANÇA
DE PRECISÃO PARA FÊMEAS SUÍNAS DE ALTA
PRODUÇÃO EM LACTAÇÃO**

**LAVRAS – MG
2025**

JOANA BARRETO

**AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DE UM SISTEMA ELETRÔNICO DE
ALIMENTAÇÃO E DO USO DE BALANÇA DE PRECISÃO PARA FÊMEAS
SUÍNAS DE ALTA PRODUÇÃO EM LACTAÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do curso de Doutorado em Produção e Nutrição de Não Ruminantes.

Orientador: Prof. Dr. Márvio Lobão Teixeira de Abreu

Coorientador: Prof. Dr. Bruno Alexander Nunes Silva

**LAVRAS – MG
2025**

**Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração
de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados
informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Barreto, Joana.

Avaliação e validação de um sistema eletrônico de alimentação e do uso de balança de
precisão para fêmeas suínas de alta produção em lactação / Joana Barreto. - 2025.
137 p. : il.

Orientador: Márvio Lobão Teixeira de Abreu Coorientador:
Bruno Alexander Nunes Silva

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2025.
Bibliografia.

1. Lactação. 2. Matrizes suínas. 3. Automação. 4. Desempenho. 5. Ambiente. I. Lobão
Teixeira de Abreu, Márvio. II. Nunes Silva, Bruno Alexander. III. Universidade Federal
de Lavras. IV. Título.

JOANA BARRETO

**AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DE UM SISTEMA ELETRÔNICO DE
ALIMENTAÇÃO E DO USO DE BALANÇA DE PRECISÃO PARA FÊMEAS
SUÍNAS DE ALTA PRODUÇÃO EM LACTAÇÃO**

**EVALUATION AND VALIDATION OF ELETRONIC SOW FEEDING AND THE
USE OF PRECISION SCALE FOR HIGH PRODUCTION LACTATING SOWS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do curso de Doutorado em Produção e Nutrição de Não Ruminantes.

Aprovado em 31 de março de 2025.

Dr. Márvio Lobão Teixeira de Abreu –UFLA

Dra. Luciana de Paula Naves - UFLA

Dr. Roberto Maciel de Oliveira – UFLA

Dr. Fábio Loures Cruz – UFLA

Dr. Leonardo da Silva Fonseca - UFVJM

Prof. Dr. Márvio Lobão Teixeira de Abreu

Orientador

**LAVRAS – MG
2025**

A Deus por ter me dado forças, a minha família por sempre confiar e acreditar em mim e a todos que fizeram parte dessa conquista.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar meus caminhos e manter a minha fé naquilo que eu acredito e busco alcançar todos os dias.

A minha família, minha mãe Iara, por me dar a maior oportunidade que eu poderia ter na vida, pelo exemplo de ser humano ternura e amor. A minha tia Aida, pelo exemplo de força, determinação, pelo apoio e amor. Ao meu irmão Gabriel, pelo companheirismo, proteção, inspiração e amor. A minha avó Ermita (*in memorian*), pelos cuidados, pelo exemplo de vida e pelo amor.

A Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Zootecnia, por tudo que me foi proporcionado durante a graduação acadêmica e pós-graduação.

Ao meu orientador, professor Dr. Márvio Lobão Teixeira de Abreu, pelo exemplo, pelas oportunidades, conhecimentos, paciência e apoio que foram fundamentais para a conclusão dessa etapa. Por me fazer acreditar que sempre podemos ir além.

Ao professor Dr. Bruno Alexander Nunes Silva pela coorientação, oportunidades, troca de experiências e conhecimentos.

Ao professor Dr. Roberto Maciel de Oliveira, pelos conhecimentos transmitidos, apoio e amizade conquistada desde a graduação.

A professora Dra. Luciana de Paula Naves, pela atenção, disponibilidade e contribuições ao longo do doutorado.

Ao Dr. Fábio Loures Cruz, pela parceria e colaboração.

Ao professor Dr. Leonardo da Silva Fonseca, pela disponibilidade e contribuições com o trabalho realizado.

Ao Grupo de Pesquisa em Nutrição Funcional de Suínos (NUFSUI) pelas contribuições, pelas oportunidades e amizades.

Ao Núcleo de Estudos em Suinocultura (NESUI), pelos conhecimentos proporcionados.

Ao Núcleo de Estudo em Produção de Suínos (NEPSUI), pela oportunidade, por toda colaboração e acolhimento e grandes amizades que fiz durante essa caminhada.

A Ana Paula Assis por todo apoio, incentivo, parceria e amor durante todos os momentos.

Aos amigos Pedro Gomes, Cátia, Ygor, Iva, Matheus, Larissa, Gabryele e Thais pela amizade e por todos os momentos, tornando tudo mais leve.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq), pelo apoio financeiro e concessão da bolsa de estudos.

E a todos que participaram e contribuíram de alguma forma.

Muito obrigada!!!

RESUMO GERAL

A seleção genética de fêmeas suínas resultou em um notável aumento da produtividade, porém acompanhada de maiores exigências metabólicas e nutricionais, especialmente durante a lactação, quando o consumo de ração pode ser limitado por fatores como ordem de parto, ambiente e manejo alimentar. O uso de alimentadores eletrônicos e plataformas automatizadas de pesagem podem ser utilizadas para monitorar o comportamento alimentar e fornecer dados precisos sobre o desempenho das matrizes e de suas leitegadas ao longo da lactação. O estudo 1 teve como objetivo comparar o desempenho de fêmeas suínas jovens e adultas durante a lactação e propor um modelo para estimativa dos pesos da matriz e dos leitões. Foram utilizadas 20 matrizes da mesma linhagem genética divididas em duas categorias: jovens (n=10; OP1) e adultas (n=10; OP 3 e 4). As fêmeas foram alojadas aos 110 dias de gestação em gaiolas de maternidade equipadas com um alimentador inteligente automatizado e balanças de precisão. Variáveis climáticas, fisiológicas e bioquímicas do sangue e a espessura de toucinho foram monitorados ao longo da lactação. As amostras de leite foram analisadas para perfil de aminoácidos, e o peso das fêmeas e dos leitões registrado utilizando um sistema de pesagem automatizado. O banco de dados dos pesos foi processado por um modelo estruturado e programado para estimar o peso da matriz e sua leitegada. O desempenho foi avaliado em relação ao consumo de ração, perda de peso das fêmeas e crescimento dos leitões. O uso de balança de precisão aliado ao desenvolvimento de um modelo para estimar os pesos demonstrou ser uma ferramenta promissora no monitoramento contínuo do desempenho de matrizes suínas e suas leitegadas. Fêmeas múltiparas apresentaram tendência a um melhor desempenho produtivo, com leitegadas mais pesadas, menores perdas corporais, evidenciando uma maior capacidade adaptativa às demandas da lactação. O estudo 2 avaliou a cinética do comportamento alimentar das fêmeas ao longo da lactação mantidas em clima tropical. O consumo de ração foi numericamente superior nas fêmeas adultas em comparação às jovens ao longo da lactação. É possível observar que os suínos apresentam um comportamento alimentar bifásico definido. A redução no consumo de ração de fêmeas lactantes mantidas em climas tropicais está relacionada aos efeitos combinados de altas temperaturas e umidade, impactando seu desempenho. Dessa forma, o desenvolvimento e uso de tecnologias como balanças de precisão e alimentadores inteligentes automatizados para matrizes lactantes fornecem um grande volume de informações que podem ser utilizadas para estimar o peso dos animais ao longo da lactação, além do conhecimento do comportamento alimentar das fêmeas.

Palavras-chave: automação, desempenho, fêmeas suínas, hiperprolíficas, lactação

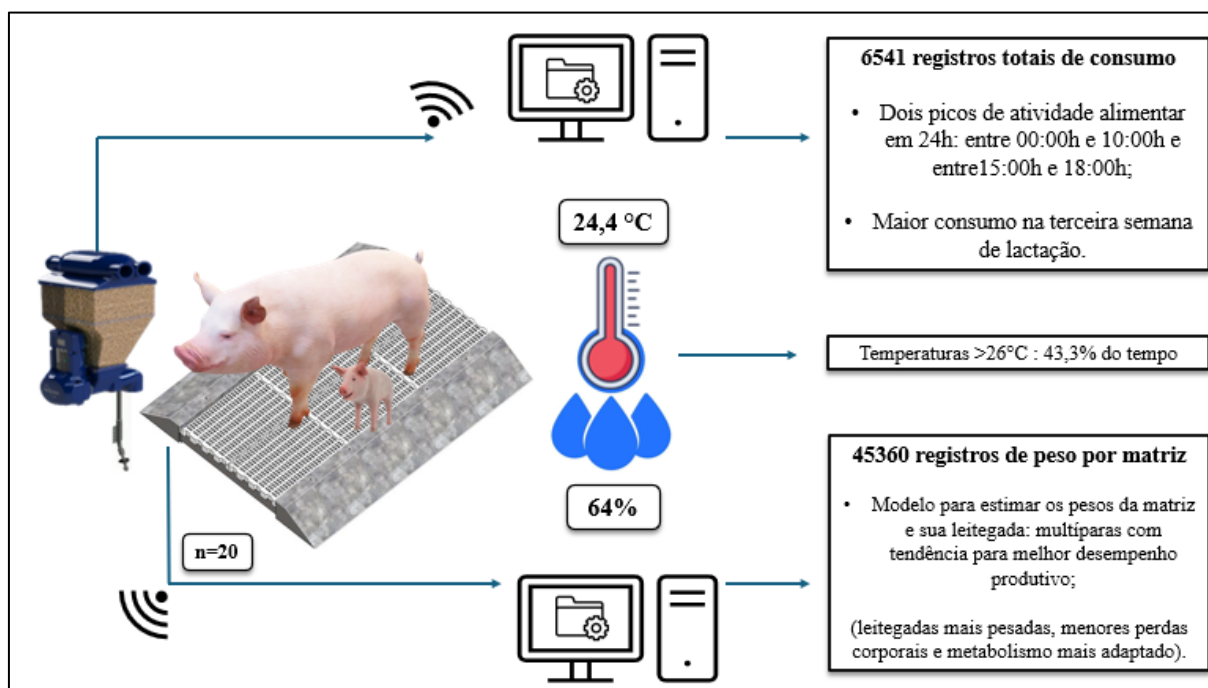
GENERAL ABSTRACT

Genetic selection of sows has led to a significant increase in productivity, but this has been accompanied by greater metabolic and nutritional demands, particularly during lactation, when feed intake may be limited by factors such as parity, environment, and feeding management. The use of electronic feeders and automated weighing platforms can be utilized to monitor feeding behavior and provide accurate data on the performance of sows and their litters throughout lactation. Study 1 aimed to compare the performance of young and adult sows during lactation and to propose a model for estimating the weight of the sow and her piglets. A total of 20 sows from the same genetic line were used and divided into two categories: young (n=10; Parity 1) and adults (n=10; Parity 3 and 4). The sows were housed at day 110 of gestation in farrowing crates equipped with an automated intelligent feeder and precision scales. Climatic, physiological and biochemical variables of blood and backfat thickness were monitored throughout lactation. Milk samples were analyzed for amino acid profiles, and the weight of the sows and piglets was recorded using an automated weighing system. The weight database was processed using a structured model programmed to estimate the weight of the sow and her litter. Performance was evaluated in terms of feed intake, sow weight loss, and piglet growth. The use of precision scales combined with the development of a model to estimate weights proved to be a promising tool for continuous monitoring of the performance of sows and their litters. Multiparous sows tended to have better productive performance, with heavier litters and lower body weight losses, demonstrating a greater adaptive capacity to the demands of lactation. Study 2 evaluated the feeding behavior kinetics of sows throughout lactation under tropical climate conditions. Feed intake was numerically higher in adult sows compared to young sows during lactation. A defined biphasic feed intake pattern was observed in the animals. The reduction in feed intake of lactating sows housed in tropical environments is associated with the combined effects of high temperature and humidity, negatively impacting their performance. Thus, the development and use of technologies such as precision scales and automated intelligent feeders for lactating sows provide a large volume of information that can be used to estimate the weight of animals throughout lactation, in addition to knowledge of the feeding behavior of sows.

Keywords: automation, hyperprolific, lactation, performance, sows.

AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DE UM SISTEMA ELETRÔNICO DE ALIMENTAÇÃO E DO USO DE BALANÇA DE PRECISÃO PARA FÊMEAS SUÍNAS DE ALTA PRODUÇÃO EM LACTAÇÃO

Elaborado por **Joana Barreto** e orientado por **Márvio Lobão Teixeira de Abreu**



A seleção genética de fêmeas suínas resultou em um notável aumento da produtividade, porém acompanhada de maiores exigências metabólicas e nutricionais, especialmente durante a lactação, quando o consumo de ração pode ser limitado por fatores como ordem de parto, ambiente e manejo alimentar. O uso de alimentadores eletrônicos e plataformas automatizadas de pesagem podem ser utilizadas para monitorar o comportamento alimentar e fornecer dados precisos sobre o desempenho das matrizes e de suas leitegadas ao longo da lactação.

Os dados foram continuamente registrados e armazenados, resultando em 45360 registros de pesos por fêmea, que foram processados por um modelo estruturado e programado para estimar o peso da matriz e sua leitegada. Os registros de consumo resultaram um total de 6541 informações utilizadas para avaliar a cinética de consumo.

Fêmeas multíparas apresentaram tendência a um melhor desempenho produtivo, com leitegadas mais pesadas, menores perdas corporais, evidenciando uma maior capacidade adaptativa às demandas da lactação. É possível observar que os suínos apresentam um comportamento alimentar bifásico definido. As alterações no desempenho de fêmeas lactantes mantidas em climas tropicais podem estar relacionadas aos efeitos combinados de altas temperaturas e umidade.

Dessa forma, o desenvolvimento e uso de tecnologias como balanças de precisão e alimentadores inteligentes automatizados para matrizes lactantes fornecem um grande volume de informações que podem ser utilizadas para estimar o peso dos animais ao longo da lactação, além do conhecimento do comportamento alimentar das fêmeas.

INDICADORES DE IMPACTO

O desenvolvimento de uma plataforma corporal com células de carga sob o piso das fêmeas e conectadas a um computador permite a obtenção contínua do peso das matrizes e sua leitegada. Dessa forma, pode ser evitado a movimentação dos animais para realizar a pesagem e, portanto, o estresse, proporcionando maior bem-estar tanto para os animais quanto aos colaboradores. O monitoramento contínuo permite acompanhar o comportamento dos pesos e fornece informações visuais, na forma de gráficos e em tempo real, facilitando a identificação de alterações comportamentais associadas a eventos como, maior movimentação pré e pós-parto da fêmea, ao estado de saúde, a manejos e condições ambientais. Basicamente, o sistema tecnológico desenvolvido e validado se apresentará como uma gaiola de metabolismo específica para matrizes suínas lactantes, que será capaz de mensurar variáveis metabólicas. Os alimentadores automáticos para a fase de lactação permitem que as matrizes possam comer livremente e definir o seu consumo de ração ao longo do dia, de acordo com as suas preferências. Isto implica diretamente na sensação de saciedade e bem-estar do animal. A pesquisa tem um caráter inovador por se tratar do desenvolvimento de novas tecnologias e análise de big data, além de interdisciplinariedade entre áreas de conhecimento. Os impactos dessa implementação incluem aspectos acadêmicos e sociais por incentivar a busca por novas abordagens e parcerias com centros de pesquisas, universidades, estudantes e profissionais.

IMPACT INDICATORS

The development of a body weight monitoring platform equipped with load cells installed beneath the sows' flooring and connected to a computer enables continuous recording of the body weight of both the lactating sows and their litters. This approach eliminates the need to physically move the animals for weighing, thereby reducing stress and promoting greater welfare for both animals and farm staff. Continuous monitoring allows the tracking of body weight patterns and provides real-time visual data in the form of graphs, facilitating the identification of behavioral changes associated with key events, such as increased activity before and after farrowing, health status, management practices and environmental conditions. Essentially, the developed and validated technological system functions as a metabolic cage specifically designed for lactating sows, capable of assessing metabolic variables. Automatic feeders used during the lactation phase allow sows to feed ad libitum and regulate their feed intake according to their preferences, which directly contributes to improved satiety and animal welfare. This research is innovative due to its focus on the development of novel technologies and big data analysis, as well as the interdisciplinary integration of different fields of knowledge. The impacts of this implementation span academic and social dimensions by encouraging new approaches and partnerships with research centers, universities, students, and professionals.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Resposta de diferentes critérios de adaptação de matrizes lactantes ao aumento da temperatura ambiente ¹	23
Figura 2. Representação esquemática que descreve as necessidades nutricionais das fêmeas suínas em transição e em lactação.	28
Figura 3. Captação de aminoácidos pela glândula mamária de fêmeas suínas lactantes e sua produção no leite no 14º dia de lactação.	34
Figura 4. Composição do leite de matrizes lactantes hiperprolíficas no 3º e 17º dia pós-parto.	38
Figura 5. Curvas de lactação estimadas sobre o efeito do tamanho e ganho da leitegada na produção de leite ¹	39
Figura 6. Ingestão diária de energia metabolizável (EM), EM necessária para manutenção e produção de leite e o balanço de energia líquida durante a lactação.	45
Figura 7. Análise do ponto de ruptura da perda de proteína materna versus intervalo desmame-cio.....	47
Figura 8. Efeito da estação e hora do dia no comportamento alimentar de fêmeas suínas lactantes.....	53
Figura 9. Padrão de alimentação antes e depois do parto de fêmeas hiperprolíficas (linha contínua) e diferentes padrões comumente utilizados em condições comerciais (linhas tracejadas e pontilhadas).	55
Figura 10. Consumo médio diário real de fêmeas suínas lactantes em diferentes padrões.	56
Figura 11. Efeito da temperatura e da hora do dia na cinética consumo diário de ração de matrizes lactantes Large White mantidas a 20°C e 29°C.....	57
Figura 12. Consumo diário de ração de fêmeas suínas lactantes durante as estações fria e quente.	58
Figura 13. Efeito da estação e hora do dia no comportamento alimentar de fêmeas suínas lactantes.....	59

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BCAA	Aminoácidos de Cadeia Ramificada
BCAT	Aminotransferase de Cadeia Ramificada
BCKD	α -cetoácido Desidrogenase de Cadeia Ramificada
IGF-1	Fator de Crescimento Semelhante a Insulina do tipo 1
mTOR	Alvo de Rapamicina em Mamíferos
NEFA	Ácidos Graxos Não Esterificados
NRC	National Research Council

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	14
1. INTRODUÇÃO	14
2. REFERÊNCIAL TEÓRICO	16
2.1 Principais aspectos relacionados à fêmea suína em lactação	16
2.1.1 Nutrição da fêmea suína em lactação.....	25
2.1.2 Uso da energia e dos nutrientes pela fêmea suína em lactação	27
2.1.3 Metabolismo dos aminoácidos na glândula mamária	33
2.1.4 Produção e composição do leite	37
2.2 Dinâmica do peso corporal da fêmea e dos leitões durante a lactação	41
2.2.1 Impacto da lactação na perda de peso corporal da fêmea suína	41
2.2.2 Dinâmica da composição corporal durante a lactação	43
2.2.3 Impacto do desempenho lactacional da fêmea no desenvolvimento dos leitões	48
2.3 O comportamento alimentar e o uso de alimentadores eletrônicos automáticos.....	50
2.3.1 O comportamento dos suínos e a automação do manejo alimentar	50
2.3.2 Cinética de consumo das fêmeas suínas durante a lactação	54
REFERÊNCIAS.....	61
SEGUNDA PARTE - ARTIGOS.....	76
ARTIGO 1 - AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DE UM SISTEMA ELETRÔNICO DE ALIMENTAÇÃO E DO USO DE BALANÇA DE PRECISÃO PARA FÊMEAS SUÍNAS DE ALTA PRODUÇÃO EM LACTAÇÃO	76
ARTIGO 2 - COMPORTAMENTO ALIMENTAR DE FÊMEAS SUÍNAS DE ALTA PRODUÇÃO DURANTE A LACTAÇÃO MANTIDAS EM CLIMA TROPICAL	115

PRIMEIRA PARTE

1. INTRODUÇÃO

As fêmeas suínas passaram por um intenso processo de seleção genética nos últimos anos, atingindo índices expressivos de produção. De acordo com o relatório anual da Agriness de 2023, nos últimos 15 anos, a produção nacional apresentou um notável progresso no índice de leitões desmamados por fêmea a cada ano. Na média geral, houve um crescimento significativo de 5,23 leitões desmamados. Este aumento se torna ainda mais expressivo quando se observa as dez melhores granjas do país, que registraram um crescimento de 8,68 leitões desmamados por fêmea. No total, foram desmamados, em média, 30,05 leitões por fêmea no ano de 2023 e 37,79 leitões/fêmea/ano considerando as dez melhores granjas nacionais.

A fisiologia e o metabolismo da fêmea suína durante o período de lactação são marcados por complexas adaptações, priorizando a produção de leite para sustentar uma leitegada numerosa e de rápido crescimento. Na suinocultura industrial o plantel de reprodutoras apresenta fêmeas de diferentes ordens de parto que podem apresentar comportamentos diferentes em relação ao seu desempenho. Durante a lactação, o peso corporal das matrizes geralmente é registrado apenas no momento da transferência para a maternidade e após o desmame dos leitões, pela maior facilidade do manejo. Para a obtenção do peso pós-parto, quando registrado, são utilizadas equações para estimar esse dado baseado no número de leitões nascidos e seus anexos placentários.

Dessa forma, o monitoramento do peso corporal da fêmea lactante se restringe a registros limitados de pesos, assim como o desempenho da leitegada. Diferentes manejos alimentares são praticados durante a lactação, sendo mais comum o fornecimento de quantidades fixas de ração em horários determinados durante o dia. Inicialmente, os sistemas de alimentação a vontade controlados pela fêmea foram projetados para aumentar o consumo de ração durante essa fase, contudo esses mecanismos não são capazes de registrar a quantidade e o momento em que a ração é solicitada pelo animal. O uso de sistemas como os de alimentação automatizados permite o registro da quantidade e os horários de alimentação e, consequentemente, um maior entendimento do comportamento alimentar das matrizes.

Nesse contexto, há necessidade em se desenvolver tecnologias que sejam capazes de estimar com precisão e de forma individual as variações que ocorrem no desempenho dos animais durante a lactação. O desenvolvimento de uma plataforma corporal com células de

carga sob o piso das fêmeas e conectadas a um computador permitirá a obtenção contínua do peso das matrizes e sua leitegada. Dessa forma, poderá ser evitado a movimentação dos animais para realizar a pesagem e, portanto, o estresse, proporcionando maior bem-estar. O monitoramento contínuo permite acompanhar o comportamento dos pesos e fornece informações visuais, na forma de gráficos e em tempo real, facilitando a identificação de alterações comportamentais associadas a eventos como, maior movimentação pré e pós-parto da fêmea, ao estado de saúde, a manejos e condições ambientais, e frequência das mamadas ao longo do dia pelos leitões.

Além disso, a gaiola das matrizes também pode ser equipada por alimentadores inteligentes automatizados, monitorados por computadores que registram a quantidade de ração e os horários de alimentação das fêmeas, possibilitando o fornecimento de ração controlado diretamente pelo animal através da ativação de sensores. Dessa forma, os alimentadores automáticos para a fase de lactação permitem que as matrizes possam comer livremente e definir o seu consumo de ração ao longo do dia, de acordo com as suas preferências. Isto implica diretamente na sensação de saciedade e bem-estar do animal e possibilita o conhecimento do comportamento de consumo em tempo real. Todo esse conjunto de informações a ser coletado será analisado por meio de softwares específicos, utilizados para estimar tanto a perda de peso da fêmea quanto o ganho de peso da leitegada, bem como o conhecimento do comportamento alimentar das matrizes durante a lactação. Este projeto baseia-se na hipótese de que o uso de balanças de precisão para fêmeas suínas lactantes pode fornecer, em tempo real, informações e dados precisos sobre a dinâmica do peso corporal da matriz e sua leitegada. O uso de alimentadores inteligentes automatizados permite conhecer a cinética do comportamento alimentar dos animais.

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 Principais aspectos relacionados à fêmea suína em lactação

Os suínos são selecionados geneticamente para produção de carne magra e alta eficiência alimentar durante as fases de crescimento e terminação. Contudo, a fisiologia, produtividade e eficiência alimentar das fêmeas em reprodução também são impactadas por esse processo. Diferente das características tradicionais para suínos em crescimento, onde o foco é maximizar o ganho de peso e a eficiência alimentar, a nutrição e o manejo alimentar das matrizes devem considerar características fundamentais como, condição corporal da fêmea, desempenho ideal no momento do parto e a produção de colostro e leite (Theil *et al.*, 2023). Ainda que o melhoramento genético tenha contribuído expressivamente para o desempenho produtivo das matrizes suínas, as linhagens modernas possuem menor capacidade de consumo e menor quantidade de tecido adiposo (Silva *et al.*, 2004). Desta forma, as matrizes atuais são mais susceptíveis a um catabolismo severo durante a lactação (Costermans *et al.*, 2020).

As matrizes suínas atuais são frequentemente desafiadas durante o período lactacional para obter energia suficiente a partir do consumo voluntário de ração para sustentar a produção de leite. Pesquisas anteriores relataram que o fornecimento a vontade de ração durante a gestação pode comprometer o consumo voluntário de ração na lactação, em função do sobrepeso e de um aumento excessivo da espessura de gordura dorsal no momento do parto (Weldon *et al.*, 1994; Le Cozler *et al.*, 1998; Ren *et al.*, 2017). Segundo Kim *et al.* (2015), há uma redução de 60 a 120 g no consumo diário de ração durante a lactação quando há um aumento de 1 mm na espessura de gordura dorsal no dia 109 de gestação. No mesmo sentido, foi demonstrado que a redução de 1 mm na espessura de gordura dorsal foi relacionada a um incremento de 100 g no consumo diário de ração no período de lactação (Mullan & Williams, 1990).

De acordo com Brunn *et al.* (2023), a energia extra proveniente do maior volume de ração fornecida na última semana de gestação pode ser direcionada para o crescimento fetal, desenvolvimento da glândula mamária e construção do ninho e, apenas uma pequena parte, direcionada para as reservas corporais da matriz. Dessa forma, a dieta fornecida nos dias antecedentes ao parto previsto pode ser uma estratégia viável ao suprir as necessidades de nutrientes, melhorando a cinética do parto e minimizando a mortalidade precoce dos leitões (Langendijk & Plush, 2019; Theil *et al.*, 2022).

O período de transição pode ser definido como o período próximo ao nascimento dos leitões, correspondente aos últimos cinco a sete dias de gestação e os primeiros três a cinco dias de lactação (Theil *et al.*, 2022). De maneira geral, é caracterizado por mudanças importantes nos requerimentos de nutrientes ao longo deste período, em função do rápido crescimento fetal, desenvolvimento da glândula mamária, síntese de colostro, cinética do parto e o início da produção de leite, provocando um estado catabólico no metabolismo das matrizes suínas (Feyera & Theil, 2017). Portanto, a transição entre os períodos de gestação e lactação deve ser considerada como um processo fundamental na produtividade das matrizes suínas e deve ser planejado para atender o desenvolvimento final dos fetos, o crescimento do tecido mamário, preparar a fêmea para o período de lactação e fornecer nutrientes durante o parto, contribuindo para a máxima sobrevivência dos leitões ao nascimento (Mcpherson *et al.*, 2004; Ji *et al.*, 2006; Feyera *et al.*, 2019).

O nível de alimentação durante o período de transição pode ser determinante para a cinética do parto, visto que o nascimento dos leitões é considerado um dos processos com maior demanda energética durante a vida de uma matriz suína (Vallet *et al.*, 2013). Ao longo dos últimos anos diferentes pesquisas relatadas no estudo de Oliviero *et al.* (2018) confirmaram a correlação positiva entre o tamanho da leitegada e a duração do parto. Um parto prolongado, com mais de 300 minutos e um intervalo entre o nascimento dos leitões, superior a 20 minutos, são considerados os fatores que mais impactam no número de natimortos e na mortalidade pré desmame das leitegadas oriundas das matrizes de alta produção (Schoos *et al.*, 2023).

Nos dias antecedentes ao parto previsto, geralmente o fornecimento de ração para as matrizes é reduzido para minimizar o risco de constipação (Tabeling *et al.*, 2003). Contudo, essa prática pode provocar uma deficiência energética antes e durante o nascimento dos leitões e, consequentemente, aumentar a duração e assistência ao parto e a ocorrência de leitões natimortos. Feyera *et al.* (2018) avaliaram um conjunto de dados oriundos de sete experimentos distintos em relação ao desempenho das matrizes e suas leitegadas. Foi determinado que há um tempo ótimo de $3,13 \pm 0,34$ h entre a última refeição e o início do parto. As fêmeas que iniciaram o parto nesse intervalo, necessitaram de uma assistência mínima e apresentaram uma baixa ocorrência de leitões natimortos. No entanto, intervalos entre a última refeição e o início do parto acima do ponto de quebra se correlacionaram positivamente com a duração do parto e o número de natimortos.

A concentração de glicose é determinante para a cinética do parto, visto que é considerada um dos principais metabólitos energéticos extraídos pelo útero durante esse momento. Logo, o suprimento adequado de energia glicogênica e manutenção dos níveis de glicose são importantes para um parto rápido com menores complicações e intervenções (Feyera *et al.*, 2018; Nielsen *et al.*, 2021). Antecedente ao nascimento dos leitões, a glicose é utilizada como substrato energético para a atividade física associada ao comportamento de construção do ninho e, durante o parto, é utilizada para as contrações uterinas e como um precursor para a síntese de lactose e gordura do colostro (Theil *et al.*, 2002; Feyera *et al.*, 2019). Portanto, o fornecimento adequado de energia durante o período de transição aumenta o estado energético das matrizes e contribui para um parto bem-sucedido, maximizando o número de leitões nascidos vivos.

De maneira geral, Theil *et al.* (2023) sugerem que o excesso de proteína bruta na dieta de fêmeas suínas gestantes tem maior influência na duração do parto do que o excesso de um ou mais aminoácidos individuais (Che *et al.*, 2019a). O mecanismo pelo qual a alta concentração de proteína bruta na dieta afeta a duração do parto e o número de leitões natimortos parecem estar associada à oxidação das proteínas, considerada um processo energeticamente desfavorável (Theil *et al.*, 2020). Assim, o conhecimento das necessidades de proteína bruta e lisina digestível e de suas concentrações na dieta durante o período de transição são essenciais para potencializar a utilização para reprodução e, dessa forma, minimizar o uso de proteína bruta como fonte de energia no parto.

A produção de leite é a característica com maior prioridade para as matrizes suínas lactantes. As fêmeas são capazes de mobilizar suas reservas corporais para sustentar essa demanda na tentativa de compensar a ingestão insuficiente de nutrientes via dieta (Costermans *et al.*, 2020). Diferentes fatores como, idade ou ciclo de produção, semana da lactação, condição corporal da matriz, nutrição (ingestão de nutrientes e água) e o ambiente, são fatores associados à variação na produção de leite de cada fêmea. Além disso, o tamanho da leitegada tem uma influência direta na produção, através da intensidade e frequência de estímulos das mamadas realizadas pelos leitões. Essa influência é determinada, principalmente, pelo número e peso dos leitões com maior vitalidade (Yagüe, 2019).

Diferentes pesquisas demonstram que as fêmeas, principalmente as jovens em sua primeira e segunda paridades, não consomem ração suficiente durante a lactação para atender às suas necessidades de energia e aminoácidos (Fang *et al.*, 2019; Kemp *et al.*, 2018; Strathe *et*

al., 2017c). Geralmente, o consumo de ração é limitado durante os primeiros dias após o parto, seguido por um aumento gradativo ao longo da lactação. Contudo, mesmo com uma maior ingestão de ração, as fêmeas lactantes frequentemente entram em balanço energético negativo, perdendo até 25 kg do seu peso corporal durante a terceira e quarta semana de lactação (Cozannet *et al.*, 2018). Uma perda de 9 a 12% do seu peso corporal é considerada normal entre fêmeas múltiparas e, uma perda de até 8% considerado adequado para as primíparas (Clowes *et al.*, 2003a; Schenkel *et al.*, 2010). Contudo, o catabolismo e a perda de peso excessiva pode resultar em falhas reprodutivas subsequentes e comprometimento da longevidade da fêmea no sistema de produção (Costermans *et al.*, 2023).

Diferenças podem ser observadas em relação à idade ou ordem de parto das fêmeas. Em função da menor capacidade física do trato gastrointestinal, as primíparas apresentam um consumo voluntário de ração de, aproximadamente 15 a 20% menor em relação as fêmeas múltiparas (Whittemore & Kyriazakis, 2008). Portanto, fêmeas primíparas podem ter uma interação diferente entre consumo de ração, mobilização corporal, produção de leite e reprodução quando comparadas às fêmeas múltiparas. Além disso, as fêmeas jovens ainda utilizam os nutrientes oriundos da dieta para atingirem a maturidade corporal (Strathe *et al.*, 2017b). A ausência de reservas corporais somada a taxa de crescimento e o limitado consumo de ração faz com que essas fêmeas se tornem mais susceptíveis aos efeitos negativos de um balanço energético negativo (Hoving *et al.*, 2010).

Na prática, modelos tradicionais como as tabelas de exigências nutricionais (NRC, 2012; Rostagno *et al.*, 2024) são utilizados nos programas de nutrição e são baseados no desempenho médio dos animais, sendo uma mesma dieta padrão fornecida a todas as matrizes durante o período de lactação. Ainda que fatores como a ordem de parto seja considerado, a ingestão de nutrientes pode ser insuficiente para atender às necessidades do animal, provocando uma mobilização acentuada das reservas corporais e, por outro lado, o excesso de nutrientes faz com que grandes quantidades de nitrogênio e fósforo sejam liberadas no ambiente através das fezes e urina, o que resulta em maiores impactos ambientais e custos de alimentação (Gauthier *et al.*, 2019).

A necessidade total de energia metabolizável das fêmeas lactantes é composta, em sua maioria, pela produção de leite representando 72% da necessidade diária no pico da lactação e, em menor proporção, pela energia necessária para manutenção, correspondendo a aproximadamente 30,5% (Feyera & Theil, 2017). A utilização de energia da dieta depende de

fatores como, a concentração de nutrientes presente na ração. Em suínos alimentados com ração contendo proteína bruta acima das exigências, observa-se perda de energia via urina e produção adicional de calor em função da maior oxidação de aminoácidos (Le Bellego *et al.*, 2002). Ao avaliar o efeito da proteína da dieta na utilização de energia e eficiência alimentar de fêmeas suínas lactantes, Pedersen *et al.* (2019) observaram que tanto a produção diária de energia na urina, quanto a produção de calor em relação à ingestão de energia bruta, aumentaram quando as matrizes foram alimentadas com proteína bruta acima de sua necessidade.

Também foi observado pelos mesmos autores que, durante a lactação, a produção de energia no leite, a produção de calor e a produção de energia bruta nas fezes e urina excederam 157%, 165% e 128% a ingestão de energia bruta na primeira, segunda e terceira semana de lactação, respectivamente, sugerindo que as matrizes de alta produção são frequentemente desafiadas em termos de fornecimento adequado de energia, levando a uma mobilização dos tecidos corporais. Além disso, para as matrizes lactantes é energeticamente ineficiente usar as reservas corporais para sustentar a produção de leite quando comparada com a eficiência em utilizar a energia proveniente da ração (Noblet & Etienne, 1987; Theil *et al.*, 2004). Além disso, as matrizes lactantes são capazes de utilizar a energia da dieta de forma mais eficiente quando há uma relação ideal de proteína na dieta em relação à energia (Pedersen *et al.*, 2019).

Enquanto a necessidade de energia das matrizes é determinada pela manutenção e produção de leite, a necessidade de lisina é determinada em sua grande maioria pela produção de colostro e leite (Theil, 2015). Segundo o mesmo autor, até 59% e 48% das necessidades de lisina nos dias 106 e 115 de gestação, respectivamente, são necessárias para o crescimento da glândula mamária e produção de colostro. No pico de lactação, considerado como sendo o dia 17 da lactação, 95% da lisina digestível foi associada à produção de leite (Feyera & Theil 2017). Uma ingestão equilibrada de proteína e aminoácidos oriundos da dieta é igualmente importante para o desempenho da fêmea e, conseqüentemente, para o desempenho da leitegada durante a lactação (Huber *et al.*, 2018; Pedersen *et al.*, 2019).

A proteína dietética é importante não só para fornecer os aminoácidos essenciais, mas também fornecer nitrogênio adequado para atuar como substrato da síntese de aminoácidos não essenciais. As matrizes lactantes utilizam aproximadamente 70% da proteína da dieta para a síntese proteica do leite (Pedersen *et al.*, 2016), enquanto a eficiência de cada aminoácido essencial pode variar de acordo com a extensão em que é utilizado, além da síntese de proteína do leite na glândula mamária (NRC, 2012). Nas dietas dos suínos alimentados com ração a base

de milho e farelo de soja, a lisina é considerada o primeiro aminoácido limitante e, portanto, a exigência dos demais aminoácidos é expressa em relação à lisina.

De acordo com os resultados obtidos por Greiner *et al.* (2018), a redução de proteína bruta de 21% para 17% na dieta de fêmeas lactantes não impactou o desempenho reprodutivo da fêmea ou o crescimento da leitegada quando outros aminoácidos, como triptofano, treonina e valina, foram mantidos em proporção à lisina e os requisitos de lisina foram atendidos. Dessa forma, a substituição de proteína bruta da dieta por aminoácidos industriais em dietas de lactação pode ser utilizada como estratégia nutricional, desde que as proporções de aminoácidos em relação à lisina sejam atendidas (Huber *et al.*, 2018; Horjgaard *et al.*, 2019). Contudo, para as fêmeas lactantes a determinação da ordem dos aminoácidos limitantes e a proporção dos outros aminoácidos em relação à lisina se torna desafiador, em função da complexa interação entre os aminoácidos fornecidos via dieta e a proteína corporal mobilizada para a produção de leite (Kim *et al.*, 2009). Portanto, é determinante conhecer não só a extensão e a origem das reservas corporais mobilizadas, mas também a eficiência de sua utilização para a produção de leite.

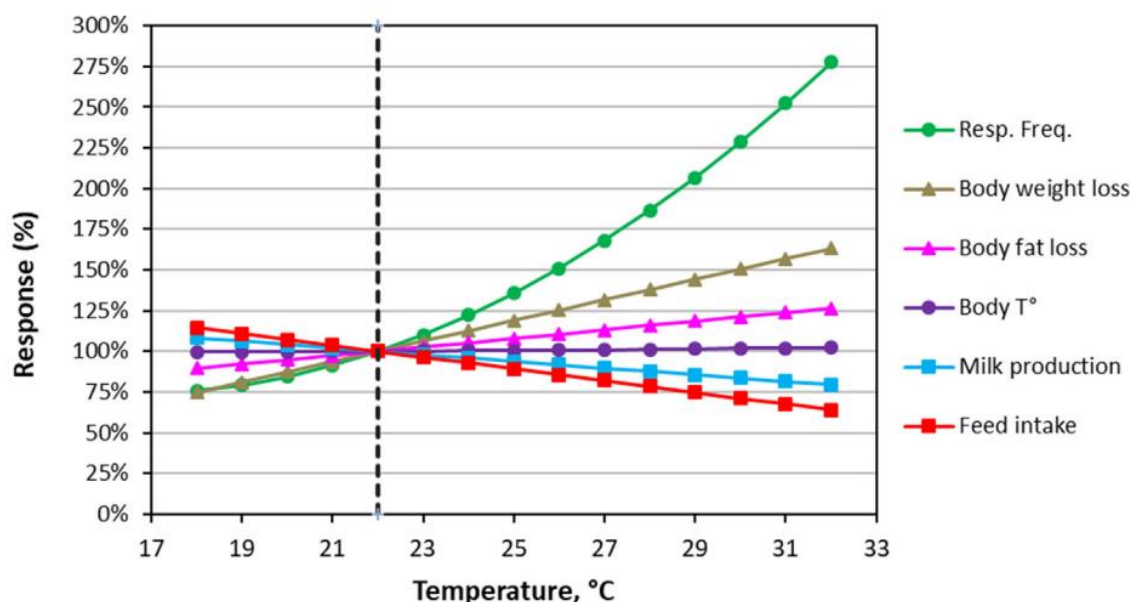
A adição de aminoácidos industriais nas dietas de lactação reduzidas em proteína bruta é considerada favorável tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico. Os aminoácidos industriais permitem uma formulação mais ajustada para atender os requerimentos nutricionais e melhora o equilíbrio de aminoácidos nas dietas. Assim, é possível observar uma melhor eficiência alimentar (Pedersen *et al.*, 2019) e uma redução de altos níveis de proteína bruta e, consequentemente, custos mais baixos associados à sua incorporação. Além disso, dietas com menor teor de proteína bruta suplementadas com aminoácidos industriais resultam em uma maior eficiência de utilização do nitrogênio e menor excreção para o ambiente, sem comprometer a produtividade da matriz (Huber *et al.*, 2018).

O ciclo da lactação pode ser basicamente resumido em início, manutenção e término da lactação, compreendidos por quatro eventos importantes. Primeiro, ocorre a mamogênese, com alterações estruturais acontecendo ainda durante a gestação. Em seguida, ocorre a síntese e a secreção do colostro, que se inicia imediatamente após o parto. Em terceiro, a síntese e a secreção do leite maduro são mantidas durante o período de lactação estabelecido e, quarto, quando ocorre a involução da glândula mamária com a cessão da produção de leite (Rezaei *et al.*, 2016).

O aumento da temperatura ambiente pode impactar negativamente as matrizes suínas em diferentes parâmetros, incluindo a produtividade (ingestão de ração, produção de leite e perda de peso corporal), saúde (sobrevivência), comportamento (alimentação, descanso, amamentação), reprodução (tamanho da leitegada) e fisiologia (taxa de respiração e temperatura corporal) (Brandt *et al.*, 2022; Dourmad *et al.*, 2022; Ogundare *et al.*, 2024). Como consequência do melhoramento genético em aumentar o número de leitões nascidos e maior quantidade de leite produzido, somado ao potencial de crescimento dos suínos, aumentando o peso vivo das matrizes adultas, também é observado uma maior produção de calor por essas fêmeas, que devem dissipá-lo sem muito esforço para evitar o estresse por calor (Bjerg *et al.*, 2020). As matrizes suínas lactantes são particularmente vulneráveis ao estresse por calor devido às intensas atividades metabólicas associadas à produção de leite, com zona termo neutra variando de 18 a 22°C (Renaudeau *et al.*, 2012).

Ao avaliar o efeito da temperatura ambiente através de uma meta-análise, Dourmad *et al.* (2022) estimaram a resposta das fêmeas lactantes ao aumento de temperatura para diferentes parâmetros fisiológicos. A frequência respiratória, o consumo de ração e a produção de leite foram os três critérios com maiores respostas ao aumento da temperatura de 22 para 32 °C (Figura 1). Foi observado um aumento em 175% na resposta da frequência respiratória, o que representou um acréscimo de 5,96 respirações por minuto por °C. Para o consumo de ração, foi observada uma redução em 36%, ou seja, houve uma redução de 189 g/dia por °C. A produção de leite foi afetada negativamente em 20%, resultante tanto do menor consumo de ração quanto da disponibilidade de nutrientes na corrente sanguínea.

Figura 1. Resposta de diferentes critérios de adaptação de matrizes lactantes ao aumento da temperatura ambiente¹.



¹Os valores são expressos em percentagem do valor a 22 °C, para os mesmos critérios.

Fonte: Dourmad *et al.* (2022).

Quando submetidos a altas temperaturas ambientes, os suínos buscam se adaptar ao estresse por calor através de mecanismos, como redução do consumo de ração, redirecionamento do fluxo sanguíneo e alteração do estado endócrino (Farmer & Prunier, 2002). A redução no consumo indica uma adaptação fisiológica em diminuir a produção de calor em função da termogênese induzida pela dieta (Black *et al.*, 1993; Noblet *et al.*, 1993). Ao desenvolver um modelo para estimar a produção de calor de fêmeas lactantes, Cabezón *et al.* (2017) observaram que as matrizes atuais produzem aproximadamente 24 a 39% mais calor quando comparada às matrizes de décadas passadas. Tal diferença pode ser explicada pelos aumentos no peso corporal da fêmea, produção de leite e consumo de ração. Além disso, os mesmos autores relataram que, fêmeas jovens em sua primeira e segunda paridade produzem menos calor quando comparadas às fêmeas adultas com ordem de parto três a seis, durante a lactação. Considerando a paridade, o consumo de ração foi responsável por aproximadamente 95% da variação na produção de calor prevista.

O menor peso ao desmame da leitegada devido à menor produção de leite, pode ser diretamente associado à redução do consumo de ração pela matriz (Choi *et al.*, 2017). De acordo com as observações de Black *et al.* (1993), houve uma redução de 25% no consumo de ração e

de 40% na produção de leite em matrizes submetidas a estresse por calor (28°C), quando comparadas às matrizes que foram mantidas na zona de conforto térmico (18°C). Os mesmos autores sugerem que o estresse por calor pode comprometer a eficiência da glândula mamária por meio da vasodilatação periférica, aumentando a proporção do fluxo sanguíneo que irriga os capilares da pele para dissipar o calor corporal.

O efeito térmico da ração para gordura, amido e proteína é em média 10, 18 e 42% do conteúdo de energia metabolizável, respectivamente (Noblet *et al.*, 1994). Dessa forma, a redução dos níveis de proteína da dieta diminui o calor metabólico produzido e pode amenizar o efeito da alta temperatura em relação ao consumo voluntário de ração (Silva *et al.*, 2009). A adição de óleos ou gordura também pode ser considerada uma estratégia nutricional importante ao reduzir o efeito térmico da ração em condições de altas temperaturas (Renaudeau; Quiniou; Noblet, 2001) e é tipicamente adotada nessas condições.

O estresse por calor é ainda mais acentuado durante a estação de verão em regiões de clima tropical (Gourdine *et al.*, 2006). Dessa forma, estratégias como, resfriamento das instalações ou alterações nutricionais podem ser utilizadas para reduzir os efeitos das altas temperaturas para as fêmeas lactantes (Renaudeau *et al.*, 2012). Ao avaliar os efeitos do resfriamento do piso da baia de fêmeas primíparas lactantes durante o verão, Silva *et al.* (2009) relataram que manter o piso resfriado melhora o consumo de ração, reduz a perda de peso corporal e o intervalo entre o desmame e próximo cio. Além disso, foi possível observar diferença nas atividades comportamentais das fêmeas. As fêmeas alojadas em baias com o piso resfriado passaram mais tempo deitadas e amamentando e menos tempo inativas. O resfriamento do piso também possibilitou um aumento de aproximadamente 23% na produção de leite e, conseqüentemente, melhor desempenho da leitegada. Segundo os resultados de Tajudeen *et al.* (2022), o resfriamento das instalações e do piso da baia, associado a baixa temperatura da água de bebida das matrizes lactantes, impactou positivamente o consumo de ração diário das fêmeas e o peso dos leitões ao desmame, além de reduzir os níveis de cortisol, frequência respiratória e temperatura retal.

2.1.1 Nutrição da fêmea suína em lactação

Os suínos são produzidos em diferentes tipos de sistemas com variações nos níveis tecnológicos e fontes de alimentação. Embora possam variar em termos de produção, eficiência e uso de recursos, ambos são importantes para o mercado ao produzirem alimentos para a população (Samberg *et al.*, 2016; Herrero *et al.*, 2017). Independente do sistema, a composição das dietas tem um papel importante no que se refere à sustentabilidade da produção de suínos, pois envolve a procura por terras para a produção de culturas (Uwizeye *et al.*, 2016), quantidade de nitrogênio excretado no ambiente, capaz de contaminar solos e água (Sajeev *et al.*, 2018; Sanchez-Martín *et al.*, 2017) e a concorrência por alimentos entre humanos e animais (Schader *et al.*, 2015).

Nas produções comerciais, o fornecimento de altos níveis de nutrientes visando otimizar o desempenho ainda é praticado, embora o máximo desempenho nem sempre represente a melhor eficiência econômica (Hauschild *et al.*, 2010; Niemi *et al.*, 2010). Considerando a variabilidade existente entre os animais, entre os ingredientes da dieta, bem como fatores relacionados ao ambiente e sanidade, são incluídas margens de segurança nas formulações das dietas. No entanto, há uma perda estimada de 40% de nitrogênio associada à ineficiência no processo de digestão, manutenção e produção, e uma perda de 30% como consequência do excesso de proteína fornecida para maximizar o desempenho dos animais (Pomar *et al.*, 2019).

Além disso, a eficiência alimentar é uma característica determinante na produção de suínos, considerando que a nutrição representa a maior parte do custo total de produção (Cadéro *et al.*, 2018). Desse total, aproximadamente 15 a 17% está relacionado à produção das matrizes e sua leitegada até o desmame, influenciando o foco dos produtores de suínos nos animais de crescimento e terminação, por representarem os custos mais elevados com alimentação. A partir disso, a nutrição e a alimentação das matrizes suínas ainda podem estar submetidas a um critério geral, sem grande destaque para o estado fisiológico da fêmea e suas características (Solà-Oriol & Gasa, 2017).

O desempenho das matrizes de alta produção é basicamente restrito pelo consumo limitado de ração. O período de lactação representa um estado catabólico devido ao aumento substancial dos requerimentos de energia e nutrientes. A produção de leite e demais processos metabólicos, como o desenvolvimento da glândula mamária, requerem o fornecimento adequado de aminoácidos e energia (Wesless *et al.*, 2023). A ingestão de energia inferior às necessidades nutricionais, demonstra a incapacidade biológica das matrizes durante a lactação

em ingerir quantidades suficientes de ração para atender suas exigências nutricionais (Tokach *et al.*, 2019).

As melhorias que foram observadas ao longo dos anos no desempenho reprodutivo impactaram as demandas metabólicas e nutricionais das fêmeas modernas em comparação às matrizes de décadas anteriores. As fêmeas atuais possuem maiores taxas de crescimento e menor quantidade de tecido adiposo (Kim *et al.*, 2015; Thomas *et al.*, 2018). Tais alterações são responsáveis por mudanças nas necessidades de nutrientes durante as fases de gestação e lactação para suprir eventos importantes como crescimento fetal, desenvolvimento da glândula mamária, produção de colostro e leite (Tokach *et al.*, 2019).

O conhecimento das exigências nutricionais é determinante para a formulação de dietas que possam atender as diferentes demandas metabólicas e fisiológicas dos animais. As exigências de cada fase, assim como o potencial genético são fatores a serem considerados quando há necessidade em formular dietas. De maneira geral, as exigências são determinadas a partir de estudos que focam nos níveis práticos exigidos pelos animais de produção para o máximo desempenho. Neste sentido, o uso das tabelas de exigências nutricionais é essencial, pois possibilita a combinação e o balanço adequado de ingredientes que irão compor as dietas para cada fase de produção, visando atender os requerimentos nutricionais.

As “Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos – Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais” é a principal referência publicada no Brasil (Rostagno *et al.*, 2024). As recomendações são elaboradas a partir dos resultados de pesquisas em nutrição e, por isso, sua atualização acontece a cada cinco ou dez anos. Na atual edição, foram incluídas as exigências para reprodutoras gestantes, apresentadas em quatro categorias diferentes (nulíparas, primíparas, secundíparas e múltíparas) e para reprodutoras em lactação, as exigências foram estimadas para três categorias: primíparas, secundíparas e múltíparas. Além disso, foram considerados diferentes percentuais de mobilização corporal em função da ordem de parto.

Além da referência nacional, o *National Research Council* (NRC) com sua última versão publicada em 2012, é outro parâmetro mundialmente utilizado para formular dietas para suínos, baseado nas diferentes exigências por fase. Embora sejam importantes referências publicadas na elaboração de suas recomendações nutricionais, nenhum grupo genético é particularizado. Dessa forma, empresas de genéticas dispõe de manuais específicos de exigências nutricionais com foco em suas linhagens desenvolvidas.

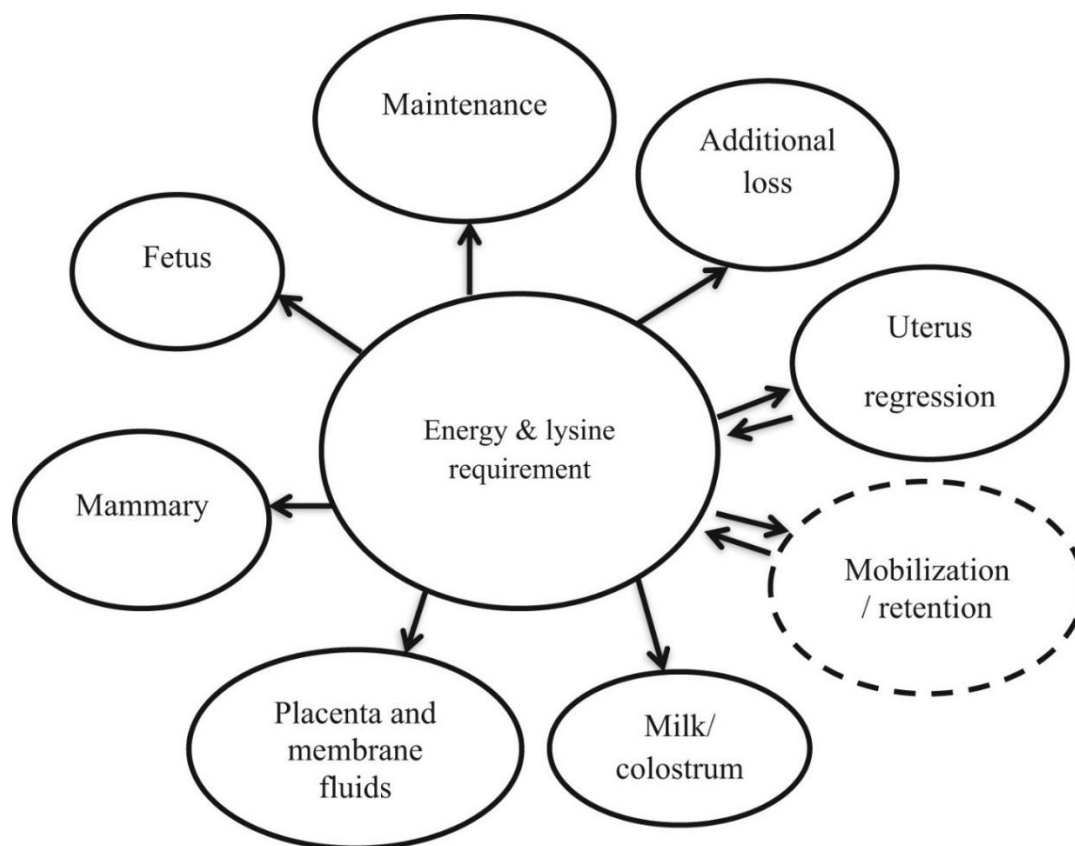
Contudo, os requerimentos nutricionais durante a lactação são dinâmicos, pois o metabolismo da fêmea e a produção de leite não são constantes (Pedersen *et al.*, 2016). Esse processo é influenciado por fatores intrínsecos do animal relacionados a genética, ordem de parto, condição corporal, nutrição e tamanho da leitegada (Yagüe, 2019). Dessa forma, espera-se que exista uma variação da capacidade produtiva entre as fêmeas (Dourmad, 2019). Entretanto, as exigências nutricionais têm sido determinadas com base em fatores relativos a um animal médio, o qual representa todo o plantel (Dourmad *et al.*, 2008; NRC, 2012).

O consumo de ração durante a fase de lactação é um dos principais desafios na nutrição da fêmea suína lactante. Ainda que a fase de lactação represente apenas 15 a 20% do ciclo produtivo da fêmea, metabolicamente é o momento mais exigente. Nesse período, a prioridade da fêmea é suprir a produção de leite para sustentar uma leitegada numerosa e de rápido crescimento. No entanto, o consumo voluntário de ração não é suficiente para atender essa demanda (Tokach *et al.*, 2019). Além disso, as fêmeas suínas lactantes são mais susceptíveis aos desafios impostos pelo sistema de produção, como as variações que podem ocorrer no ambiente e na dieta. Durante a lactação, é fundamental conhecer o peso corporal das fêmeas, a produção e composição do leite, bem como as características do ambiente (De Bettio *et al.*, 2016).

2.1.2 Uso da energia e dos nutrientes pela fêmea suína em lactação

A energia e os aminoácidos fornecidos via dieta são utilizados pelo organismo do animal para diferentes funções (Figura 2). No entanto, a maneira como são utilizados ao longo do tempo em função, por exemplo, do estado fisiológico, é alterada. O fornecimento adequado de nutrientes para as fêmeas lactantes pode ter um efeito positivo na manutenção da sua condição corporal, otimizar a produção de leite e o desempenho da leitegada (Oelke *et al.*, 2008). Para as fêmeas atuais que possuem um menor consumo voluntário de ração e produzem grandes quantidades de leite, é essencial maximizar a ingestão de ração e energia para reduzir as perdas excessivas de peso corporal.

Figura 2. Representação esquemática que descreve as necessidades nutricionais das fêmeas suínas em transição e em lactação.



Fonte: Feyera & Theil, (2017).

Diferenças podem ser observadas em relação à idade ou ordem de parto das fêmeas. Em função da menor capacidade física do trato gastrointestinal, as primíparas apresentam um consumo voluntário de ração de, aproximadamente, 15 a 20% menor em relação as fêmeas multíparas (Whittemore & Kyriazakis, 2008). Portanto, fêmeas primíparas podem ter uma interação diferente entre consumo de ração, mobilização corporal, produção de leite e reprodução quando comparadas às fêmeas multíparas. Além disso, as fêmeas jovens ainda utilizam os nutrientes oriundos da dieta para atingirem a maturidade corporal. A ausência de reservas corporais somado a taxa de crescimento e o limitado consumo de ração faz com que essas fêmeas se tornem mais susceptíveis aos efeitos negativos do catabolismo lactacional (Hoving *et al.*, 2010).

No período de lactação, a maior demanda por nutrientes está relacionada com a produção de colostro e leite e manutenção da matriz. (Trottier *et al.*, 2015). Segundo o NRC (2012), a produção de leite representa 65 a 80% das necessidades energéticas da fêmea suína

em lactação e pode ser determinada por equações em função do tamanho e previsão do ganho de peso médio da leitegada.

Resultados obtidos por Feyera & Theil (2017) demonstram as quantidades diárias de energia metabolizável e lisina digestível para matrizes no período de transição e lactação. De acordo com os autores, 69,9% da energia metabolizável diária foi associada à produção de leite. Considerando o pico de lactação, as necessidades energéticas diárias representaram 72%. Já para a manutenção, 30,3% do total da energia necessária durante a lactação é direcionado para este fim. No pico de lactação, considerado como sendo o dia 17 da lactação, 95% da lisina digestível foi associada à produção de leite. De acordo com a abordagem feita por Feyera & Theil (2017), são necessários 43,3 g de lisina digestível para serem secretados no leite.

Enquanto a necessidade de energia das matrizes é determinada pela manutenção e produção de leite, a necessidade de lisina é determinada em sua grande maioria pela produção de colostro e leite (Theil, 2015). Segundo o mesmo autor, até 59% e 48% das necessidades de lisina nos dias 106 e 115 de gestação, respectivamente, são necessárias para o crescimento da glândula mamária e produção de colostro. O aumento da ingestão ou a formulação de dietas com o perfil ideal de aminoácidos são estratégias que podem minimizar o catabolismo excessivo de aminoácidos durante a lactação, maximizando a síntese de leite e contribuindo para a manutenção da condição corporal das matrizes suínas (Kim & Easter, 2003).

Espera-se que exista uma relação ideal entre energia e lisina na dieta, para que se tenha o adequado aproveitamento energético e máxima absorção de aminoácidos (Le Bellego & Noblet, 2002). Durante o período de lactação, a interação entre energia e proteína para as matrizes lactantes também deve ser levado em consideração, com uma relação ideal de lisina e energia, na tentativa de otimizar o desempenho das matrizes (Xue *et al.*, 2012; Hojgaard *et al.*, 2019). Quando a fêmea está no auge da produção de leite, maiores níveis de energia metabolizável são necessários para atender essa demanda, quando comparado com o início da lactação. Os níveis de lisina digestível também são demandados em maiores quantidades nessa mesma condição e, conseqüentemente, há uma maior relação de lisina e energia para o pico de lactação (Feyera & Theil, 2017).

Uma ingestão adequada de nutrientes durante a lactação é crucial, pois pode influenciar positivamente o desempenho reprodutivo e a condição corporal da matriz, reduzindo a perda de peso excessiva, favorecendo uma rápida recuperação dos efeitos do período de lactação (Solà-Oriol & Gasa, 2017). O fornecimento adequado de aminoácidos para a necessidade estimada

das matrizes lactantes é determinante para sustentar o crescimento da glândula mamária e a síntese de leite. A deficiência de aminoácidos durante a gestação e lactação pode reduzir a produtividade e a longevidade das fêmeas reprodutoras. Além de serem essenciais para a síntese de proteínas, os aminoácidos são moléculas funcionais no organismo que podem apoiar a saúde e o desempenho dos animais (Chalvon-Demersay *et al.*, 2021).

Segundo Kim *et al.* (2001), as estimativas das exigências de aminoácidos para as matrizes lactantes devem considerar não só a produção de leite para o crescimento da leitegada, mas também o grau de mobilização corporal e consumo de ração durante a lactação. Os mesmos autores relataram que, para as matrizes que apresentam baixo consumo voluntário de ração e, portanto, um alto grau de mobilização de tecidos corporais durante a lactação, a treonina e a lisina são os primeiros aminoácidos limitantes, seguidos da valina. Para as matrizes com um maior consumo de ração e, conseqüentemente, baixo grau de mobilização corporal, a lisina e valina se tornam mais importantes durante essa fase.

A valina pertence ao grupo dos aminoácidos de cadeia ramificada (do inglês, *branched-chain amino acids*, BCAA), juntamente com a leucina e isoleucina e são considerados substratos essenciais para a síntese de proteína do leite na glândula mamária (Ma *et al.*, 2020). De acordo com Manjarin *et al.* (2014), a valina é o aminoácido transportado e utilizado com maior eficiência na glândula mamária das matrizes alimentadas com dietas padrão, a base de milho e soja e é frequentemente considerado como um aminoácido limitante para as matrizes suínas em lactação (Kim *et al.*, 2009).

A arginina foi caracterizada como um aminoácido condicionalmente essencial para os suínos (NRC, 2012), incluindo as categorias de matrizes gestantes e lactantes. Isso ocorre em função da maior demanda por esse aminoácido durante esses períodos em que a produção endógena é insuficiente para suprir as necessidades das fêmeas (Virdis *et al.*, 2023; Wu *et al.*, 2018). Além da essencialidade, a arginina também é caracterizada como um aminoácido funcional. De acordo com Wu (2010), os aminoácidos funcionais desempenham diferentes funções além da síntese proteica para crescimento e produção. São capazes de auxiliar no crescimento, desenvolvimento, reprodução e melhora a saúde dos animais através da síntese de compostos fisiologicamente importantes (Le Floc'h *et al.*, 2018; Lin *et al.*, 2014).

Como um aminoácido funcional, a suplementação de arginina em dietas para as matrizes suínas tem sido recomendada para contribuir com a saúde, reprodução e a lactação, pois é o precursor na síntese de compostos metabólicos importantes, como a ornitina, prolina,

glutamina, creatina, poliaminas (putrescina, espermidina e espermina) e óxido nítrico (Liang *et al.*, 2018; Wu *et al.*, 2018). Um suprimento adequado desse aminoácido na dieta de lactação pode fornecer substrato para a síntese desses compostos metabólicos e estimular a angiogênese e a vasodilatação, aumentando o fluxo sanguíneo mamário, o crescimento e a absorção de nutrientes pelas glândulas mamárias (Luise *et al.*, 2023; Ma *et al.*, 2018).

O leite de fêmeas suínas é caracterizado por elevadas concentrações de glutamina livre e ligada a peptídeos, além de glutamato (Wu *et al.*, 2011), essenciais para o crescimento, desenvolvimento e função normal do intestino delgado dos leitões recém-nascidos (Kim & Wu, 2009). No décimo dia de lactação a glândula mamária absorve cerca de 16 g/dia de glutamina da circulação sanguínea (Trottier *et al.*, 1997). No entanto, produz uma quantidade superior (36 g/dia) de glutamina no leite (Haynes *et al.*, 2009). Sendo assim, a extração de glutamina pela glândula mamária é inferior ao que é produzido no leite, sendo necessário a síntese de grande quantidade desse aminoácido pelo tecido durante a lactação. A ausência de enzimas envolvidas na conversão de arginina, ornitina ou prolina em glutamato ou glutamina no tecido mamário é contornado pelo uso dos BCAAs via transaminases (Li *et al.*, 2009).

Ainda que a glutamina e o glutamato sejam comumente considerados aminoácidos não essenciais para os suínos, há evidências crescentes de que eles devem ser considerados condicionalmente essenciais em vários estágios fisiológicos, como a lactação (De Aquino *et al.*, 2014; Manso *et al.*, 2012). Está bem estabelecido que durante a lactação há aumento da utilização de glutamina, visto que a glutamina é o aminoácido mais abundante no leite das fêmeas suínas (Wu, 1994). Geralmente é considerado que, a ingestão de proteínas via dieta fornece substratos suficientes para o aumento da síntese de glutamina para atender as demandas.

No entanto, foi relatado que, em éguas, além dos aminoácidos da dieta, a proteólise muscular também fornece substratos para a síntese de glutamina durante a lactação (Manso *et al.*, 2008). Dessa forma, ao avaliar a glutamina dietética suplementar (e/ou glutamato) como fonte de glutamina extra necessária para a produção de leite em matrizes lactantes, Manso *et al.* (2012) relataram que o conteúdo de glutamina do músculo esquelético é mantido em animais que recebem suplementação, indicando que intervenções nutricionais adequadas podem auxiliar na manutenção da massa corporal magra das fêmeas. Além disso, o aumento de glutamina e glutamato no leite pode contribuir com o crescimento e a saúde intestinal de seus leitões.

Outro fator determinante durante o período de lactação é a ambiência das instalações onde as matrizes são alojadas. As fêmeas suínas lactantes são muito susceptíveis ao aumento da temperatura ambiente e podem ter o seu desempenho produtivo prejudicado nessa condição (Maskal *et al.*, 2018). O consumo de ração geralmente é reduzido quando a temperatura do ambiente excede valores considerados ideais, entre 18 e 22°C (Renaudeau *et al.*, 2012). A redução no consumo indica uma adaptação fisiológica em diminuir a produção de calor em função da termogênese induzida pela dieta (Black *et al.*, 1993; Noblet *et al.*, 1993).

Dessa forma, estratégias para reduzir o estresse por calor como, resfriamento das instalações ou alterações nutricionais podem ser utilizadas para reduzir os efeitos do estresse térmico para as fêmeas lactantes (Renaudeau *et al.*, 2012). O efeito térmico da ração para gordura, amido e proteína é em média 10, 18 e 42% do conteúdo de energia metabolizável, respectivamente (Noblet *et al.*, 1994). Dessa forma, dietas com menor teor de proteína bruta e suplementadas com aminoácidos industriais podem amenizar os efeitos da alta temperatura e umidade em relação ao consumo voluntário de ração das matrizes lactantes (Silva *et al.*, 2009). De acordo com os resultados obtidos por Zhang *et al.* (2020b), foi estimado que a produção de calor diminuiu aproximadamente 47% em matrizes lactantes alojadas em condições termo neutras, com a redução da proteína bruta da dieta e a suplementação com aminoácidos.

Fontes de gorduras também são amplamente utilizadas como ingrediente suplementar em dietas suínas, especialmente em condições de altas temperaturas (Renaudeau; Quiniou; Noblet, 2001). Nutricionalmente, a gordura possui alta densidade energética, fornecendo ácidos graxos essenciais ao organismo, e tem um menor incremento calórico associado à digestão e ao metabolismo quando comparada aos carboidratos, fibras ou proteínas (Rosero *et al.*, 2016b). A gordura presente no leite é o principal contribuinte para a transferência de energia entre as matrizes e os leitões, sendo responsável por até 50% a 60% dessa transferência (Hansen *et al.*, 2012).

A seleção genética nos últimos anos foi direcionada para aumentar a produtividade das matrizes. Os melhores índices observados se devem não só pelo maior número de leitões nascidos e desmamados como também do melhor entendimento da nutrição e metabolismo da fêmea suína, especialmente ao que se refere às exigências de energia e proteína na fase de gestação e lactação. Além disso, em função do melhoramento genético, uma maior produção de calor também é observada nos animais atuais, tornando-os mais sensíveis ao estresse

térmico, principalmente quando essa condição é combinada com o período de lactação, que é considerada uma fase de intenso metabolismo das matrizes.

Fornecer nutrientes adequados e de forma equilibrada para as matrizes durante a lactação pode maximizar a sua produtividade em função do menor catabolismo sofrido nesse período, com efeitos positivos na produção de leite e desempenho da leitegada, minimizando resultados produtivos e reprodutivos insatisfatórios após o desmame dos leitões.

2.1.3 Metabolismo dos aminoácidos na glândula mamária

A glândula mamária é caracterizada como um local de síntese e degradação extensivas de aminoácidos. Nesse tecido, ocorre o metabolismo de diferentes aminoácidos, que são demandados para constituírem, principalmente, a fração proteica do leite (Rezaei *et al.*, 2016). Os aminoácidos presentes na circulação arterial se originam da ingestão alimentar, portanto da dieta, ou da mobilização de proteínas corporais da matriz (Huber *et al.*, 2016). A eficiência desse processo depende do fluxo sanguíneo e da atividade coordenada dos sistemas de transporte e suas respectivas proteínas transportadoras, que estão localizadas na membrana celular (Chen *et al.*, 2018).

No tecido mamário de fêmeas suínas lactantes, diferentes transportadores de aminoácidos são expressos como, os transportadores de aminoácidos catiônicos, transportadores de aminoácidos neutros e transportadores para aminoácidos catiônicos e neutros (Laspiur *et al.*, 2004; Manjarin *et al.*, 2011). Segundo Trottier *et al.* (1997), a absorção de aminoácidos pela glândula mamária suína pode ser dividida em três níveis: alto (> 30 g/d; leucina, arginina e lisina), médio (entre 15 e 30 g/d; valina, isoleucina, treonina, fenilalanina) e baixo (< 15 g/d de tirosina, metionina e histidina).

A lisina é o primeiro aminoácido limitante para a síntese de proteína do leite nas dietas a base de milho e farelo de soja (Manjarin *et al.*, 2014). A proteína do leite é o principal destino metabólico desse aminoácido no tecido mamário (Hurley *et al.*, 2000). Segundo o NRC (2012), após a absorção, a taxa de utilização da lisina na proteína do leite foi estimada em 67%. O sistema de transporte da lisina na glândula mamária não deve ser limitante para a síntese de proteína do leite e pode ser inibido por altas concentrações de outros aminoácidos, especialmente arginina e leucina (Hurley *et al.*, 2000).

Os BCAAs - leucina, isoleucina e valina- são considerados substratos essenciais para a síntese de proteína do leite na glândula mamária (Ma *et al.*, 2020). A absorção dos BCAAs

pelas glândulas mamárias é muito superior ao que é produzido no leite (Figura 3). Estima-se que 76 g/dia são absorvidos entre os dias 13 e 20 da lactação, enquanto a sua produção na proteína do leite é de aproximadamente 46 g/dia. Dessa forma, o tecido mamário cataboliza aproximadamente 40% desses aminoácidos que foram captados da corrente sanguínea (Trottier *et al.*, 1997; Li *et al.*, 2009; Lei *et al.*, 2012).

Figura 3. Captação de aminoácidos pela glândula mamária de fêmeas suínas lactantes e sua produção no leite no 14º dia de lactação.

Amino acid	Uptake by the lactating mammary glands ^a	Output in milk	Difference
		g/day	
Arginine	31	6	+25
Proline	26	40	-14
BCAA	76	46	+30
Glutamine	16	36	-20

Fonte: Adaptado de Rezaei *et al.*, (2016).

Em contrapartida, glutamato, glutamina, alanina, aspartato, asparagina, prolina e poliaminas são ativamente sintetizados durante a lactação. No décimo dia de lactação a glândula mamária absorve cerca de 16 g/dia de glutamina da circulação sanguínea (Trottier *et al.*, 1997). No entanto, produz uma quantidade superior (36 g/dia) de glutamina no leite (Haynes *et al.*, 2009). Sendo assim, a extração de glutamina pela glândula mamária é inferior ao que é produzido no leite, sendo necessário a síntese de grande quantidade desse aminoácido pelo tecido mamário na lactação.

A ausência de enzimas envolvidas na conversão de arginina, ornitina ou prolina em glutamato ou glutamina no tecido mamário é contornado pelo uso dos BCAAs via transaminases. Aproximadamente 30 g/d de BCAA são degradados para formar 20 g/d de glutamina nas glândulas mamárias de porcas lactantes (Li *et al.*, 2009). A síntese de glutamina no tecido mamário é especialmente importante para fornecer altas concentrações desse aminoácido no leite, que são determinantes para o crescimento e desenvolvimento do intestino delgados dos leitões neonatos. A glutamina sintetizada é secretada no lúmen alveolar mamário e disponibilizada para os leitões. A não atividade da glutaminase maximiza a produção e liberação de glutamina (Kim & Wu, 2009).

Os BCAA compartilham a primeira etapa da via do catabolismo em que, a enzima aminotransferase de cadeia ramificada (BCAT) transamina reversivelmente os BCAA em seus respectivos α -cetoácidos de cadeia ramificada. Esses α -cetoácidos podem então ser descarboxilados através da enzima α -cetoácido desidrogenase de cadeia ramificada (BCKD) de forma irreversível, gerando metabólitos a serem utilizados no ciclo do Krebs (Li *et al.*, 2009). A leucina é reconhecida como o estimulador primário das BCTA e BCKD envolvidas no catabolismo devido à maior afinidade desse aminoácido para essas enzimas (Holen *et al.*, 2022).

O glutamato derivado de BCAA é aminado via glutamina sintetase na presença de amônia para formar glutamina ou transaminado via alanina aminotransferase com o piruvato para sintetizar alanina, ou com o oxaloacetato na presença de aspartato aminotransferase para sintetizar aspartato (Li *et al.*, 2009). A absorção de aspartato e asparagina pela glândula mamária das fêmeas suínas lactantes corresponde aproximadamente a 50% de sua produção. Contudo, são considerados como uns dos mais abundantes na proteína do leite e sua síntese deve ser estimulada para apoiar a concentração de proteínas no tecido mamário (Trottier *et al.*, 1997).

Especificamente, a leucina participa do mecanismo de ativação da via de sinalização mTOR (do inglês, *mechanistic target of rapamycin*) resultando no crescimento e proliferação de células epiteliais no tecido mamário (Lei *et al.*, 2012; Strathe *et al.*, 2016). De acordo com Holen *et al.* (2022) poucos dados sobre a exigência de isoleucina e leucina de matrizes lactantes atuais são relatados na literatura e no NRC (2012). No entanto, os requerimentos de valina para essa fase foram extensivamente pesquisados nas últimas décadas, porém as conclusões entre os estudos foram controversas.

Segundo Manjarin *et al.* (2014), a valina é o aminoácido transportado e utilizado com maior eficiência na glândula mamária das matrizes alimentadas com dietas padrão, a base de milho e soja e é frequentemente considerado como um aminoácido limitante para as matrizes suínas em lactação (Kim *et al.*, 2009). Em um estudo com cultura de células epiteliais mamárias suínas, Zhang *et al.* (2019b) relataram a participação da valina no crescimento das células epiteliais e na síntese de proteínas do leite, possivelmente pela regulação da via de sinalização mTOR. O aumento da suplementação de valina na dieta das matrizes durante a lactação aumentou o ganho de peso da leitegada e o peso dos leitões ao desmame. Também foi observado aumento na produção de leite e no teor de proteína (Richiert *et al.*, 1997; Moser *et al.*, 2000). Outras pesquisas demonstraram que a suplementação de valina no terço final de gestação das

matrizes resultou em um aumento da concentração de proteína e gordura no colostro e leite, e melhoria no desempenho da leitegada (Xu *et al.*, 2017; Che *et al.*, 2019b).

Assim como os BCAA, a absorção do aminoácido arginina pelas glândulas mamárias é muito superior ao que é produzido no leite em função do catabolismo substancial desse aminoácido pelo tecido mamário (Wu, 2021). Segundo Rezaei *et al.* (2016), no 14º dia de lactação, aproximadamente 31 g/dia de arginina é absorvido pelas glândulas mamárias, porém apenas cerca de 6 g/dia está disponível no leite. Este desequilíbrio ressalta a alta taxa de degradação da arginina no tecido mamário, limitando sua transferência para os leitões através do leite. A arginina é o substrato comum para a síntese de óxido nítrico e poliaminas, atuantes no crescimento vascular e no fluxo sanguíneo na glândula mamária e na regulação da síntese proteica e lactogênese (Kim & Wu, 2009).

De acordo com O'Quinn *et al.* (2002), a maioria da arginina captada pela glândula mamária é convertida em prolina (46%), ornitina (13%) e ureia (17%) e uma pequena quantidade é convertida em óxido nítrico e poliaminas. A síntese de óxido nítrico é considerada uma via secundária da degradação da arginina, produzido através de reação catalisada pela enzima óxido nítrico sintetase. Ao ser sintetizado, atua como vasodilatador e fator angiogênico na glândula mamária, podendo contribuir com o fornecimento de nutrientes para a produção de leite (Meininger & Wu *et al.*, 2002).

O tecido mamário suíno expressa altas atividades de enzimas arginases responsáveis pela hidrólise da arginina em ornitina e ureia. Em sua maioria, a ornitina derivada da arginina é convertida em prolina pela ornitina aminotransferase e pirrolina-5-carboxilato redutase (Wu, 2021). A ausência de enzimas específicas no tecido mamário (pirrolina-5-carboxilato desidrogenase ou prolina oxidase) impossibilita a conversão da arginina, ornitina ou prolina em glutamato ou glutamina, contribuindo para uma maior concentração de prolina na proteína do leite (O'Quinn *et al.*, 2002).

A metionina é considerada um aminoácido sulfurado essencial para o metabolismo de proteínas nos tecidos, além de contribuir com o sistema antioxidante formando cisteína ou glutathione através do metabolismo do enxofre (Wei *et al.*, 2019). A extração de metionina pelo tecido mamário corresponde praticamente a quantidade necessária para a produção de proteína do leite. De acordo com Guan *et al.* (2004), a eficiência da incorporação de metionina em proteína do leite foi de 95%.

2.1.4 Produção e composição do leite

A ingestão de colostro e a produção de leite pelas fêmeas são um dos principais fatores determinantes na sobrevivência, crescimento e desenvolvimento dos leitões recém-nascidos. Ambos são considerados fluidos biológicos complexos compostos, principalmente, por nutrientes e substâncias bioativas (imunoglobulinas, enzimas e fatores de crescimento), que desempenham um papel vital no desenvolvimento inicial dos neonatos (Segura *et al.*, 2020).

O início da lactação é caracterizado por uma grande mudança no tipo e composição de secreção produzida na glândula mamária. O colostro é secretado durante as primeiras 24 horas após o nascimento do primeiro leitão. O leite de transição é secretado a partir de 34 horas até o 4º dia pós-parto e, do 5º dia até o final da lactação, é secretado o chamado leite maduro (Theil *et al.*, 2014).

Entre os macronutrientes, a lactose pode ser considerada como uma fonte de energia, enquanto os aminoácidos são importantes para síntese de proteínas. No colostro e no leite, a gordura possui diferentes funções. Enquanto no colostro, o suprimento de energia para leitões recém-nascidos é proveniente da gordura presente nessa secreção, facilitado pela ação da lipase no processo de digestão no intestino dos leitões neonatos, no leite maduro, a gordura é utilizada principalmente para o acúmulo de gordura corporal, enquanto a lactose é o principal substrato para oxidação (Theil *et al.*, 2012).

Embora o melhoramento genético tenha contribuído expressivamente com o desempenho das matrizes suínas, um aumento significativo dos macronutrientes do colostro e leite não foi relatado. De maneira geral, as concentrações de proteína, gordura e lactose no colostro são semelhantes às observadas nas décadas anteriores e, apenas pequenas alterações foram observadas no leite (Zhang *et al.*, 2018b). Além disso, com o aumento do número de leitões por leitegada, a ingestão de nutrientes pode ter se tornado limitante, considerando que os leitões recebem uma menor quantidade de leite, com qualidade semelhante.

No leite, a lactose é considerada a fração mais estável, pois é o principal fator osmótico, responsável por atrair a água. Os conteúdos de proteína e minerais também são considerados constantes, desde que a ingestão de nutrientes via dieta corresponda às recomendações nutricionais, ou a fêmea seja capaz de compensar a ingestão inadequada de nutrientes através da mobilização de tecidos corporais. A gordura é o componente com maior variação (Theil *et al.*, 2012), e a suplementação de gordura via dieta tem sido avaliada como estratégia para alterar

o seu conteúdo no leite e, portanto, o desempenho dos leitões (Rosero *et al.*, 2016; Wang *et al.*, 2022).

Os principais componentes do leite produzido pelas matrizes são a lactose, a proteína e a gordura (Figura 4) e esses nutrientes são disponibilizados para a síntese através da dieta ou das reservas corporais da fêmea. Segundo Hansen *et al.* (2012), uma elevada produção de leite requer uma alta disponibilidade de nutrientes. Uma matriz amamentando uma leitegada de 14 leitões, com ganho de peso médio da leitegada de 3 kg/dia é capaz de produzir mais de 14 kg de leite no pico da lactação, excretando aproximadamente 1 kg de gordura, 0,700 kg de lactose e 0,700 kg de proteína por dia no leite.

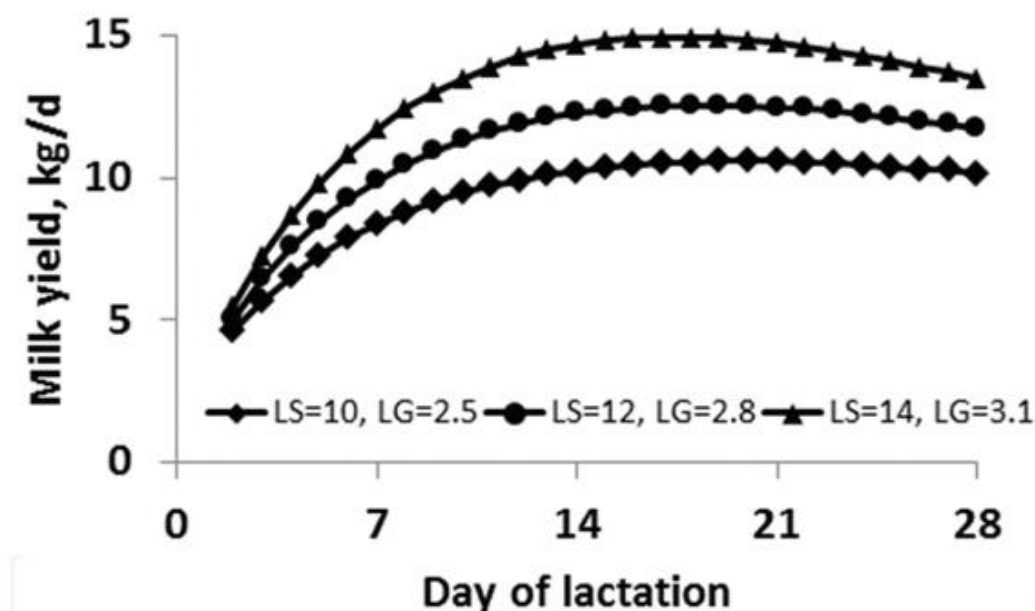
Figura 4. Composição do leite de matrizes lactantes hiperprolíficas no 3º e 17º dia pós-parto.

Composition, %	Day 3 <i>postpartum</i>	Day 17 <i>postpartum</i>
Lactose	4.8	5.1
Protein	6.1	4.7
Fat	9.8	8.2

Fonte: Adaptado de Theil *et al.*, (2014).

Durante a lactação, o leite deve ser constantemente drenado das glândulas mamárias para que possam permanecer funcionais (Hurley *et al.*, 2001). Neste sentido, o número de leitões lactentes tem uma grande influência na produção de leite (Figura 5) e é considerando o principal fator capaz de estimular a síntese dessa secreção (Hansen *et al.*, 2012). Um maior volume de leite é produzido quando as matrizes amamentam leitegadas maiores (12-16 leitões) em comparação com leitegadas menores, em função do estímulo regular em todas as glândulas mamárias (Strathe *et al.*, 2017b).

Figura 5. Curvas de lactação estimadas sobre o efeito do tamanho e ganho da leitegada na produção de leite¹.



¹Tamanho de leitegada (LS). Ganho leitegada (LG).

Fonte: Adaptado de Theil & Hurley (2016).

A razão pela qual o tamanho da leitegada afeta a produção de leite pode ser explicada pelo estímulo que cada leitão faz na própria glândula mamária escolhida. Dessa forma, uma leitegada grande mantém um alto número de glândulas estimuladas. No entanto, quando a produção é expressa como produção de leite por glândula/dia (equivalente ao leite ingerido por leitão/dia), a produção diminui com o aumento do tamanho da leitegada (Theil & Farmer, 2012).

A curva de lactação descrita por Hansen *et al.* (2012) demonstrou que a produção de leite aumenta nas duas primeiras semanas de lactação, de acordo com número de leitões lactentes. De fato, a seleção genética para leitegadas numerosas aumentou a produção de leite e, no pico da lactação fêmeas hiperprolíficas, com 14 leitões lactentes produzem, em média, 13 a 15 kg de leite por dia (Theil & Hurley, 2016). No pico da lactação, aproximadamente aos 17 dias, as matrizes de alta produção sintetizam cerca de 1,1 kg de leite por leitão/dia, correspondendo a uma produção máxima de até 15 kg de leite para fêmeas com grandes leitegadas. Durante um período de lactação de 28 dias, as matrizes produzem cerca de 350 kg de leite (Theil *et al.*, 2012).

Segundo as estimativas do NRC (2012), a produção de leite corresponde a 65 a 80% das necessidades energéticas das matrizes lactantes, com um aumento expressivo na primeira semana após o parto. Porém, quando a ingestão de energia não é suficiente, as matrizes mobilizam suas reservas corporais para priorizar e sustentar a produção de leite.

As fêmeas lactantes utilizam até 70% da proteína da dieta para a síntese proteica do leite (Pedersen *et al.*, 2016). A partir do segundo dia pós-parto, o requerimento de lisina aumenta substancialmente em função da elevada demanda por esse aminoácido para a produção de leite. Uma ingestão equilibrada de proteínas e aminoácidos essenciais oriundos da dieta é igualmente importante para o desempenho da fêmea e, conseqüentemente, para o desempenho da leitegada durante a lactação (Huber *et al.*, 2018; Pedersen *et al.*, 2019).

A menor produção de leite em fêmeas primíparas em comparação com as fêmeas múltiparas durante a lactação estabelecida pode ser explicada pelo menor desenvolvimento das glândulas mamárias e o menor tamanho da leitegada, reduzindo a pressão de sucção, limitando a produção de leite (Balzani *et al.*, 2016; Nuntapaitoon *et al.*, 2020; Vadmand *et al.*, 2015). De fato, as primíparas priorizam a partição dos nutrientes entre o próprio crescimento e a produção de leite, enquanto a produção de leite é a principal prioridade das fêmeas múltiparas (Theil *et al.*, 2012).

As estimativas dos requerimentos dos minerais cálcio e fósforo são fortemente influenciadas pela produção de leite. As matrizes de alta produção durante a lactação têm um aumento significativo das necessidades desses minerais, em função do tamanho da leitegada. A ingestão de cálcio e fósforo via dieta se torna ainda mais importante para fêmeas primíparas para sustentar o crescimento e desenvolvimento dos tecidos ósseos e musculares (NRC, 2012; Tokach *et al.*, 2019). Diferentes fatores são capazes de afetar a produção de leite de uma matriz suína como o consumo voluntário de ração durante a lactação. As matrizes suínas não são capazes de aumentar o consumo de ração na mesma proporção em que a produção de leite aumenta, mobilizando assim suas reservas corporais para manter a produção de leite durante esta fase (Vadmand *et al.*, 2015).

A condição corporal da fêmea no momento do parto é determinante para a produção de leite durante a lactação e o desempenho reprodutivo subsequente (Schenckel *et al.*, 2010). Se o fornecimento de energia for limitado, conseqüentemente, os depósitos de gordura corporal da fêmea serão baixos. Da mesma forma, se houver restrições na proteína da dieta ou de

aminoácidos essenciais, a capacidade de sustentar a produção de leite pela mobilização de proteína corporal será reduzida (Pedersen *et al.*, 2019; Strathe *et al.*, 2020).

2.2 Dinâmica do peso corporal da fêmea e dos leitões durante a lactação

2.2.1 Impacto da lactação na perda de peso corporal da fêmea suína

As melhorias genéticas alcançadas ao longo dos anos na produção de suínos impactaram as demandas metabólicas e nutricionais das fêmeas modernas em comparação às matrizes de décadas anteriores. As fêmeas atuais possuem maiores taxas de crescimento e menor quantidade de tecido adiposo (Kim *et al.*, 2015; Thomas *et al.*, 2018). Embora seja dependente de diferentes fatores, de maneira geral, há uma concordância de que a espessura da gordura dorsal abaixo de 15 mm e acima de 24 mm é problemática (Thomas *et al.*, 2018). As recomendações mais recentes de espessura da gordura dorsal das matrizes atuais na entrada da maternidade estão em torno de 14 a 17 mm (Hojgaard & Bruun, 2021). Tais alterações são responsáveis por mudanças nas necessidades de nutrientes durante as fases de gestação e lactação para suprir eventos importantes como crescimento fetal, desenvolvimento da glândula mamária, produção de colostro e leite (Tokach *et al.*, 2019).

O consumo de ração durante a fase de lactação é um dos principais desafios na nutrição das matrizes suínas (Kim & Easter, 2001; Nichols *et al.*, 2017). Ainda que este período corresponda a apenas 15 a 20% do ciclo produtivo da fêmea, é considerado o de maior exigência metabólica. Durante esse estágio, a prioridade da matriz é sustentar a produção de leite para uma leitegada numerosa e de rápido crescimento. Contudo, as matrizes são incapazes de atender plenamente à maior demanda metabólica apenas pelo aumento do consumo voluntário de ração (Tokach *et al.*, 2019).

Em função da elevada necessidade nutricional para a produção diária de leite e do consumo limitado de ração, as matrizes suínas entram em balanço energético negativo e passam por um processo fisiológico de mobilização das reservas corporais (Thongkhuy *et al.*, 2020). Uma perda de 9 a 12% do seu peso corporal é considerada normal entre fêmeas multíparas e até 8% considerado normal entre as primíparas (Clowes *et al.*, 2003; Schenkel *et al.*, 2010). Contudo, o catabolismo e a perda de peso excessiva pode resultar em falhas reprodutivas subsequentes e comprometimento da longevidade da fêmea no sistema de produção (Strathe *et al.*, 2017b). O baixo consumo de ração na lactação é ainda mais desafiador para as fêmeas

primíparas, pois são animais jovens que priorizam o uso da energia para o próprio crescimento (Theil *et al.*, 2012; Fang *et al.*, 2019).

Nas últimas décadas, as necessidades nutricionais das matrizes suínas para produção de leite aumentaram à medida em que houve um aumento no tamanho da leitegada e no número de leitões desmamados (Costermans *et al.*, 2020). Segundo as estimativas do NRC (2012), a produção de leite corresponde 65 a 80% das necessidades energéticas das matrizes lactantes, com um aumento expressivo na primeira semana após o parto. A elevada demanda energética durante a lactação pode impor um desafio metabólico para as fêmeas lactantes, ocasionando maior mobilização de tecidos corporais (Pedersen *et al.*, 2019).

A inclusão de ingredientes com maior densidade energética às dietas de lactação possibilita um aumento na ingestão de energia e na produção no leite. Consequentemente, há uma redução na perda de peso e uma melhora na taxa de crescimento da leitegada durante a lactação (Choi *et al.*, 2017; Che *et al.*, 2019a). As matrizes lactantes utilizam aproximadamente 70% da proteína da dieta para a síntese proteica do leite (Pedersen *et al.*, 2016). Uma ingestão equilibrada de proteínas e aminoácidos essenciais oriundos da dieta é igualmente importante para o desempenho da fêmea e, consequentemente, para o desempenho da leitegada durante a lactação (Pedersen *et al.*, 2019; Ye *et al.*, 2022).

Logo, o aumento das necessidades nutricionais em conjunto com um aumento acentuado no número de leitões nascidos faz com que as matrizes mobilizem suas reservas corporais para priorizar e sustentar a maior produção de leite (Tokach *et al.*, 2019). Sendo assim, atender os requerimentos nutricionais durante o período de lactação é importante não só para a produção de leite como também para a manutenção das reservas corporais e desempenho reprodutivo subsequente.

Foi relatado que a perda excessiva de proteína corporal e gordura dorsal durante o final da gestação e lactação está associada ao aumento da porcentagem de leitões natimortos, redução do tamanho e do crescimento da leitegada, intervalo desmame – cio prolongado (Mun *et al.*, 2023), menor taxa de prenhez e longevidade das matrizes (Roongsitthichai *et al.*, 2014). Da mesma forma, o excesso de gordura corporal no final da gestação pode prejudicar o desempenho reprodutivo como, aumento dos partos distócicos e número de leitões natimortos, ocorrência de síndrome disgalaxia pós-parto e maior taxa de descarte devido a problemas locomotores (Kemper, 2020; Niemi *et al.*, 2017). Dessa forma, a espessura da gordura dorsal deve ser mantida dentro de uma faixa ideal para garantir o melhor desempenho reprodutivo.

Costermans *et al.* (2022) avaliaram os efeitos da perda de peso durante a lactação no desempenho reprodutivo e nas características da leitegada em um conjunto de dados de 431 matrizes TN70 (Topigs Norsvin). O conjunto de dados foi composto pelo peso corporal e a espessura de gordura dorsal de fêmeas primíparas e seu desempenho reprodutivo subsequente, e pelas características da leitegada no segundo parto. A análise evidencia que, aproximadamente 30% das fêmeas perderam mais de 12% de seu peso corporal inicial, com um intervalo de desmame-cio ligeiramente maior (+0,2 dias), menor tamanho da leitegada (-2,8 leitões) e uma taxa de parição numericamente reduzida (-8%) quando comparadas com as fêmeas que perderam menos de 12% do peso corporal, corroborando com o efeito negativo no desempenho reprodutivo de fêmeas que excedem a perda de 8% a 12% do peso corporal inicial durante a lactação (Clowes *et al.*, 2003; Schenkel *et al.*, 2010).

Ainda que o peso vivo da e a espessura da gordura dorsal possam corresponder com o estado metabólico, observações mais sutis, como a mobilização dos tecidos corporais e o balanço energético, podem indicar com mais clareza o desempenho produtivo e reprodutivo das fêmeas (Lavery *et al.*, 2018). Sendo assim, é fundamental estabelecer parâmetros adequados para o peso vivo e a espessura de gordura dorsal das fêmeas durante a gestação e lactação, buscando otimizar sua produtividade.

2.2.2 Dinâmica da composição corporal durante a lactação

A condição corporal das matrizes é um dos fatores essenciais a ser considerado para gerenciar e monitorar a eficácia do desempenho reprodutivo das fêmeas. A espessura da gordura dorsal pode ser definida como um indicador da condição corporal das matrizes (Kim *et al.*, 2013). Inicialmente, a mobilização dos tecidos corporais foi estabelecida por Noblet & Etienne (1987) através do metabolismo proteico e energético da fêmea suína lactante e, são frequentemente previstos através da variação dos *pools* de gordura e proteína corporal da matriz, calculados a partir de mudanças no peso corporal e na espessura da gordura dorsal da fêmea (Dourmad *et al.*, 2008; NRC, 2012).

Diferentes fatores como a linhagem genética, idade, composição corporal no pré-parto, período da lactação e até mesmo individualmente entre os animais podem influenciar a taxa e a composição do tecido mobilizado (Gozalo-Marcilla *et al.*, 2021; Lavery *et al.*, 2019; Thomas *et al.*, 2018). Além disso, outros fatores, como o tamanho da leitegada e o vigor dos leitões lactentes, consumo de ração e condições ambientais também podem impactar a dinâmica de

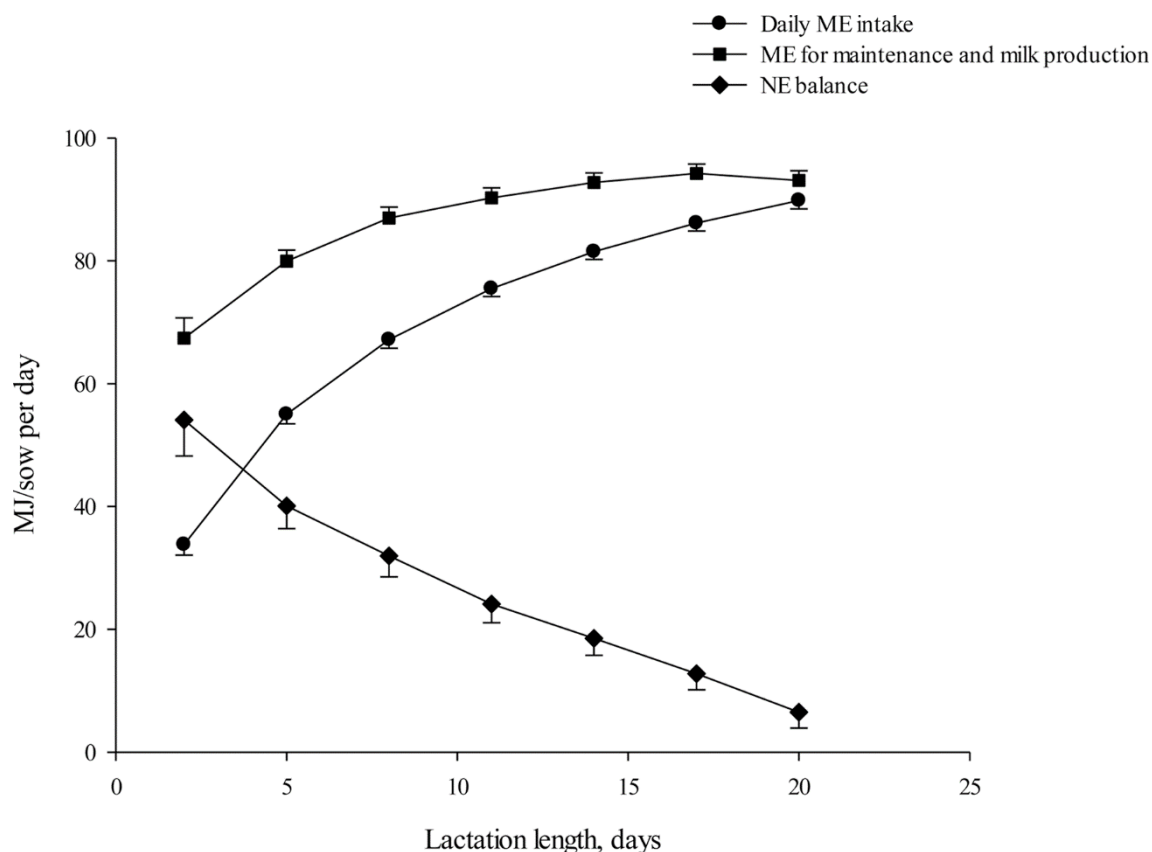
mobilização das reservas corporais das matrizes suínas durante a lactação (Dourmad *et al.*, 2022; Farmer *et al.*, 2017).

A manutenção da condição corporal durante o último terço da gestação e o início da lactação é determinante para o desempenho reprodutivo subsequente. As reservas corporais que são mobilizadas durante o período de lactação devem ser recuperadas pela fêmea no próximo ciclo reprodutivo, durante a gestação e, essa condição é ainda mais acentuada para as matrizes jovens que também necessitam ganhar peso corporal no mesmo período. Dessa forma, a capacidade das fêmeas em reestabelecer suas reservas corporais dependerá tanto do grau de mobilização durante a lactação anterior quanto da ingestão de nutrientes na próxima gestação (Dourmad *et al.*, 1996; Huang *et al.*, 2013).

Um aumento na espessura da gordura dorsal da matriz aos 109 dias de gestação é coerente com uma diminuição na ingestão diária de ração e a um aumento na perda da gordura dorsal e peso corporal materno durante o período de lactação (Kim *et al.*, 2015). Segundo os autores, o aumento de 1 mm de gordura dorsal no dia 109 da gestação foi associado a uma redução de 60 a 120 g da ingestão diária de ração na lactação. O consumo de ração durante a lactação pode ser influenciado por diferentes fatores. De maneira geral, é afetado pela condição corporal, ordem de parto, condições ambientais, manejo nutricional e suas interações (Dourmad *et al.*, 2022; Saleri *et al.*, 2015; Theil *et al.*, 2012).

Ainda que atinjam ingestões máximas de ração, as matrizes atuais frequentemente mobilizam tecidos corporais durante a lactação. A maior perda de energia líquida foi encontrada durante a primeira metade da lactação em comparação à segunda metade (Figura 6), sendo significativamente correlacionada com as perdas de peso corporal e espessura de gordura dorsal. Isso ocorre em função da maior diferença entre a energia metabolizável ingerida e a utilizada para manutenção e produção de leite (Tokach *et al.*, 2019).

Figura 6. Ingestão diária de energia metabolizável (EM), EM necessária para manutenção e produção de leite e o balanço de energia líquida durante a lactação.



Fonte: Adaptado de Gasa *et al.*, (2023).

Com um consumo voluntário de ração limitado durante essa fase, ocorre uma rápida mobilização do tecido adiposo, disponibilizando ácidos graxos livres e glicerol para fornecer energia (Eastwood *et al.*, 2016). De acordo com Tor *et al.* (2021), os ácidos graxos não esterificados (do inglês, *non-esterified fatty acids* – NEFA) são considerados o indicador mais adequado para a mobilização de gordura corporal. Dessa forma, a concentração destes ácidos é aumentada no período de lactação, em função da mobilização da gordura corporal. A mobilização do tecido adiposo é essencial para a manutenção da glicemia (Barb *et al.*, 2005). Além disso, para a manutenção da glicose no sangue e suprimento das necessidades energéticas após o parto, o organismo da fêmea utiliza de um mecanismo conhecido como resistência à insulina.

Em condições normais, a insulina é responsável pela captação de glicose pelas células musculares e adiposas, armazenando energia na forma de glicogênio e lipídios. No entanto, nas fases de gestação e lactação, essa adaptação fisiológica é importante para direcionar a glicose

para os fetos e, mais acentuadamente na lactação, sendo essa resistência acompanhada de maiores concentrações de NEFA que são direcionados para as glândulas mamárias para síntese de lactose e gordura no leite (Père & Etienne, 2007). Dessa forma, durante a fase de lactação, a concentração de glicose no sangue permanece baixa devido a sua utilização pela glândula mamária, enquanto os ácidos graxos se encontram elevados, em função da mobilização de reservas corporais para atingir às demandas nutricionais para a produção de leite.

Os NEFA são liberados na corrente sanguínea da matriz após a mobilização do tecido adiposo, utilizados como fonte de energia para a síntese de leite. Laws *et al.* (2009) sugerem que o perfil de ácidos graxos das dietas das matrizes possa ser mais importante do que o conteúdo energético. As reservas corporais estabelecidas durante o período gestacional irão refletir na mobilização dos tecidos durante a lactação. Logo, o perfil de ácidos graxos presentes no leite pode ser relacionado ao tecido adiposo como reserva destes ácidos, mobilizados durante a lactação (Tor *et al.*, 2021).

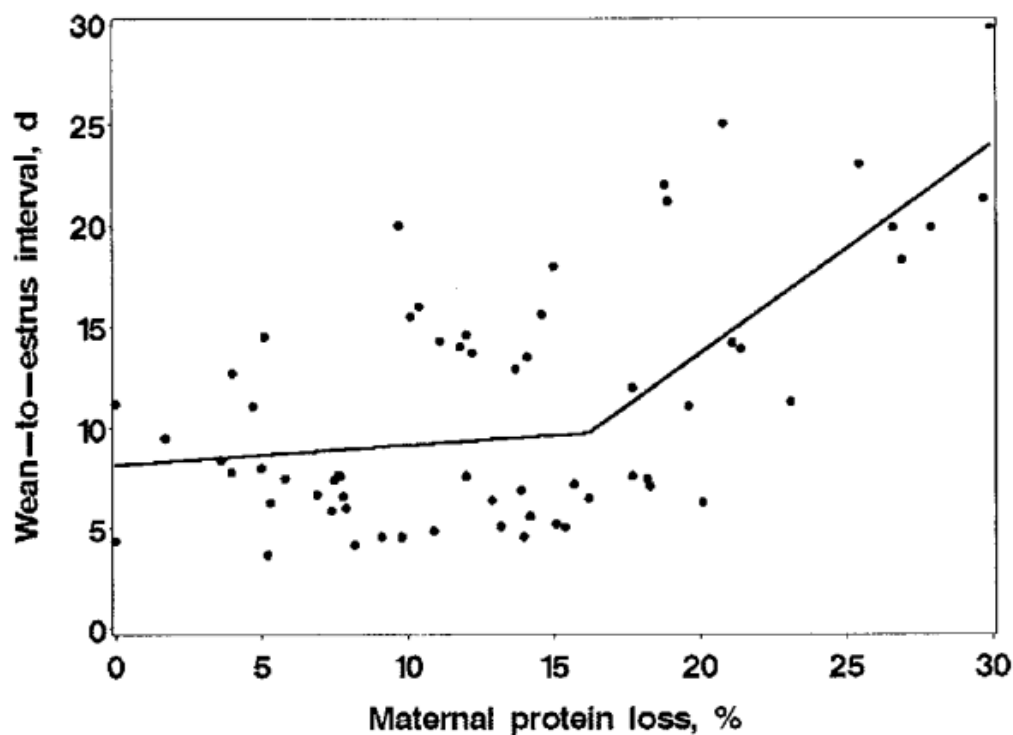
Quando ocorre uma deficiência energética, a mobilização do tecido adiposo corporal será priorizada, enquanto o déficit proteico será compensado, principalmente, pela mobilização da proteína corporal (Strathe, 2017a). A lactação representa um estágio fisiológico caracterizado por um intenso anabolismo de proteína do leite e um catabolismo da proteína corporal das matrizes, especialmente músculo esquelético. A mobilização do tecido proteico, quando associada a síntese de proteína do leite é coerente com o número de leitões lactentes e pode ser alterada em função dos níveis de proteína da dieta (Clowes *et al.*, 2005).

O menor desempenho na lactação das matrizes lactantes que têm um alto grau de mobilização do tecido proteico pode ser associado, inicialmente, a uma diminuição progressiva da massa muscular como consequência da mobilização da proteína corporal para sustentar a produção de leite. No entanto, em algum momento, a mobilização da proteína muscular pode não ser suficiente para fornecer os aminoácidos demandados para manter a produção de leite e, conseqüentemente, haverá uma redução na síntese. Logo, reserva de proteína no momento do parto é determinante para apoiar a lactação. Somado a isso, a eficiência no uso de proteínas endógenas mobilizadas do tecido proteico como substrato para a síntese de leite pode não corresponder àquela necessária pela glândula mamária lactante (Clowes *et al.*, 2003a).

Além disso, um alto grau de mobilização do tecido proteico pode comprometer o desempenho reprodutivo das fêmeas. De acordo com análise de resultados retrospectivos de 16 experimentos, o intervalo desmame-cio aumentou quando as fêmeas mobilizaram mais de 16%

da sua massa proteica corporal (Figura 7). A perda de massa proteica também pode reduzir o tamanho e o número de folículos, e diminuir os níveis de IGF-1.

Figura 7. Análise do ponto de ruptura da perda de proteína materna versus intervalo desmame-cio.



Fonte: Adaptado de Clowes *et al.*, (2003a).

De acordo com os resultados obtidos por Pedersen *et al.* (2019), as matrizes alimentadas com dieta reduzida em proteína bruta e suplementada com aminoácidos industriais, mobilizaram de 11% a 17% de seu *pool* de gordura corporal do dia 4 ao 18 de lactação, enquanto a mobilização proteica variou de 0% a 3% de seu *pool* de proteína corporal, indicando que a ingestão de energia era limitante, enquanto a ingestão de proteína era adequada, destacando a importância de um perfil de aminoácidos ajustado para máxima eficiência.

Segundo Kim; Easter; Hurley (2001), as estimativas das exigências de aminoácidos para as matrizes lactantes devem considerar não só a produção de leite para o crescimento da leitegada, mas também o grau de mobilização corporal e consumo de ração durante a lactação. Os mesmos autores relataram que, para as matrizes que apresentam baixo consumo voluntário de ração e, portanto, um alto grau de mobilização de tecidos corporais durante a lactação, a treonina e a lisina são os primeiros aminoácidos limitantes, seguidos da valina. Para as matrizes

com um maior consumo de ração e, conseqüentemente, baixo grau de mobilização corporal, a lisina e valina se tornam mais importante durante essa fase.

Identificar a espessura de gordura dorsal ideal no pré-parto é fundamental para garantir a presença de reservas energéticas necessárias para dar suporte à reprodução e lactação. O terço inicial da gestação pode ser o período mais favorável para que a fêmea possa recuperar as perdas de reservas corporais da lactação anterior (Carrión-López *et al.*, 2022). Aumentar a oferta de ração para as matrizes suínas pode ser uma estratégia utilizada para minimizar a mobilização corporal. Porém, existe um limite físico para a ingestão de ração sendo mais eficaz otimizar a concentração dos nutrientes na dieta, na tentativa de reduzir a mobilização excessiva das reservas corporais (Strathe *et al.*, 2017b). Portanto, para minimizar a mobilização excessiva dos tecidos corporais da matriz, as dietas devem ser formuladas para a máxima eficiência de utilização dos nutrientes.

2.2.3 Impacto do desempenho lactacional da fêmea no desenvolvimento dos leitões

A condição corporal da matriz durante todo o ciclo reprodutivo é fundamental para garantir a eficácia do seu desempenho durante a gestação e lactação. Como mencionado anteriormente, a perda excessiva de gordura dorsal durante o final da gestação e lactação pode comprometer o desempenho reprodutivo (Mun *et al.*, 2023), assim como o excesso de gordura dorsal durante o final da gestação pode ser associado a partos problemáticos, número de leitões natimortos, síndrome disgalaxia pós-parto e maior taxa de descarte devido a problemas locomotores (Kemper, 2020; Niemi *et al.*, 2017).

A seleção para o maior número de leitões nascidos se tornou uma estratégia de melhoramento genético bem-sucedida na suinocultura. Contudo, a correlação entre o tamanho da leitegada e a sobrevivência dos leitões não é favorável (Knap *et al.*, 2023). As maiores taxas de mortalidade na produção comercial de suínos ainda ocorrem na maternidade, variando entre 15% e 20% dos leitões nascidos vivos (Farmer & Edwards *et al.*, 2022). As principais causas de perda nessa fase incluem baixo peso ao nascimento, esmagamento, baixo consumo de colostro e leite, hipotermia e diarreia (Sadeghi *et al.*, 2023).

A ingestão de colostro e a produção de leite são um dos principais fatores determinantes na sobrevivência, crescimento e desenvolvimento dos leitões recém-nascidos. Ambos são considerados fluidos biológicos complexos compostos principalmente por nutrientes e substâncias bioativas, que desempenham um papel vital no desenvolvimento inicial dos neonatos (Segura *et al.*, 2020). Entre o nascimento e o desmame, a taxa de crescimento médio

de leitões oriundos das fêmeas de alta produção é de aproximadamente 250 g/d. No entanto, sugere-se que essa taxa de crescimento não corresponda ao potencial biológico do animal, especialmente para os genótipos modernos atuais (Hojgaard *et al.*, 2019). A matriz suína moderna é considerada uma fêmea prolífica e de alta produção, com capacidade para produzir mais de nove kg de leite/dia para sustentar uma leitegada de rápido crescimento (Rosero *et al.*, 2016a).

Em um estudo desenvolvido por Hojgaard *et al.* (2020), buscou-se caracterizar o impacto da ingestão e composição do leite no crescimento do leitão durante a lactação e sua composição corporal ao desmame. Os autores relataram que ganho de peso vivo dos leitões dos dias 3 a 25 de lactação aumentou com o aumento da ingestão diária de leite, ingestão de proteína e lactose do leite. O ajuste de uma resposta curvilínea do ganho de peso vivo em resposta à concentração de proteína do leite sugeriu que 4,9% de proteína do leite pode maximizar o crescimento dos leitões.

Os resultados das análises de regressão indicaram que a ingestão de leite explicou 81% da variação no ganho de peso dos leitões na primeira semana de lactação. Na segunda e terceira semana, a ingestão de leite em combinação com a concentração de proteína do leite explicou 85% e 87% da variação no ganho de peso dos leitões, respectivamente. Tais resultados podem indicar que a ingestão de proteína do leite limita o crescimento do leitão no meio e no final do período de lactação. Foi observado que as taxas de acréscimo de proteína e gordura aumentaram com o aumento da ingestão de leite (Hojgaard *et al.*, 2020). A retenção de reservas corporais dos leitões entre os dias 3 e 25 da lactação foi, em média, de 43,9 g/d de gordura corporal, 41,0 g/d de proteína corporal, 7,3 g/d de cinzas corporais e 161 g/d de água corporal. Em média 80% do ganho de peso vivo dos leitões correspondeu ao acúmulo de músculo (proteína + água) e o acúmulo de gordura e cinzas foi, em média, 17% e 3%, respectivamente.

Uma alta taxa de crescimento juntamente com a retenção de gordura dos leitões durante o período de lactação são importantes para minimizar os efeitos negativos do desmame, especialmente em relação as mudanças na dieta e consumo (Huting *et al.*, 2021; Vicente *et al.*, 2013). Ainda não está claro qual a eficiência dos leitões atuais em converter o leite ingerido em ganho de peso. As leitegadas de fêmeas hiperprolíficas tem como principal característica um maior número de leitões nascidos com maior variação no peso. Ou seja, a heterogeneidade faz com que os leitões nasçam mais vulneráveis em função do baixo peso ao nascimento, além de imprimir uma maior disputa por tetos (Bortolozzo *et al.*, 2023).

Surpreendentemente, ao longo dos últimos 30 anos, pouca mudança foi observada no volume de leite necessário para o ganho de peso vivo dos leitões. O fator geral é de que, a ingestão de aproximadamente 4 g de leite é necessária para um grama de ganho (Whittemore & Morgan, 1990; Hajgaard *et al.*, 2020). De acordo com os dados de Hajgaard *et al.* (2020), com a progressão da lactação, a ingestão de leite dos leitões aumentou de uma média de 871 g/d na semana 1 para 1,201 e 1,217 g/dia nas semanas 2 e 3, respectivamente. O ganho médio de peso vivo foi menor na primeira semana (236 g/dia) quando comparado com as semanas 2 (270 g/dia) e 3 (275 g dia). Logo, a taxa de conversão de leite para ganho foi, em média, 4,2 g.

A seleção genética durante as últimas décadas direcionou os programas de melhoramento para maior eficiência alimentar e a porcentagem de tecido magro nos suínos em crescimento (Davoudi *et al.*, 2022). No entanto, aumentou significativamente a prolificidades das fêmeas (Oliviero, 2023). Dessa forma, com a redução do peso ao nascer, os leitões menores podem ser mais eficientes em converter o leite em crescimento pois, uma menor quantidade de leite seria necessária por grama de ganho e para a manutenção. Contudo, leitões mais leves têm uma maior relação superfície/massa, o que aumenta a perda de calor e, conseqüentemente, reduz a eficiência de conversão de leite em crescimento (Hajgaard *et al.*, 2020). Além disso, fatores como a disputa por tetos em leitegadas numerosas e a duração da lactação podem afetar negativamente a eficiência alimentar dos leitões lactentes (Costa *et al.*, 2018; Hansen *et al.*, 2012).

2.3 O comportamento alimentar e o uso de alimentadores eletrônicos automáticos

2.3.1 O comportamento dos suínos e a automação do manejo alimentar

O comportamento alimentar pode ser caracterizado como o ato de mastigar ou morder um alimento ou colocar a cabeça no comedouro (Maselyne *et al.*, 2015). Nos sistemas de produção de suínos, esse tipo de comportamento desempenha um papel importante, pois pode ser frequentemente associado ao bem-estar animal e as mudanças relacionadas à dieta ou ao ambiente, às interações sociais e até mesmo a um sintoma precoce de doença (Matthews *et al.*, 2016).

O intenso programa de melhoramento genético aplicado nos últimos anos para melhorar a eficiência alimentar dos suínos também pode ter impactado no comportamento alimentar desses animais (Reyer *et al.*, 2017). Algumas características como, visitas diárias aos comedouros e tempo de alimentação foram estimadas com uma herdabilidade considerada

moderada a alta para suínos de diferentes raças (Chen *et al.*, 2010; Do *et al.*, 2013). As diferenças individuais observadas no comportamento alimentar relacionadas aos fatores genéticos fornecem marcadores moleculares importantes para prever comportamentos relacionados à alimentação (Brown-Brandl *et al.*, 2013).

O comportamento alimentar pode ser avaliado de diferentes formas através do registro total de ração ingerida, da duração do tempo gasto ingerindo o alimento, da frequência de visitas ao comedouro, considerando que, os animais também poderão visitar o comedouro apenas como parte do comportamento exploratório, sem consumir nenhuma quantidade de ração (Miller *et al.*, 2019; Alameer *et al.*, 2020). Porém, registrar comportamentos relacionados à alimentação através da observação visual exige um esforço significativo para obter credibilidade entre as observações, além do maior grau de dificuldade quando essa avaliação é feita em um grupo de animais (Chen *et al.*, 2020).

Nos últimos anos têm aumentado a disponibilidade de tecnologias que permitem o registro de dados em tempo real sobre o comportamento alimentar dos animais. Os sistemas que registram esse comportamento podem ser utilizados como uma ferramenta valiosa na gestão dos sistemas de produção (He *et al.*, 2021). Estudos indicam que as alterações comportamentais na ingestão de ração podem ser relacionadas a fatores como, condições ambientais e dieta (Cross *et al.*, 2020; Remus *et al.*, 2020; Renaudeau *et al.*, 2002b), interações sociais, hierarquia e número de animais na baia (Nienaber *et al.*, 1991; Brown-Brandl *et al.*, 2013), bem como o estado de saúde do animal (Marchat-Ford, 2010; Brown-Brandl *et al.*, 2016). Desta forma, é fundamental conhecer o comportamento alimentar individual dos suínos nas diferentes fases de produção e sua influência no desempenho produtivo.

O uso dos alimentadores eletrônicos é um dos componentes que fazem parte do conceito geral da alimentação de precisão que considera, não só o uso dos alimentadores para fornecer ração de forma individual ou para pequenos grupos, mas também uma ferramenta de apoio à decisão para estimar as necessidades nutricionais de cada animal (Durand *et al.*, 2023). Os alimentadores eletrônicos têm sido introduzidos nos sistemas de produção e podem fornecer informações detalhadas sobre o comportamento alimentar como, número de visitas e horário ao comedouro, duração e quantidade de cada refeição.

Alterações nos padrões de alimentação dos animais podem estar relacionadas com o ritmo circadiano. Segundo Feddes & DeShazer (1988), suínos mantidos em temperaturas constantes tendem a consumir maior quantidade de ração duas horas após as luzes serem acesas

e três horas antes das luzes serem apagadas. Semelhante ao que foi relatado anteriormente, Remus *et al.* (2020) observaram que suínos nas fases de crescimento e terminação realizaram a maioria das refeições entre 06:00h e 18:00h, correspondente ao intervalo de luzes acesas na instalação. Além disso, foi relatado que durante o período noturno, os suínos realizaram refeições maiores quando comparado com o período diurno, ou seja, o comportamento alimentar noturno parece ser caracterizado por refeições maiores e mais longas e o comportamento alimentar diurno por refeições mais frequentes e menores.

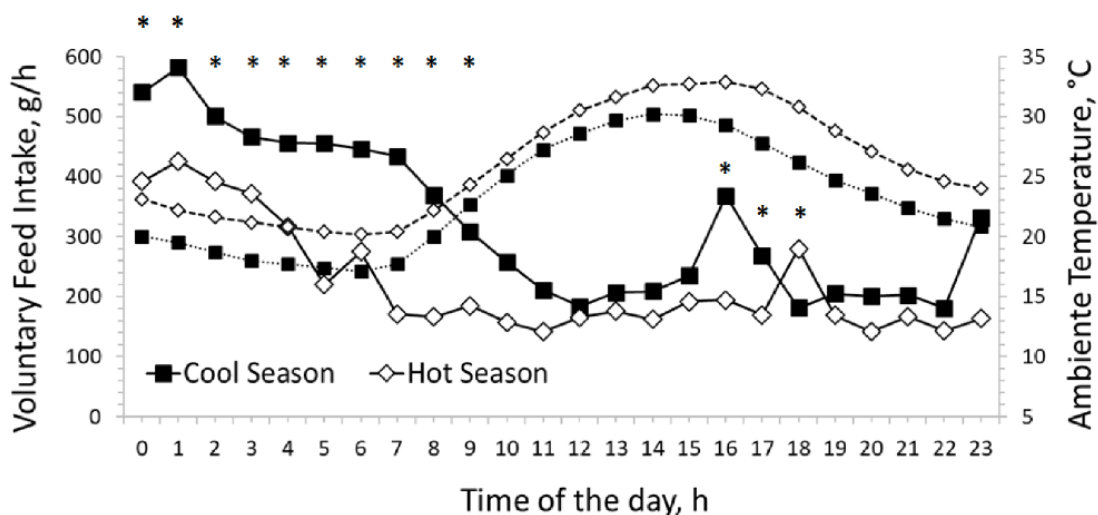
Os alimentadores eletrônicos utilizados na alimentação dos suínos também podem fornecer informações importantes sobre o comportamento alimentar desses animais quando expostos à desafios ambientais relacionados aos fatores climáticos. Pesquisas anteriores relataram que, quando as temperaturas diárias extrapolam os limites considerados confortáveis, os suínos se alimentam preferencialmente no início da manhã ou da noite, quando as temperaturas são mais baixas, diminuindo a produção e a quantidade de calor que precisa ser dissipada no ambiente (Nienaber *et al.*, 1996; Quiniou *et al.*, 2000).

As fêmeas suínas lactantes são muito susceptíveis ao estresse por calor e podem ter o seu desempenho produtivo comprometido nessa condição. Quando são expostas às temperaturas que extrapolam a zona de conforto, reduzem o consumo voluntário de ração em resposta ao efeito termogênico da dieta e, conseqüentemente, a produção de leite e o ciclo reprodutivo subsequente serão prejudicados (Black *et al.*, 1993). Em uma pesquisa realizada por Silva *et al.* (2021), em condições tropicais, as altas temperaturas tiveram um impacto negativo no consumo voluntário de ração e alteraram o comportamento alimentar das matrizes múltiparas em lactação. Comparando as diferentes estações, fria ou quente, entre os dias 9 e 24 da lactação, foi observado um maior consumo voluntário de ração na estação fria. Desse modo, a relação entre o consumo voluntário de ração e a ingestão diária de nutriente, com base nos requerimentos nutricionais da fêmea, foi menor para as fêmeas na estação quente (66%) em comparação a estação fria (90%).

O comportamento alimentar também apresentou variações (Figura 8). O tempo de ingestão diário e o tempo de ingestão por refeição foram reduzidos na estação quente em comparação a estação fria. Independente da estação, o padrão de consumo atingiu o pico duas vezes ao longo de 24 horas, o primeiro entre 00:00h e 01:00h e o segundo entre 15:00h e 18:00h. Como mencionado anteriormente, geralmente é observado dois picos de atividade alimentar ao longo do dia em condições ambientais naturais, evidenciando que o comportamento alimentar

das matrizes é influenciado pela temperatura ambiente e ritmo circadiano (Renaudeau *et al.*, 2003).

Figura 8. Efeito da estação e hora do dia no comportamento alimentar de fêmeas suínas lactantes.



Fonte: Silva *et al.*, (2021).

Além disso, para ambas as estações as fêmeas apresentaram um padrão de consumo diurno mais elevado e uma maior proporção de consumo voluntário entre 00:00h e 10:00h, correspondendo a 83% do total diário ingerido. Embora não tenha sido observado essa mudança, em condições tropicais com temperaturas elevadas, as matrizes podem tentar compensar o menor consumo durante os períodos mais quentes do dia aumentando a frequência de alimentação no período noturno. Segundo Choi *et al.* (2019), a alimentação noturna para matrizes lactantes em estresse por calor melhorou em 6% o consumo de ração, com menores variações no peso e na espessura de toucinho da fêmea.

Buscando avaliar estratégias que possam melhorar o consumo voluntário de ração das matrizes durante a lactação, Silva *et al.* (2021) também relataram alterações no comportamento com o uso de flavorizante da ração. Resumidamente, houve um aumento de 15,5% na quantidade de ração consumida por refeição e um aumento no tempo de ingestão (+ 11,8 min/dia) das matrizes consumindo a dieta contendo o aditivo sensorial.

2.3.2 Cinética de consumo das fêmeas suínas durante a lactação

O melhoramento genético aplicado nos últimos anos na seleção de fêmeas suínas contribuiu positivamente com os índices de produção das matrizes. Porém, as linhagens modernas são mais pesadas, possuem menor capacidade de consumo e menor quantidade de tecido adiposo (Silva *et al.*, 2004). O consumo voluntário de ração durante o período de lactação é um dos principais desafios na nutrição da fêmea suína lactante. Nesta fase, a prioridade da fêmea é atender a produção de leite para sustentar uma leitegada numerosa e de rápido crescimento. No entanto, o consumo voluntário de ração se torna limitante para satisfazer essa demanda (Tokach *et al.*, 2019).

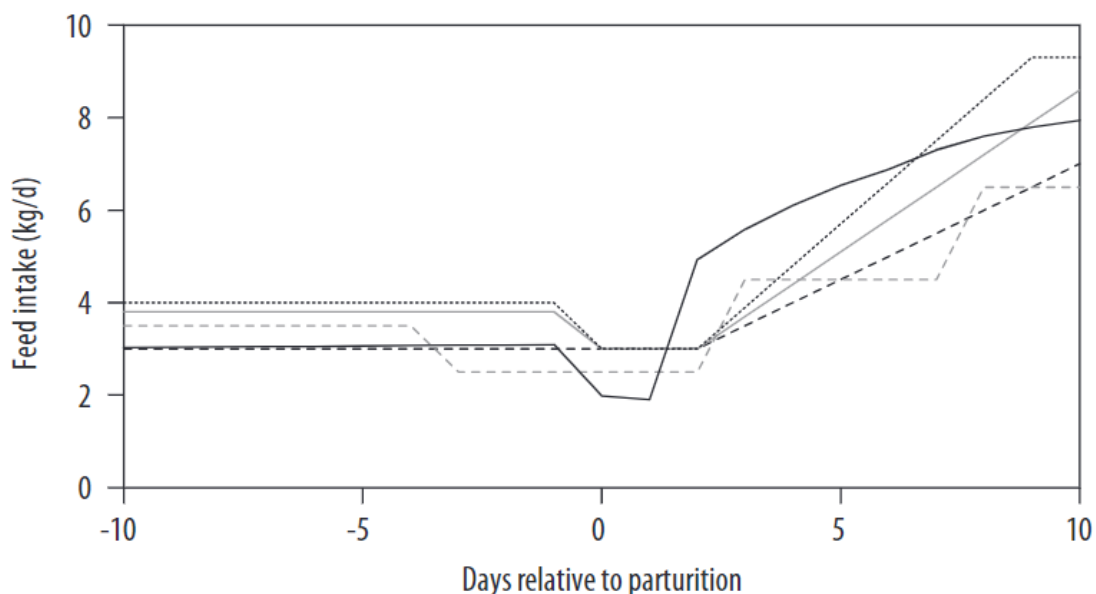
Fêmeas primíparas e de segundo parto consomem aproximadamente 15 a 20 % menos ração quando comparadas às múltíparas (Koketsu *et al.*, 1996). Esse padrão observado se justifica pelo aumento das necessidades de energia para manutenção em função do maior peso corporal com o avançar da idade do animal. Também é observado um aumento no consumo de ração das matrizes à medida em que o tamanho da leitegada aumenta. Este aumento observado pode ser relacionado com a maior produção de leite em função do maior número de leitões (Ngo *et al.*, 2012).

Embora publicado há quase trinta anos, o artigo de Koketsu *et al.* (1996) contém informações relevantes sobre o consumo de ração. Registros de mais de 25.000 lactações de 30 granjas comerciais diferentes, baseados na ingestão de ração, indicaram que a alimentação a vontade desde o início da lactação provoca quedas inesperadas no consumo diário de ração em mais da metade das fêmeas. Durante todo o período de lactação, essas fêmeas consomem menor quantidade de ração comparada com as fêmeas alimentadas seguindo uma curva gradual pré-estabelecida (Solà-Oriol & Gasa, 2017).

De acordo com Solà-Oriol & Gasa (2017) as matrizes geralmente são alimentadas com uma menor quantidade de ração no dia do parto, próximo ao que é oferecido no dia anterior. Após o parto, a oferta de ração é aumentada gradativamente ao longo dos dias. Usualmente em termos práticos, a abordagem mais efetiva é estabelecer uma curva de consumo de ração para cada fêmea, aumentando de forma gradual a quantidade diária de ração até uma semana a dez dias após o parto, se aproximando do consumo à vontade a partir desse momento (Figura 9). No entanto, geralmente é observado uma ingestão inadequada de ração para satisfazer as necessidades fisiológicas para a síntese de leite, provocando um catabolismo no organismo do

animal em que as reservas corporais serão mobilizadas para fornecer nutrientes e energia para a produção de leite durante a lactação (Boyd *et al.*, 1995).

Figura 9. Padrão de alimentação antes e depois do parto de fêmeas hiperprolíficas (linha contínua) e diferentes padrões comumente utilizados em condições comerciais (linhas tracejadas e pontilhadas).



Fonte: Theil, (2015).

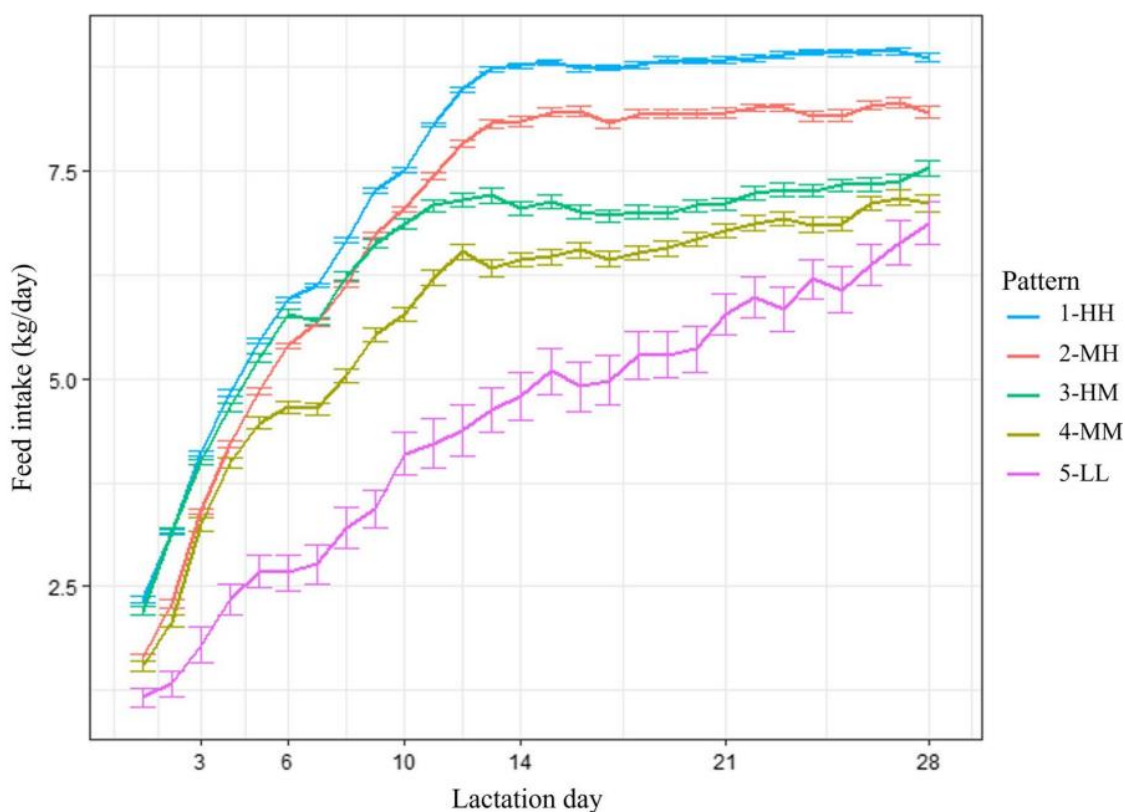
Os sistemas de alimentação automatizados permitem o fornecimento de ração controlado diretamente pela fêmea, possibilitando o ajuste da sua própria curva de alimentação. Independente da curva alimentar que for estabelecida, deve ser projetada, principalmente, para maximizar a produção de leite e minimizar a mobilização excessiva de tecidos corporais. Atualmente, os alimentadores automáticos mais modernos para a fase de lactação permitem que as matrizes possam comer livremente e definir o seu consumo de ração ao longo do dia de acordo com as suas preferências. Isto implica diretamente na sensação de saciedade da fêmea e bem-estar e possibilita o conhecimento do comportamento de consumo, reduzindo desperdício de ração. Ainda, acompanhar em tempo real o consumo das matrizes pode ser importante para antecipar problemas relacionados à produção (Rodríguez *et al.*, 2023).

Na pesquisa realizada por Rodríguez *et al.* (2023) foram definidos diferentes padrões de consumo baseados nos registros de consumo de ração de 585 matrizes multíparas em lactação. O padrão 1 correspondeu ao grupo de matrizes em que o consumo de ração aumentou gradualmente após o parto e atingiu o pico de consumo próximo ao 14º dia de lactação, permanecendo constante. No padrão 2, as fêmeas tiveram um consumo mediano durante a

primeira semana de lactação e alto durante o restante do período. Para o padrão 3, as fêmeas iniciaram a lactação com um consumo alto e mantiveram um consumo mediano no restante do período. O padrão 4 é representado por fêmeas que tiveram um consumo mediano durante toda a lactação e, por fim, o padrão 5 as fêmeas com baixo consumo durante toda a lactação.

De acordo com os valores de consumo de ração para os padrões, pequenas diferenças foram observadas entre os dias 18 e 28 de lactação (exceto para o padrão 5). Os autores concluíram que, uma vez atingido o pico de lactação por volta do dia 18, o consumo de ração das matrizes sofre poucas mudanças (Figura 10). As diferenças que são observadas no consumo de ração sugerem que há uma grande variação nas necessidades individuais de nutrientes.

Figura 10. Consumo médio diário real de fêmeas suínas lactantes em diferentes padrões.



Fonte: Rodríguez *et al.*, (2023).

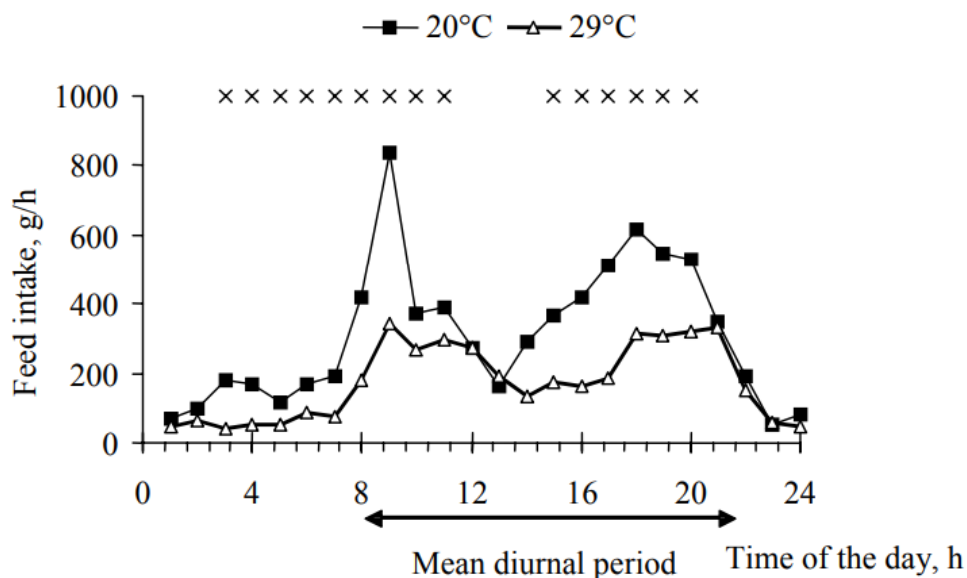
Como mencionado anteriormente, há quase 30 anos atrás na pesquisa realizada por Koketsu *et al.* (1996), mais da metade das fêmeas lactantes pertenciam à padrões que apresentavam uma queda repentina no consumo de ração. Atualmente, segundo Rodríguez *et al.* (2023), 50% das fêmeas são pertencentes dos padrões 1 (38,5%) e padrão 2 (24%). O

consumo de ração durante a lactação aumentou nos últimos 30 anos em aproximadamente 29% (Koketsu et al., 1996; Cabezón *et al.*, 2017a; Gauthier *et al.*, 2021).

O melhoramento genético aplicado para aumentar o número de leitões nascidos e a produção de leite também foi responsável pelo aumento na produção de calor pelas matrizes suínas (Stinn & Xin, 2014). Na lactação, tanto a produção de leite como o efeito termogênico da dieta são responsáveis pelo calor produzido pelas fêmeas. Ao estimar a produção de calor de matrizes na lactação, Cabezón *et al.* (2017b) demonstrou que as fêmeas contemporâneas produzem aproximadamente 24 a 39% mais calor comparada às fêmeas do passado. Ainda de acordo com os mesmos autores, no modelo desenvolvido para estimar a produção de calor, 90% da variação que ocorre está relacionado com a variação no consumo de ração.

Segundo Renaudeau *et al.* (2002), em condições termo neutras, o padrão de ingestão de ração das matrizes suínas lactantes ao longo de 24 horas é caracterizado como diurno, em que mais de 80% da ingestão total ocorre durante o período de luz. Esse padrão de alimentação é definido por dois picos em horários distintos: um pela manhã e outro no início da tarde (Figura 11).

Figura 11. Efeito da temperatura e da hora do dia na cinética consumo diário de ração de matrizes lactantes Large White mantidas a 20°C e 29°C.

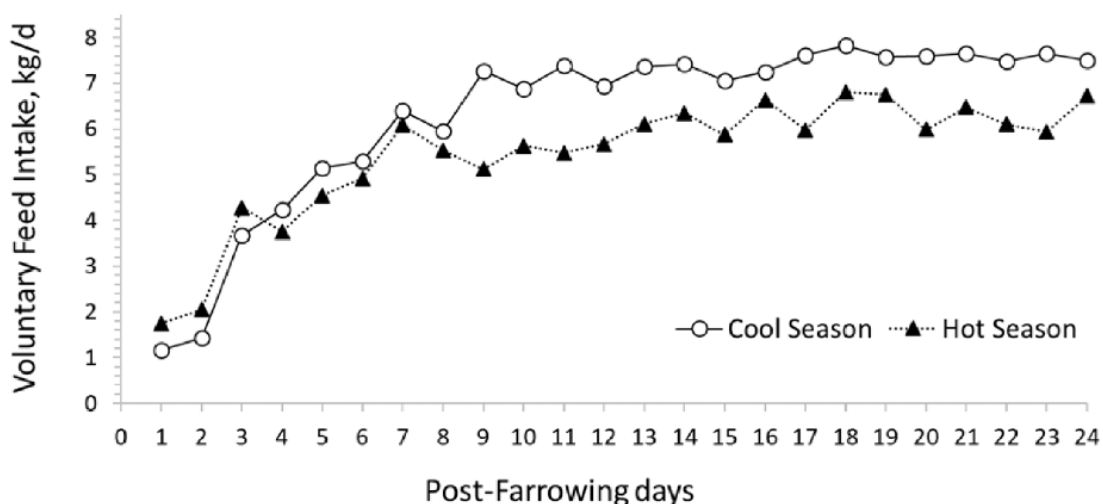


Fonte: Adaptado de Renaudeau *et al.* (2002).

Os dois picos observados ocorreram próximo ao horário em que as luzes foram acesas ou apagadas, sugerindo que, assim como em suínos nas fases de crescimento e terminação (Remus *et al.*, 2020), o comportamento alimentar das matrizes lactantes é influenciado por mudanças na luz. Em média, estima-se que, para as fêmeas na maternidade, cerca de 46% do tempo em pé é dedicado ao consumo de ração (Renaudeau *et al.*, 2005). Fêmeas lactantes mantidas em temperaturas elevadas apresentam uma redução tanto no tamanho quanto no tempo total da refeição (Quiniou *et al.*, 2000; Renaudeau *et al.*, 2002). O padrão de consumo ao longo de 24h também é afetado pela temperatura: ambos os picos observados são reduzidos assim como a ingestão de ração no período noturno, resultando em uma maior proporção de consumo durante o dia em condições quentes.

Em uma pesquisa realizada por Silva *et al.* (2021), em condições tropicais as altas temperaturas têm um impacto negativo no consumo voluntário de ração e altera o comportamento alimentar das matrizes multíparas em lactação. Comparando as diferentes estações, fria ou quente, entre os dias 9 e 24 da lactação, foi observado um menor consumo voluntário de ração na estação quente (Figura 12). Desse modo, a relação entre o consumo voluntário de ração e a ingestão diária de nutriente com base nos requerimentos nutricionais da fêmea foi menor para as fêmeas na estação quente (66%) em comparação a estação fria (90%).

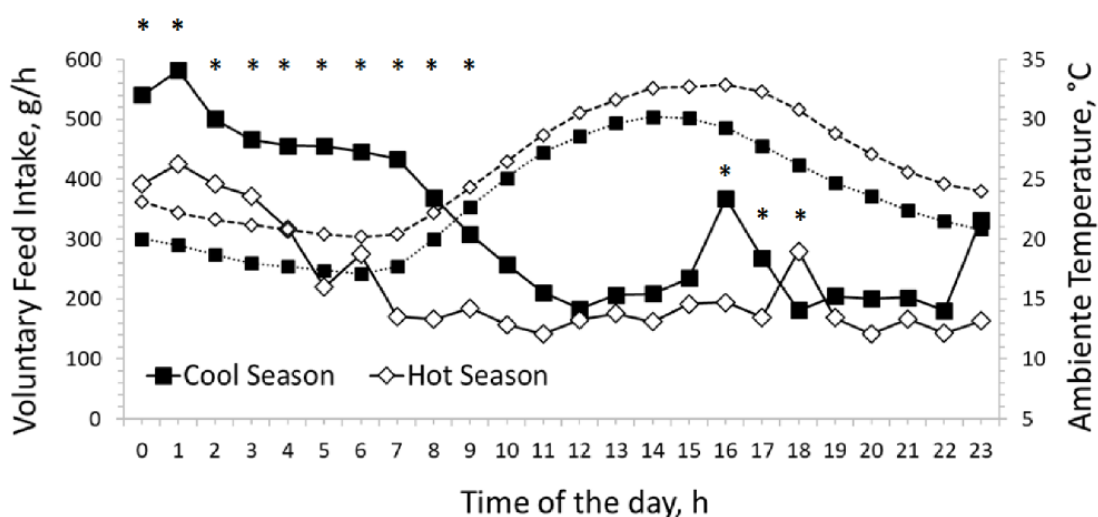
Figura 12. Consumo diário de ração de fêmeas suínas lactantes durante as estações fria e quente.



Fonte: Silva *et al.* (2021).

Na mesma comparação, o comportamento alimentar também apresentou variações (Figura 13). O tempo de ingestão diário e o tempo de ingestão por refeição foram reduzidos na estação quente em comparação a estação fria. Independente da estação o padrão de consumo atingiu o pico duas vezes ao longo de 24 horas, o primeiro entre 00:00h e 09:00h e o segundo entre 15:00h e 18:00h. Além disso, para ambas as estações as fêmeas apresentaram um padrão de consumo diurno mais elevado e uma maior proporção de consumo voluntário entre 00:00h e 10:00h, correspondendo a 83% do total diário ingerido.

Figura 13. Efeito da estação e hora do dia no comportamento alimentar de fêmeas suínas lactantes.



Fonte: Silva *et al.* (2021).

Somado a isso, o uso de flavorizantes pode influenciar positivamente a ingestão de ração e o comportamento alimentar, especialmente em animais submetidos ao estresse por calor. Resumidamente, a estação quente teve impactos negativos no desempenho das matrizes pelo menor consumo de ração e produção de leite e, conseqüentemente, de suas leitegadas pela menor taxa de crescimento. No entanto, melhorar as propriedades da ração pode influenciar o comportamento alimentar das fêmeas e estimular o consumo de ração.

Em um estudo de meta-análise para avaliar a influência do estresse térmico por calor no desempenho de fêmeas suínas em lactação e suas leitegadas, Ribeiro *et al.* (2018) observaram que as matrizes foram mantidas em ambiente térmico com temperatura variando entre 15 e 25°C e umidade relativa de 45% a 93,7%. De acordo com Bortolozzo *et al.* (2011), essa condição descaracteriza o conforto térmico ideal, com temperatura variando entre 18 e 22°C e umidade relativa de 40 a 70%. Conseqüentemente, houve uma redução no consumo diário de

ração de 148 g/dia e uma redução de 227g/dia na produção de leite para cada grau aumentado na temperatura. Essas observações indicam uma redução no consumo de ração para minimizar a termogênese associada à alimentação, logo um menor fluxo de nutrientes para as glândulas mamárias.

Ainda, foi possível observar uma redução do consumo de energia metabolizável e lisina. Quando a demanda energética para a produção de leite é superior à energia consumida via dieta, as fêmeas mobilizam suas reservas corporais na tentativa de satisfazer a produção (Patterson *et al.*, 2011). Para as matrizes atuais que possuem menor quantidade tecido adiposo, a perda de massa muscular tem um impacto significativo na tentativa de atender as exigências da produção de leite. Na condição de estresse por calor, a mobilização de proteínas corporais resultará em um catabolismo excessivo ou prolongado até o desmame dos leitões. Dessa maneira, o desempenho reprodutivo subsequente poderá ser negativamente afetado (Kim & Easter, 2003). Por fim, de acordo com Williams *et al.* (2013), os leitões oriundos de matrizes alojadas em ambientes com altas temperaturas durante a lactação, podem pesar até 0,500 kg a menos, representando uma redução do peso em torno de 7% ao desmame.

O comportamento alimentar dos suínos pode ser utilizado como um indicador do desempenho, saúde e bem-estar dos animais. A avaliação das alterações comportamentais relacionadas à alimentação utiliza diferentes critérios como, consumo de ração, tempo gasto ingerindo ração, taxa de alimentação e número de visitas ao comedouro. Um melhor conhecimento e entendimento do comportamento alimentar pode ajudar a esclarecer como esses fatores influenciam o desempenho dos suínos e suas interações sociais. Além disso, podem fornecer informações importantes para melhorar as estratégias alimentares.

O uso de tecnologias como os alimentadores eletrônicos nos sistemas de produção e nas pesquisas é crescente e são fundamentais para a compreensão do comportamento alimentar através do grande volume de dados registrados em tempo real. Dentro de um mesmo grupo, os padrões alimentares dos suínos podem variar e é importante considerar que as características individuais de cada animal podem ser determinantes na manifestação desse comportamento.

A estimativa do consumo de ração é um grande desafio devido às diferentes variações individuais entre as matrizes durante o período de lactação. O acesso mais recente a dados observados em tempo real é uma grande oportunidade para desenvolver previsões mais assertivas. Observar e conhecer o comportamento das fêmeas e suas preferências pode auxiliar na elaboração de estratégias que otimizem a ingestão de ração.

REFERÊNCIAS

- AGRINESS: **Relatório Anual Do Desempenho da Produção de Suínos**. 2023. Disponível online: <https://melhores.agriness.com/relatorio/> (acessado em 14 de julho de 2024).
- ALAMEER, A. *et al.* Automatic recognition of feeding and foraging behaviour in pigs using deep learning. **Biosystems Engineering**, 197: 91-104, 2020.
- BALZANI, A., *et al.* Sources of variation in udder morphology of sows. **Journal of Animal Science**, 94.1: 394-400, 2016.
- BARB, C. R.; HAUSMAN, G. J.; CZAJA, KRZYSZTOF. Leptin: a metabolic signal affecting central regulation of reproduction in the pig. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 29, n. 1, p. 186-192, 2005.
- BJERG, B., *et al.* Sows' responses to increased heat load—A review. **Journal of Thermal Biology**, 94: 102758, 2020.
- BLACK, J. L. *et al.* Lactation in the sow during heat stress. **Livestock Production Science**, v. 35, n. 1-2, p. 153-170, 1993.
- BORTOLOZZO, F. P., *et al.* Managing Reproduction in Hyperprolific Sow Herds. **Animals**, 2023.
- BORTOLOZZO, F. P.; GAGGINI, T. S.; WENTZ, I. Infertilidade sazonal no suíno: caracterização e consequências durante a fase gestacional. SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA. **Produção, Reprodução e Sanidade Suína**, v. 6, p. 117-131, 2011.
- BOYD, R. D. *et al.* Nutrient uptake and endocrine regulation of milk synthesis by mammary tissue of lactating sows. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. suppl_2, p. 36-56, 1995.
- BOYD, R. D. Metabolic precursors for milk synthesis. 1998.
- BRANDT, P., *et al.* The effect of air temperature, velocity and humidity on respiration rate and rectal temperature as an expression of heat stress in gestating sows. **Journal of Thermal Biology**, 104: 103142, 2022.
- BROWN-BRANDL, T. M. *et al.* Analysis of feeding behavior of group housed growing–finishing pigs. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 96, p. 246-252, 2013.
- BROWN-BRANDL, T. M.; JONES, D. D.; EIGENBERG, R. A. Modeling feeding behavior of swine to detect illness. 2016.
- BROWN-BRANDL, T. M. *et al.* Comparing three different passive RFID systems for behaviour monitoring in grow-finish pigs. In: Proceedings of the 8th European Conference on Precision **Livestock Farming**, Nantes, Francep. 12-14, 2017.
- BRUUN, T.S., *et al.* Feeding level during the last week of gestation can influence performance of sows and their litters in the subsequent lactation. **Journal of Animal Science**, 101: skad349, 2023.

CABEZÓN, F. A. *et al.* Analysis of lactation feed intakes for sows with extended lactation lengths. **Translational Animal Science**, v. 1, n. 1, p. 1, 2017a.

CABEZÓN, F. A. *et al.* Development and application of a model of heat production for lactating sows. **Journal of Animal Science**, v. 95, p. 30, 2017b.

CABEZÓN, F. A., *et al.* Development and application of a model of heat production for lactating sows. **Journal of Animal Science**, 95: 30, 2017.

CADÉRO, Alice *et al.* Modelling interactions between farmer practices and fattening pig performances with an individual-based model. **Animal**, v. 12, n. 6, p. 1277-1286, 2018.

CARRIÓN-LÓPEZ, M. J., *et al.* Effects of the feeding level in early gestation on body reserves and the productive and reproductive performance of primiparous and multiparous sows. **Research in Veterinary Science**, 148: 42-51, 2022.

CHALVON-DEMERSAY, T. *et al.* Functional amino acids in pigs and chickens: implication for gut health. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 8, p. 663727, 2021.

CHE, L. *et al.* Effects of increased energy and amino acid intake in late gestation on reproductive performance, milk composition, metabolic, and redox status of sows. **Journal of Animal Science**, v. 97, n. 7, p. 2914-2926, 2019a.

CHE, L., *et al.* Valine increases milk fat synthesis in mammary gland of gilts through stimulating AKT/MTOR/SREBP1 pathway. **Biology of Reproduction**, 101.1: 126-137, 2019b.

CHEN, C., *et al.* Recognition of feeding behaviour of pigs and determination of feeding time of each pig by a video-based deep learning method. **Computers and Electronics in Agriculture**, 176: 105642, 2020.

CHEN, F., *et al.* Regulation of amino acid transporters in the mammary gland from late pregnancy to peak lactation in the sow. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, 9: 1-12, 2018.

CHOI, YH. *et al.* Evaluation of high nutrient diets on litter performance of heat-stressed lactating sows. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 30, n. 11, p. 1598, 2017.

CHOI, YH., *et al.* Night feeding in lactating sows is an essential management approach to decrease the detrimental impacts of heat stress. **Journal of Animal Science and Technology**, 61.6: 333, 2019.

CLOWES, E. J. Sow body condition: lifetime sow performance risk factors. In: ALLEN D. LEMAN SWINE PRE-CONFERENCE REPRODUCTION WORKSHOP. p. 8-24, 2006.

CLOWES, E. J., *et al.* Selective protein loss in lactating sows is associated with reduced litter growth and ovarian function. **Journal of Animal Science**, 81.3: 753-764, 2003a.

CLOWES, E. J.; AHERNE, Frank X.; BARACOS, Vickie E. Skeletal muscle protein mobilization during the progression of lactation. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, 288.3: E564-E572, 2005.

COOLS, An *et al.* Ad libitum feeding during the peripartal period affects body condition, reproduction results and metabolism of sows. **Animal Reproduction Science**, v. 145, n. 3-4, p. 130-140, 2014.

COSTA, E. P., *et al.* Influence of the lactation length in the subsequent litter size of sows. **Animal Reproduction (AR)**, 1(1), 111-114, 2018.

COSTERMANS, N. GJ, *et al.* Consequences of negative energy balance on follicular development and oocyte quality in primiparous sows. **Biology of Reproduction**, 102.2: 388-398, 2020.

COSTERMANS, N. GJ, *et al.* Physiological and metabolic aspects of follicular developmental competence as affected by lactational body condition loss. **Molecular Reproduction and Development**, 90.7: 491-502, 2022.

COZANNET, P., *et al.* Reducing BW loss during lactation in sows: a meta-analysis on the use of a nonstarch polysaccharide-hydrolyzing enzyme supplement. **Journal of Animal Science**, 96.7: 2777-2788, 2018.

CROSS, A. J., *et al.* Feeding behavior of grow-finish swine and the impacts of heat stress. **Translational Animal Science**, 4.2: 986-992, 2020.

DA SILVA, C. L. A., *et al.* Relationship between ovulation rate and embryonic characteristics in gilts at 35 d of pregnancy. **Journal of Animal Science** 95.7 (2017): 3160-3172, 2017a.

DA SILVA, C. L. A., *et al.* Validation of transrectal ultrasonography for assessment of corpora lutea characteristics in pregnant sows and its relationship with litter characteristics at birth. **Translational Animal Science** 1.4 (2017): 507-517, 2017b.

DAVOUDI, P., *et al.* Application of genetic, genomic and biological pathways in improvement of swine feed efficiency. **Frontiers in Genetics**, 13: 903733, 2022.

DE AQUINO, R. S., *et al.* Glutamine and glutamate (AminoGut) supplementation influences sow colostrum and mature milk composition. **Livestock Science**, 169: 112-117, 2014.

DE BETTIO, S. *et al.* Impact of feed restriction on the performance of highly prolific lactating sows and its effect on the subsequent lactation. **Animal**, v. 10, n. 3, p. 396-402, 2016.

DO, D. N. *et al.* Genetic parameters for different measures of feed efficiency and related traits in boars of three pig breeds. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 9, p. 4069-4079, 2013.

DOURMAD, J.-Y. *et al.* InraPorc: a model and decision support tool for the nutrition of sows. **Animal Feed Science and Technology**, v. 143, n. 1-4, p. 372-386, 2008.

DOURMAD, J.-Y. Evolution of the feeding approach in sows during the last decades. **Nutrition of hyperprolific sows**, 2019.

DOURMAD, J.-Y., *et al.* Effect of ambient temperature in lactating sows, a meta-analysis and simulation approach in the context of climate change. **Animal-Open Space**, 1.1: 100025, 2022.

DOURMAD, J.-Y.; ETIENNE, M.; NOBLET, J. Reconstitution of body reserves in multiparous sows during pregnancy: effect of energy intake during pregnancy and mobilization during the previous lactation. **Journal of Animal Science**, v. 74, n. 9, p. 2211-2219, 1996.

DURAND, M. *et al.* Prediction of Daily Nutritional Requirements of Gestating Sows Based on Sensors Data and Machine Learning Algorithms. Available at **SSRN** 4457384, 2023.

EASTWOOD, L.; LETERME, P.; BEAULIEU, A. D. Body fat mobilization during lactation in high-producing sows fed varied omega-6 to omega-3 fatty acid ratios. **Canadian Journal of Animal Science**, 96.1: 69-78, 2016.

FANG, Lin Hu *et al.* Effects of dietary energy and protein levels on reproductive performance in gestating sows and growth of their progeny. **Journal of Animal Science and Technology**, v. 61, n. 3, p. 154, 2019.

FARMER, C. *et al.* Impacts of dietary protein level and feed restriction during prepuberty on mammatogenesis in gilts. **Journal of Animal Science**, v. 82, n. 8, p. 2343-2351, 2004.

FARMER, C. The role of prolactin for mammatogenesis and galactopoiesis in swine. **Livestock Production Science**, 70.1-2: 105-113, 2001.

FARMER, C., *et al.* Dietary supplementation with lysine (protein) in late pregnancy does not enhance mammary development in multiparous sows. **Journal of Animal Science**, 101: skad385, 2023.

FARMER, C.; EDWARDS, S. A. Improving the performance of neonatal piglets. **Animal**, 16: 100350, 2022.

FARMER, C., *et al.* Dietary supplementation with lysine (protein) stimulates mammary development in late pregnant gilts. **Journal of Animal Science**, 100.5: skac051, 2022.

FEDDES, J. J. R.; DESHAZER, J. A. Energetic responses of growing pigs to high cyclic and constant temperatures. **Transactions of the ASAE**, v. 31, n. 4, p. 1203-1210, 1988.

FEYERA, T.; THEIL, P. K. Energy and lysine requirements and balances of sows during transition and lactation: a factorial approach. **Livestock Science**, 201: 50-5, 2017.

FEYERA, T., *et al.* Impact of sow energy status during farrowing on farrowing kinetics, frequency of stillborn piglets, and farrowing assistance. **Journal of animal science**, 96(6), 2320-2331, 2018.

FEYERA, T. *et al.* Mammary metabolism and colostragenesis in sows during late gestation and the colostral period. **Journal of Animal Science**, v. 97, n. 1, p. 231-245, 2019.

GASA, J., *et al.* The effect of tissue mobilization and stage of lactation on energy partitioning in lactating sows: an analysis of commercial data. **The Journal of Agricultural Science**, 161.6: 847-856, 2023.

GAUTHIER, R. *et al.* Online forecasting of daily feed intake in lactating sows supported by offline time-series clustering, for precision livestock farming. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 188, p. 106329, 2021.

GORR, Sarah C. *et al.* Ad libitum feeding systems for lactating sows: effects on productivity and welfare of sows and piglets. **Animal**, v. 18, n. 3, p. 101093, 2024.

GOURDINE, Jean-Luc, *et al.* Effects of breed and season on performance of lactating sows in a tropical humid climate. **Journal of Animal Science**, 84.2: 360-369, 2006.

GOZALO-MARCILLA, M., *et al.* Genetic architecture and major genes for backfat thickness in pig lines of diverse genetic backgrounds. **Genetics Selection Evolution**, 53: 1-14, 2021.

GREINER, L., *et al.* The use of feed-grade amino acids in lactating sow diets. **Journal of animal science and biotechnology**, 2018, 9: 1-8, 2018.

HANSEN, A. V., *et al.* Predicting milk yield and composition in lactating sows: a Bayesian approach. **Journal of Animal Science**, 90.7: 2285-2298, 2012.

HAYNES, T. E. *et al.* L-Glutamine or L-alanyl-glutamine dipeptide prevents hydrogen peroxide or lipopolysaccharide-induced enterocyte death. **Amino Acids**, v. 37, p. 131-42, 2009.

HAUSCHILD, L.; POMAR, C.; LOVATTO, P. A. Systematic comparison of the empirical and factorial methods used to estimate the nutrient requirements of growing pigs. **Animal**, v. 4, n. 5, p. 714-723, 2010.

HERRERO, M. *et al.* Farming and the geography of nutrient production for human use: a transdisciplinary analysis. **The Lancet Planetary Health**, v. 1, n. 1, p. e33-e42, 2017.

HOJGAARD, C. K.; BRUUN, T. S.; THEIL, P. K. Impact of milk and nutrient intake of piglets and sow milk composition on piglet growth and body composition at weaning. **Journal of Animal Science**, 98.3: skaa060, 2020.

HOJGAARD, C. K., and T. S. BRUUN. 2021. New Danish recommendation for sow backfat level when entering the farrowing unit. Axelborg, Copenhagen, Denmark; p. 1–28. **SEGES Report No.: 2130**. In Danish. Available from <https://svineproduktion.dk/publikationer/kilder/notater/2021/2130>.

HOJGAARD, C. K.; BRUUN, T. S.; THEIL, P. K. Optimal lysine in diets for high-yielding lactating sows. **Journal of Animal Science**, v. 97, n. 10, p. 4268-4281, 2019.

HOLEN, J. P. Effects of essential fatty acids and branched-chain amino acids in lactation diets on sow and litter performance. **Kansas State University**, 2022.

HOLEN, J. P., *et al.* Evaluation of essential fatty acids in lactating sow diets on sow reproductive performance, colostrum and milk composition, and piglet survivability. **Journal of Animal Science**, 100.6: skac167, 2022.

HOVING, L. L., *et al.* Effect of live weight development and reproduction in first parity on reproductive performance of second parity sows. **Animal Reproduction Science**, 122.1-2: 82-89, 2010.

HUANG, F. R. *et al.* Effects of lysine and protein intake over two consecutive lactations on lactation and subsequent reproductive performance in multiparous sows. **Livestock Science**, v. 157, n. 2-3, p. 482-489, 2013.

HUBER, L. *et al.* Impact of improving dietary amino acid balance for lactating sows on efficiency of dietary amino acid utilization and transcript abundance of genes encoding lysine transporters in mammary tissue. **Journal of Animal Science**, v. 94, n. 11, p. 4654-4665, 2016.

HUBER, L., *et al.* Whole-body nitrogen utilization and tissue protein and casein synthesis in lactating primiparous sows fed low-and high-protein diets. **Journal of Animal Science**, 96.6: 2380-2391, 2018.

HURLEY, W. L. *et al.* Lysine uptake by mammary gland tissue from lactating sows. **Journal of Animal Science**, v. 78, n. 2, p. 391-395, 2000.

HURLEY, W. L. Mammary gland growth in the lactating sow. **Livestock Production Science**, v. 70, n. 1-2, p. 149-157, 2001.

HUTING, A. MS, *et al.* Using nutritional strategies to shape the gastro-intestinal tracts of suckling and weaned piglets. **Animals**, 11.2: 402, 2021.

KEMP, B. *et al.* Recent advances in pig reproduction: Focus on impact of genetic selection for female fertility. **Reproduction in domestic animals**, 53.S2: 28-36, 2018.

KEMPER, N. Update on postpartum dysgalactia syndrome in sows. **Journal of Animal Science**, 98. Supplement 1: S117-S125, 2020. Science, 98. Supplement 1: S117-S125, 2020.

KIM, J. S. *et al.* Relationship between backfat thickness of sows during late gestation and reproductive efficiency at different parities. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section A—Animal Science**, v. 65, n. 1, p. 1-8, 2015.

KIM, J.S. *et al.* Effects of dietary energy levels and β -mannanase supplementation in a high mannan-based diet during lactation on reproductive performance, apparent total tract digestibility and milk composition in multiparous sows. **Italian Journal of Animal Science**, v. 17, n. 1, p. 128-134, 2018.

KIM, S. W. *et al.* Changes in tissue composition associated with mammary gland growth during lactation in sows. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. 9, p. 2510-2516, 1999.

KIM, S. W. *et al.* Improving efficiency of sow productivity: **Nutrition**. 2013.

KIM, S. W. *et al.* Dynamic ideal protein and limiting amino acids for lactating sows: the impact of amino acid mobilization. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 9, p. 2356-2366, 2001.

KIM, S. W.; EASTER, R. A. Amino acid utilization for reproduction in sows. In: Amino acids in animal nutrition. **Wallingford UK: CABI Publishing**, p. 203-222, 2003.

KIM, S. W.; EASTER, R. A. Nutrient mobilization from body tissues as influenced by litter size in lactating sows. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 8, p. 2179-2186, 2001.

KIM, S. W.; EASTER, R. A.; HURLEY, W. L. The regression of unsuckled mammary glands during lactation in sows: the influence of lactation stage, dietary nutrients, and litter size. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 10, p. 2659-2668, 2001.

KIM, S. W.; WU, G. Regulatory role for amino acids in mammary gland growth and milk synthesis. **Amino acids**, 37: 89-95, 2009.

KING, R. H. Factors that influence milk production in well-fed sows. **Journal of Animal Science**, v. 78, n. suppl_3, p. 19-25, 2000.

KNAP, P. W., *et al.* Genetic and phenotypic time trends of litter size, piglet mortality, and birth weight in pigs. **Frontiers in Animal Science**, 4: 1218175, 2023.

KOKETSU, Y., *et al.* Characterization of feed intake patterns during lactation in commercial swine herds. **Journal of Animal Science**, 74.6: 1202-1210, 1996.

LANGENDIJK, P.; PLUSH, K. Parturition and its relationship with stillbirths and asphyxiated piglets. **Animals**, v. 9, n. 11, p. 885, 2019.

LASPIUR, J. P. *et al.* Amino acid transporters in porcine mammary gland during lactation. **Journal of Dairy Science**, v. 87, n. 10, p. 3235-3237, 2004.

LAVERY, Anna *et al.* An association analysis of sow parity, live-weight and back-fat depth as indicators of sow productivity. **Animal**, v. 13, n. 3, p. 622-630, 2019.

LAWS, J., *et al.* Supplementation of sow diets with oil during gestation: Sow body condition, milk yield and milk composition. **Livestock Science**, 123.1: 88-96, 2009.

LE BELLEGO, L.; NOBLET, Jean. Performance and utilization of dietary energy and amino acids in piglets fed low protein diets. **Livestock Production Science**, v. 76, n. 1-2, p. 45-58, 2002.

LE COZLER, Yannick *et al.* Effect of the feeding level during rearing on performance of Large White gilts. Part 1: Growth, reproductive performance and feed intake during the first lactation. **Reproduction Nutrition Development**, v. 38, n. 4, p. 363-375, 1998.

LE FLOC'H., *et al.* The relevance of functional amino acids to support the health of growing pigs. **Livestock Production Science**, v.245, p.104-116, 2018.

LEE, S.-H., *et al.* Dietary Conjugated Linoleic Acid (CLA) increases milk yield without losing body weight in lactating sows. **Journal of Animal Science and Technology**, 56.1: 11, 2014.

LIANG, M., *et al.* l-Arginine induces antioxidant response to prevent oxidative stress via stimulation of glutathione synthesis and activation of Nrf2 pathway. **Food and chemical toxicology** 115: 315-328, 2018.

LIN, G., *et al.* Improving amino acid nutrition to prevent intrauterine growth restriction in mammals. **Amino acids**, 46 :1605-1623, 2014.

MANJARIN, R. *et al.* Transcript abundance of amino acid transporters, β -casein, and α -lactalbumin in mammary tissue of periparturient, lactating, and postweaned sows. **Journal of Animal Science**, v. 94, n. 7, p. 3467-3476, 2011.

MANJARIN, R. *et al.* Linking our understanding of mammary gland metabolism to amino acid nutrition. **Amino acids**, v. 46, p. 2447-2462, 2014.

MANSO FILHO, H. C. *et al.* Changes in glutamine metabolism indicate a mild catabolic state in the transition mare. **Journal of animal science**, v. 86, n. 12, p. 3424-3431, 2008.

MANSO, H. E. C. *et al.* Glutamine and glutamate supplementation raise milk glutamine concentrations in lactating gilts. **Journal of animal science and biotechnology**, v. 3, p. 1-7, 2012.

MARCHANT-FORDE, J. N. Social behavior in swine and its impact on welfare. **IPVS 2010**, v. 9, p. 36, 2010.

MASELYNE, J., SAEYS, W., Van, N.A. Review: quantifying animal feeding behaviour with a focus on pigs. **Physiol. Behav.** 138, 37–51., 2015.

MASKAL, J., *et al.* Evaluation of floor cooling on lactating sows under mild and moderate heat stress. **The Professional Animal Scientist** 34.1: 84-94, 2018.

MATTHEWS, S. G. *et al.* Early detection of health and welfare compromises through automated detection of behavioural changes in pigs. **The Veterinary Journal**, v. 217, p. 43-51, 2016.

MCPHERSON, R. L. *et al.* Growth and compositional changes of fetal tissues in pigs. **Journal of Animal Science**, v. 82, n. 9, p. 2534-2540, 2004.

MEININGER, C, J.; WU, G. [24] Regulation of endothelial cell proliferation by nitric oxide. 2002.

MILLER, A. L., *et al.* How many pigs within a group need to be sick to lead to a diagnostic change in the group's behavior?. **Journal of Animal Science**, 97.5: 1956-1966, 2019.

MOSER, S. A. *et al.* The effects of branched-chain amino acids on sow and litter performance. **Journal of Animal Science**, v. 78, n. 3, p. 658-667, 2000.

MULLAN, B. P.; WILLIAMS, I. H. The chemical composition of sows during their first lactation. **Animal Science**, v. 51, n. 2, p. 375-387, 1990.

MUN, H.-S., *et al.* Backfat Thickness at Pre-Farrowing: Indicators of Sow Reproductive Performance, Milk Yield, and Piglet Birth Weight in Smart Farm-Based Systems. **Agriculture**, 14.1: 24, 2023.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) 2012. Nutrient requirements of swine, 11th revised edition. **National Academy Press**, Washington, DC, USA.

NIEMI, J. K., *et al.* Modeling the costs of postpartum dysgalactia syndrome and locomotory disorders on sow productivity and replacement. **Frontiers in veterinary science** 4:181, 2017.

NGO, T. T. *et al.* Influence du rang de portée et du nombre de porcelets allaités sur la production laitière des truies. 44èmes Journées de la Recherche Porcine. 44. **Journées de la Recherche Porcine**, 2012-02-07-2012-02-08, 195-196, 2012.

NICHOLS, G. E., Gourley, K. M., DeRouchey, J. M., Woodworth, J. C., Tokach, M. D., Dritz, S. S., ... & Frobose, H. L. Validation of individual computerized sow feeding systems in lactation. **Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports**, 3(7), 6, 2017.

NIELSEN, S. E., *et al.* Intravenous infusion of glucose improved farrowing performance of hyperprolific crossbred sows. **Journal of Animal Science**, 99.5: skab061, 2021.

- NIEMI, J. K. *et al.* The value of precision feeding technologies for grow–finish swine. **Livestock science**, v. 129, n. 1-3, p. 13-23, 2010.
- NIENABER, J. A. *et al.* Group feeding behavior of swine. **Transactions of the ASAE**, v. 34, n. 1, p. 289-0294, 1991.
- NIENABER, J. A. *et al.* Feeding patterns and swine performance in hot environments. **Transactions of the ASAE**, v. 39, n. 1, p. 195-202, 1996.
- NOBLET, J. *et al.* Prediction of net energy value of feeds for growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 2, p. 344-354, 1994.
- NOBLET, J.; ETIENNE, M. Metabolic utilization of energy and maintenance requirements in lactating sows. **Journal of Animal Science**, 64.3: 774-781, 1987.
- NUNTAPAITOON, M., *et al.* Impact of sow parity on yield and composition of colostrum and milk in Danish Landrace× Yorkshire crossbred sows. **Preventive Veterinary Medicine**, 181: 105085, 2020.
- OBERMIER, D. R., *et al.* The Impact of Functional Teat Number on Piglet Survival and Sow Efficiency." **Journal of Animal Science**. Suppl 1, 2021.
- OGUNDARE, W., *et al.* Cooling lactating sows exposed to early summer heat wave alters circadian patterns of behavior and rhythms of respiration, rectal temperature, and saliva melatonin. **Plos one**, 19.10: e0310787, 2024.
- OELKE, C. A. *et al.* Níveis de lisina digestível em dietas para fêmeas suínas primíparas em lactação. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 30, n. 3, p. 299-306, 2008.
- OLIVIERO, C. Offspring of hyper prolific sows: Immunity, birthweight, and heterogeneous litters. **Molecular Reproduction and Development**, 90.7: 580-584, 2023.
- OLIVIERO, C., *et al.* The challenge of large litters on the immune system of the sow and the piglets. **Reproduction in Domestic Animals**, 54, 12-21, 2019.
- O'QUINN, P. R.; KNABE, D. A.; WU, Guoyao. Arginine catabolism in lactating porcine mammary tissue. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 2, p. 467-474, 2002.
- PATTERSON, J. L. *et al.* Restricted feed intake in lactating primiparous sows. I. Effects on sow metabolic state and subsequent reproductive performance. **Reproduction, fertility and development**, v. 23, n. 7, p. 889-898, 2011.
- PEDERSEN, T. F., *et al.* A two-diet feeding regime for lactating sows reduced nutrient deficiency in early lactation and improved milk yield. **Livestock Science**, 191: 165-173, 2016.
- PEDERSEN, T. F., *et al.* Effect of dietary protein intake on energy utilization and feed efficiency of lactating sows. **Journal of Animal Science**, 97.2: 779-793, 2019.
- PÈRE, M.-C.; ETIENNE, M. Insulin sensitivity during pregnancy, lactation, and postweaning in primiparous gilts. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 1, p. 101-110, 2007.

POLETTTO, R.; KRETZER, F. C.; HÖTZEL, M. J. Minimizing aggression during mixing of gestating sows with supplementation of a tryptophan-enriched diet. **Physiology & Behavior**, v. 132, p. 36-43, 2014.

POMAR, C.; VAN MILGEN, J.; REMUS, A. 18: Precision livestock feeding, principle and practice. In: **Poultry and pig nutrition: Challenges of the 21st century**. Wageningen Academic Publishers p. 89-95, 2019.

POULOPOULOU, I. *et al.* Does feeding frequency during lactation affect sows' body condition, reproduction and production performance?. **Animal Science Journal**, v. 89, n. 11, p. 1591-1598, 2018.

QUINIOU, N.; DUBOIS, S.; NOBLET, J. Voluntary feed intake and feeding behaviour of group-housed growing pigs are affected by ambient temperature and body weight. **Livestock Production Science**, v. 63, n. 3, p. 245-253, 2000.

REMUS, A., *et al.* Feeding behavior of growing and finishing pigs fed different dietary threonine levels in a group-phase feeding and individual precision feeding system. **Translational Animal Science**, 4.4: txaa177, 2020.

RENAUDEAU, D. *et al.* Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. **Animal**, v. 6, n. 5, p. 707-728, 2012.

RENAUDEAU, D. *et al.* Effects of high ambient temperature and dietary protein level on feeding behavior of multiparous lactating sows. **Animal Research**, v. 51, n. 3, p. 227-243, 2002b.

RENAUDEAU, D.; ANAÍS, C.; NOBLET, J. Effects of dietary fiber on performance of multiparous lactating sows in a tropical climate. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 3, p. 717-725, 2003.

RENAUDEAU, D., *et al.* Feeding behaviour of lactating sows under hot conditions. 2005.

RENAUDEAU, D.; QUINIOU, N.; NOBLET, J. Effects of exposure to high ambient temperature and dietary protein level on performance of multiparous lactating sows. **Journal of Animal Science**, 79.5: 1240-1249, 2001.

REYER, H., *et al.* Exploring the genetics of feed efficiency and feeding behaviour traits in a pig line highly selected for performance characteristics. **Molecular Genetics and Genomics**, 292: 1001-1011, 2017.

REZAEI, R., *et al.* Amino acids and mammary gland development: nutritional implications for milk production and neonatal growth. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, 7.1: 1-22, 2016.

REZAEI, R.; GABRIEL, A. S.; WU, G. Dietary supplementation with branched-chain amino acids enhances milk production by lactating sows and the growth of suckling piglets. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, 13.1: 1-14, 2022.

RIBEIRO, B. P. V. B., *et al.* Heat negatively affects lactating swine: A meta-analysis. **Journal of Thermal Biology**, 74: 325-330, 2018.

RICHERT, B. T. *et al.* Valine requirement of the high-producing lactating sow. **Journal of Animal Science**, v. 74, n. 6, p. 1307-1313, 1997.

RODRÍGUEZ, M. *et al.* Feed intake patterns of modern genetics lactating sows: characterization and effect of the reproductive parameters. **Porcine Health Management**, v. 9, n. 1, p. 6, 2023.

ROONGSITTHICHA, A.; TUMMARUK, P. Importance of backfat thickness to reproductive performance in female pigs. **The Thai Journal of Veterinary Medicine**, 44.2: 171-178, 2014.

ROSE, D. S., *et al.* Essential fatty acid supplementation during lactation is required to maximize the subsequent reproductive performance of the modern sow. **Animal Reproduction Science**, 168: 151-163, 2016a.

ROSTAGNO, H. S. *et al.* Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais, v. 5, 2024.

SADEGHI, E., *et al.* Improving piglets health and well-being: A review of piglets health indicators and related sensing technologies. **Smart Agricultural Technology**, 5: 100246, 2023.

SAJEEV, E. P. M. *et al.* Evaluating the potential of dietary crude protein manipulation in reducing ammonia emissions from cattle and pig manure: A meta-analysis. **Nutrient cycling in agroecosystems**, v. 110, p. 161-175, 2018.

SAMBERG, L. H. *et al.* Subnational distribution of average farm size and smallholder contributions to global food production. **Environmental Research Letters**, v. 11, n. 12, p. 124010, 2016.

SÁNCHEZ-MARTÍN, L. *et al.* Nitrogen soil emissions and belowground plant processes in Mediterranean annual pastures are altered by ozone exposure and N-inputs. **Atmospheric Environment**, v. 165, p. 12-22, 2017.

SCHADER, C. *et al.* Impacts of feeding less food-competing feedstuffs to livestock on global food system sustainability. **Journal of the Royal Society Interface**, v. 12, n. 113, p. 20150891, 2015.

SCHENKEL, A. C., *et al.* Body reserve mobilization during lactation in first parity sows and its effect on second litter size. **Livestock science**, 132.1-3: 165-172, 2010.

SCHOOS, A., *et al.* Relationship between piglets' survivability and farrowing kinetics in hyper-prolific sows. **Porcine Health Management**, 9.1: 37, 2023.

SEGURA, M., *et al.* Effect of parity on reproductive performance and composition of sow colostrum during first 24 h postpartum. **Animals**, 10.10: 1853, 2020.

SILVA, B. A. N. *et al.* Redução de proteína bruta com suplementação de aminoácidos sintéticos em ração para porcas em lactação. **Revista Eletrônica Nutritime**, 1.1: 44-47, 2004.

SILVA, B. A. N., *et al.* Effects of dietary protein level and amino acid supplementation on performance of mixed-parity lactating sows in a tropical humid climate. **Journal of Animal Science**, 87.12: 4003-4012, 2009.

SILVA, B. A. N., *et al.* Feed flavour supplementation improves kinetics of intake and feeding behaviour pattern of lactating sows in a tropical climate. **Livestock Science**, 250: 104559, 2021.

SOLÀ-ORIOL, D.; GASA, J. Feeding strategies in pig production: Sows and their piglets. **Animal Feed Science and Technology**, 233: 34-52, 2017.

STINN, J. P.; XIN, H. Heat and moisture production rates of a modern US swine breeding, gestation, and farrowing facility. **Transactions of the ASABE**, v. 57, n. 5, p. 1517-1528, 2014.

STRATHE, A. V. *et al.* Increased dietary protein for lactating sows affects body composition, blood metabolites and milk production. **Animal**, v. 14, n. 2, p. 285-294, 2020.

STRATHE, A. V. Milk production, body mobilization and plasma metabolites un hyper-prolific sows-Effect of dietary valine and protein. **PhD Diss. Denmark: Copenhagen University**, 2017a.

STRATHE, A. V., *et al.* The effect of increasing the dietary valine-to-lysine ratio on sow metabolism, milk production, and litter growth. **Journal of Animal Science**, 94.1: 155-164, 2016.

STRATHE, A. V.; BRUUN, T. S.; HANSEN, C. F. Sows with high milk production had both a high feed intake and high body mobilization. **Animal**, v. 11, n. 11, p. 1913-1921, 2017b.

STRATHE, A. V., *et al.* Increased dietary protein levels during lactation improved sow and litter performance. **Animal Feed Science and Technology**, 232: 169-181, 2017c.

TABELING, R.; SCHWIER, S.; KAMPHUES, J. Effects of different feeding and housing conditions on dry matter content and consistency of faeces in sows. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 87, n. 3-4, p. 116-121, 2003.

TAJUDEEN, H., *et al.* Effects of various cooling methods and drinking water temperatures on reproductive performance and behavior in heat stressed sows. **Journal of Animal Science and Technology**, 64.4: 782, 2022.

THEIL, P. K., *et al.* Energy and protein metabolism in pregnant sows fed two levels of dietary protein. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 86, n. 11-12, p. 399-413, 2002.

THEIL, P. K. *et al.* Lactation, milk and suckling. Nutritional physiology of pigs. **Danish Pig Research Centre**, Copenhagen, Denmark, p. 1-47, 2012.

THEIL, P. K. *et al.* Neonatal piglet survival: impact of sow nutrition around parturition on fetal glycogen deposition and production and composition of colostrum and transient milk. **Animal**, 8.7: 1021-1030, 2014.

THEIL, P. K. Transition feeding of sows. In: The gestating and lactating sow. **Wageningen Academic Publishers**, p. 415-424, 2015.

THEIL, P.K.; HURLEY, W. L. The protein component of sow colostrum and milk —From Structure to Biological Properties and Health Aspects. **Intech Open**, p. 183-198, 2016.

THEIL, P. K.; FARMER, C.; FEYERA, T. Physiology and nutrition of late gestating and transition sows. **Journal of Animal Science**, 100.6: skac176, 2022.

THEIL, P.K. *et al.* Feeding the modern sow to sustain high productivity. **Molecular Reproduction and Development**, v. 90, n. 7, p. 517-532, 2023.

THOMAS, L. L. *et al.* Effect of parity and stage of gestation on growth and feed efficiency of gestating sows. **Journal of Animal Science**, v. 96, n. 10, p. 4327–4338, 2018.

THONGKHUY, S., *et al.* Effect of backfat thickness during late gestation on farrowing duration, piglet birth weight, colostrum yield, milk yield and reproductive performance of sows. **Livestock Science**, 234: 103983, 2020.

TOKACH, M. D. *et al.* Nutrient requirements of the modern high-producing lactating sow, with an emphasis on amino acid requirements. **Animal**, v. 13, n. 12, p. 2967-2977, 2019.

TOR, M., *et al.* Circulating non-esterified fatty acids as biomarkers for fat content and composition in pigs. **Animals**, 11.2: 386, 2021.

TROTTIER, N. L.; JOHNSTON, L. J.; DE LANGE, C. F. M. Applied amino acid and energy feeding of sows. In: The gestating and lactating sow. **Wageningen Academic Publishers**, p. 99-106, 2015.

TROTTIER, N. L.; SHIPLEY, C. F.; EASTER, R. A. Plasma amino acid uptake by the mammary gland of the lactating sow. **Journal of Animal Science**, v. 75, n. 5, p. 1266-1278, 1997.

UWIZEYE, A. *et al.* A comprehensive framework to assess the sustainability of nutrient use in global livestock supply chains. **Journal of cleaner production**, v. 129, p. 647-658, 2016.

VADMAND, C. N., *et al.* Impact of sow and litter characteristics on colostrum yield, time for onset of lactation, and milk yield of sows. **Journal of Animal Science**, 93.5: 2488-2500, 2015.

VALLET, J. L.; MILES, J. R.; REMPEL, L. A. Effect of creatine supplementation during the last week of gestation on birth intervals, stillbirth, and preweaning mortality in pigs. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 5, p. 2122-2132, 2013.

VICENTE, J. G., *et al.* Fatty acid profile of the sow diet alters fat metabolism and fatty acid composition in weanling pigs. **Animal Feed Science and Technology**, 181.1-4: 45-53, 2013.

VIRDIS, S., Luise, D., Bosi, P., & Trevisi, P. A meta-analytical approach for evaluating the effect of arginine supplementation on the productive performance of sows during gestation. **Animal Feed Science and Technology**, 115807, 2023.

WANG, L. *et al.* A systematic review and meta-analysis of dietary fat effects on reproductive performance of sows and growth performance of piglets. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 13, n. 1, p. 12, 2022.

WEI, H., *et al.* Different dietary methionine to lysine ratios in the lactation diet: effects on the performance of sows and their offspring and methionine metabolism in lactating sows. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, 10: 1-11, 2019.

WELDON, W. C. *et al.* Postpartum hypophagia in primiparous sows: I. Effects of gestation feeding level on feed intake, feeding behavior, and plasma metabolite concentrations during lactation. **Journal of animal science**, v. 72, n. 2, p. 387-394, 1994.

WESSELS, A.G.; SIMONGIOVANNI, A.; ZENTEK, J. Impact of dietary supplementation of L-Arginine, L-Glutamine, and the combination of both on nursing performance of multiparous sows. **Translational Animal Science**, 7.1: txac169, 2023.

WHITTEMORE, C. T.; MORGAN, C. A. Model components for the determination of energy and protein requirements for breeding sows: a review. **Livestock Production Science**, v. 26, n. 1, p. 1-37, 1990.

WHITTEMORE, C. T.; KYRIAZAKIS, Ilias. Whittemore's science and practice of pig production. **Wiley-Blackwell**, 2008.

WILLIAMS, A. M. *et al.* Effects of a controlled heat stress during late gestation, lactation, and after weaning on thermoregulation, metabolism, and reproduction of primiparous sows. **Journal of animal science**, v. 91, n. 6, p. 2700-2714, 2013.

WONGWAIPISITKUL, N., *et al.* Factors associated with farrowing assistance in hyperprolific sows. **Animal Bioscience**, 37.1: 39, 2024.

WU, G.; KNABE, Darrell A. Free and protein-bound amino acids in sow's colostrum and milk. **The Journal of nutrition**, v. 124, n. 3, p. 415-424, 1994.

WU, G. Y. *et al.* Recent advances in swine amino acid nutrition. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 1, n. 2, p. 118-130, 2010.

WU, G. Functional amino acids in growth, reproduction, and health. **Advances in nutrition**, v. 1, n. 1, p. 31-37, 2010.

WU, G. *et al.* Board-invited review: Arginine nutrition and metabolism in growing, gestating, and lactating swine. **Journal of animal science**, v. 96, n. 12, p. 5035-5051, 2018.

WU, G. Amino acids: biochemistry and nutrition. **CRC press**, 2021.

WU, W. Z., *et al.* Differential composition of proteomes in sow colostrum and milk from anterior and posterior mammary glands. **Journal of Animal Science**, 88.8: 2657-2664, 2010.

WU, G, *et al.* Triennial Growth Symposium: important roles for L-glutamine in swine nutrition and production. **Journal of animal science**, v. 89, n. 7, p. 2017-2030, 2011.

XU, Y., *et al.* Effects of the standardized ileal digestible valine: lysine ratio on performance, milk composition and plasma indices of lactating sows. **Animal Science Journal**, 88.8: 1082-1092, 2017.

XUE, L. *et al.* The effect of the ratio of standardized ileal digestible lysine to metabolizable energy on growth performance, blood metabolites and hormones of lactating sows. **Journal of animal science and biotechnology**, v. 3, n. 1, p. 1-12, 2012.

YAGÜE, A, P. Nutrition of hyperprolific sows: Use of hyperprolific sows and implications. **Novus International**, Inc, cap.01, p. 11-38, 2019.

YE, H., *et al.* Protein digestion kinetics influence maternal protein loss, litter growth, and nitrogen utilization in lactating sows. **Frontiers in Nutrition**, 9: 862823, 2022.

ZHANG, J. *et al.* Regulation of protein synthesis in porcine mammary epithelial cells by L-valine. **Amino Acids**, v. 51, p. 717-726, 2019b.

ZHANG, S., *et al.* Recent progress of porcine milk components and mammary gland function. **Journal of Animal Acience and Biotechnology**, 9: 1-13. 2018b.

ZHANG, S., *et al.* Role of maternal dietary protein and amino acids on fetal programming, early neonatal development, and lactation in swine. **Animals**, 9.1: 19, 2019b.

ZHANG, S., *et al.* Reduced protein diet with near ideal amino acid profile improves energy efficiency and mitigate heat production associated with lactation in sows. **Journal of animal science and biotechnology** 11: 1-16, 2020b.

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

ARTIGO 1 - AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DE UM SISTEMA ELETRÔNICO DE ALIMENTAÇÃO E DO USO DE BALANÇA DE PRECISÃO PARA FÊMEAS SUÍNAS DE ALTA PRODUÇÃO EM LACTAÇÃO

Artigo elaborado segundo as normas da UFLA

(Versão preliminar)

Joana Barreto¹, Rennan Herculano Rufino Moreira², Rafael Almeida Soares³, Bruno Alexander Nunes Silva⁴, Márvio Lobão Teixeira de Abreu¹

¹Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil.

²Departamento de Ciências Animais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, Brasil.

³Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional e Sistemas da Universidade Estadual de Montes Claros, Montes Claros, MG, Brasil.

⁴Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, MG, Brasil.

RESUMO

A lactação impõe alta demanda metabólica às fêmeas suínas, especialmente sob condições de clima tropical, exigindo adaptações fisiológicas que influenciam seu desempenho produtivo. Este estudo teve como objetivo comparar o desempenho de fêmeas suínas jovens e adultas durante a lactação e propor um modelo para estimativa dos pesos da matriz e dos leitões. Foram utilizadas 20 matrizes da mesma linhagem genética divididas em duas categorias: jovens (n=10; OP1) e adultas (n=10; OP 3 e 4). As fêmeas foram alojadas aos 110 dias de gestação em gaiolas de maternidade equipadas com um alimentador inteligente automatizado e balanças de precisão. Variáveis climáticas, parâmetros fisiológicos e bioquímicos do sangue e a espessura de toucinho foram monitorados ao longo da lactação. As amostras de leite foram analisadas para perfil de aminoácidos, e o peso das fêmeas e dos leitões registrado utilizando um sistema de pesagem automatizado. O banco de dados dos pesos foi processado por um modelo estruturado e programado para estimar o peso da matriz e sua leitegada. O desempenho foi avaliado em relação ao consumo de ração, perda de peso das fêmeas e crescimento dos leitões. As variáveis bioquímicas avaliadas foram influenciadas pela idade das fêmeas e pelas semanas de lactação. O perfil de aminoácidos do leite foi semelhante entre as categorias, com diferenças significativas entre as concentrações durante a lactação. As fêmeas jovens perderam, em média, 11,9% do seu peso pós-parto, enquanto as adultas perderam 10,2%, sem diferença significativa. O consumo de ração não foi influenciado pela idade ou pela semana de lactação. A espessura de toucinho foi menor nas fêmeas jovens e reduziu ao longo das semanas. O peso dos leitões ao desmame tendeu a ser maior nas fêmeas adultas. O uso de água aumentou ao longo da lactação e foi maior para fêmeas adultas. A temperatura retal foi superior nas fêmeas jovens, enquanto a frequência respiratória não foi afetada pela idade ou semana de lactação. O uso de balança de precisão aliado ao desenvolvimento de um modelo para estimar os pesos demonstrou ser uma ferramenta promissora. Fêmeas multíparas apresentaram tendência a um melhor desempenho produtivo.

Palavras-chave: balança de precisão, desempenho, fêmea suína, lactação, peso

ABSTRACT

The lactation imposes a high metabolic demand on sows, especially under tropical climate conditions, requiring physiological adaptations that influence their productive performance. This study aimed to compare the performance of young and adult sows during lactation and to propose a model for estimating sow and piglet weights. A total of 20 sows of the same genetic lineage were used, divided into two categories: young (n=10; parity 1) and adult (n=10; parities 3 and 4). The sows were housed at 110 days of gestation in farrowing crates equipped with an automated intelligent feeder and precision scales. Climatic variables, physiological and blood biochemical parameters, and backfat thickness were monitored throughout lactation. Milk samples were analyzed for amino acid profiles, and the weights of the sows and piglets were recorded using an automated scale system. The weight data were processed using a structured model designed to estimate sow and litter weight. Performance was evaluated based on feed intake, sow weight loss, and piglet growth. The biochemical variables evaluated were influenced by the age of the females and the weeks of lactation. The amino acid profile of milk was similar between groups, with significant differences in concentrations throughout lactation. Young sows lost an average of 11.9% of their postpartum weight, while adult sows lost 10.2%, with no significant difference. Feed intake was not influenced by sow age or lactation week. Backfat thickness was lower in young sows and decreased throughout the lactation period. Piglet weaning weight tended to be higher in adult sows. Water intake increased during lactation and was higher in adult sows. Rectal temperature was higher in young sows, while respiratory rate was not affected by age or lactation week. The use of precision scales, combined with the development of a weight estimation model, proved to be a promising tool. Multiparous sows showed a trend toward better productive performance.

Key words: lactation, performance, precision scale, sows, weight.

1. INTRODUÇÃO

As fêmeas suínas passaram por um intenso processo de seleção genética nos últimos anos, atingindo índices expressivos de produção. As linhagens maternas atuais ou hiperprolíficas são consideradas aquelas fêmeas que parem um número de leitões superior ao número de tetos funcionais na glândula mamária (Obermier *et al.*, 2021). Além da hiperprolificidade alcançada, houve um avanço importante na produtividade, destacada pelos índices conquistados nos últimos anos.

As melhorias que foram observadas ao longo dos anos no desempenho reprodutivo e produtivo impactaram as demandas metabólicas e nutricionais das fêmeas modernas em comparação às matrizes de décadas anteriores. As fêmeas atuais possuem maiores taxas de crescimento e menor quantidade de tecido adiposo (Kim *et al.*, 2015; Thomas *et al.*, 2018). Tais alterações são responsáveis por mudanças nas necessidades de nutrientes durante as fases de gestação e lactação para suprir eventos importantes como crescimento fetal, desenvolvimento da glândula mamária, produção de colostro e leite (Tokach *et al.*, 2019).

A fisiologia e o metabolismo da fêmea suína durante o período de lactação são marcados por complexas adaptações, priorizando a produção de leite para sustentar uma leitegada numerosa e de rápido crescimento (Costermans *et al.*, 2020). Contudo, o consumo voluntário de ração e o manejo alimentar das fêmeas lactantes são considerados um dos principais desafios na nutrição. Nesta fase, a prioridade da fêmea é atender a produção de leite para sustentar uma leitegada numerosa e de rápido crescimento. No entanto, o consumo de ração se torna limitante para satisfazer essa demanda (Tokach *et al.*, 2019). Fêmeas primíparas e de segundo parto consomem aproximadamente 15 a 20 % menos ração quando comparadas às múltíparas (Theil *et al.*, 2012). Esse padrão observado se justifica pelo aumento das necessidades de energia para manutenção em função do maior peso corporal com o avançar da idade do animal.

Além disso, a redução do consumo é uma resposta fisiológica e comportamental das fêmeas ao estresse por calor (Silva *et al.*, 2021), logo, as condições de clima tropical podem acentuar o desafio relacionado ao ambiente. Em conjunto, esses fatores dificultam o atendimento das exigências nutricionais das matrizes via dieta, tornando-as mais susceptíveis ao catabolismo excessivo, redução do desempenho e descarte precoce. Ainda, o estresse por calor também pode alterar o comportamento e bem-estar das fêmeas, incluindo a redução no número e na duração das mamadas, alteração na postura e aumento da mortalidade dos leitões devido ao esmagamento (De Oliveira Junior *et al.*, 2011).

O uso de uma plataforma corporal capaz de pesar em tempo real a fêmea lactante e sua leitegada pode indicar, pelas variações de peso registradas, alterações comportamentais associadas a maior movimentação pré e pós-parto da fêmea, ao estado de saúde, a manejos e condições ambientais, frequência das mamadas ao longo do dia pelos leitões, além de um banco de dados robusto para a determinação do desempenho de ambas as categorias. A partir desses registros, o desenvolvimento de um sistema capaz de estimar ao longo do tempo a perda de peso da fêmea e o crescimento dos leitões contribuirá com as rotinas de manejo, reduzindo a necessidade de retirada e movimentações dos animais para realizar a pesagem e possibilitará o acompanhamento do desempenho dos animais ao longo da lactação.

Posteriormente, o desenvolvimento de ferramentas como essa poderá ser utilizada para prever o comportamento dos pesos através de um banco de dados mais robusto, composto por informações referente ao desempenho de cada categoria animal através de tecnologias como, a integração de sistemas de alimentação automatizado e balança de precisão. O modelo poderá ser submetido a uma técnica de treinamento onde, ao ser alimentado com informações iniciais, prevê o comportamento dos pesos ao longo de um tempo determinado. Essa abordagem prática possibilitará a estimativa de pesos frente às estratégias de manejos nutricionais e seus impactos econômicos, por exemplo, e poderá auxiliar a seleção de animais dentro do sistema.

Sendo assim, o objetivo desse estudo foi avaliar e validar o uso de balança de precisão para fêmeas suínas de diferentes ordens de parto na fase de lactação através do desempenho das fêmeas e sua leitegada e propor um modelo para estimativa dos pesos da matriz e dos leitões.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Comitê de Ética no Uso de Animais

Todos os métodos envolvendo o manejo animal foram realizados de acordo com as normas aprovadas pelo Comitê Institucional de Bem-Estar e Ética/Proteção Animal da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG – CEUA), registrado sob o protocolo nº 131/2021.

2.2 Animais e instalações

Um total de 20 matrizes de alta prolificidade (TN70[®] Topigs Norsvin) e diferentes ordens de parto (n=10 jovens OP1; n=10 adultas OP3 e 4), provenientes de 6 lotes sucessivos, foram utilizadas no estudo durante a fase de lactação conduzido na instalação de maternidade do Setor de Suinocultura do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (ICA/UFMG) no período de junho de 2021 a janeiro de 2022. De acordo com o método de classificação de Köppen (1948), o clima da região é considerado Cwa (quente, temperado, chuvoso, com invernos secos e verões quentes).

Aos 110 de gestação, as matrizes foram transferidas para a instalação de maternidade e alojadas em baias individuais (2,1 × 2,2 m) com piso de metal, equipadas com um alimentador inteligente automatizado (AIA; Gestal Quattro Opti – Jyga Technologies, Canada) e células de carga adaptadas sob o piso da fêmea (Intergado, Betim, Minas Gerais, Brasil). Cada baia era equipada com um hidrômetro padrão permitindo livre acesso a água, fornecida para as matrizes através de bebedouros do tipo concha. A água de bebida disponibilizada passava por um processo de resfriamento adotado na instalação, permitindo uma temperatura média da água fornecida de 17,5°C.

Além disso, cada baia era composta por um escamoteador equipado com luz infravermelha para fornecer calor suplementar aos leitões durante o período de lactação. Os leitões tinham livre acesso a água através de bebedouros do tipo concha e não foi fornecido nenhum tipo de alimentação suplementar durante o período de lactação. A equalização das leitegadas, quando necessária, foi realizada em até 48 horas para padronizar o número de leitões por fêmea. Os animais do setor possuem um estado sanitário padrão, seguindo um programa regular de vacinação para todos os animais, em suas respectivas fases.

2.3 Dietas e manejo alimentar

A dieta foi formulada a base de milho e farelo de soja, suplementadas com aminoácidos industriais, óleo de soja, vitaminas e minerais. Além disso, foram utilizados aditivos palatilizante e adsorvente. A formulação da dieta foi baseada no manual da linhagem (TN70[®] Topigs Norsvin) para atender as exigências nutricionais das fêmeas (Tabela 1). As matrizes foram alimentadas *ad libitum* de acordo com a curva de alimentação definida, baseado no histórico de consumo do setor durante o período de lactação (entre os dias 1 e 21 pós-parto).

O manejo alimentar das fêmeas foi realizado através do alimentador inteligente automatizado, projetado para alimentação individual de matrizes suínas na maternidade com dois compartimentos distintos, cada um com capacidade máxima de aproximadamente 9 kg de ração farelada. Cada vez que o sensor no comedouro foi acionado pelo animal, foram disponibilizados aproximadamente 0,250 kg de ração. O sensor poderia ser ativado a cada 5 minutos para evitar desperdício. Para estimular o consumo e a movimentação das matrizes, um estímulo foi programado e acionado automaticamente a cada duas horas, disponibilizando 0,030 kg de ração. Testes no sistema de fornecimento de ração foram realizados e recalibrados entre cada lote. Os dados foram continuamente registrados e armazenados em um servidor a cada 15 minutos (Figura 1).

Diariamente, as recusas matinais que estavam fermentadas eram manualmente recolhidas e pesadas no mesmo horário (entre 11h e 11h30) e o consumo de ração diário determinado pela diferença da oferta e recusa de ração da manhã seguinte. O uso de água foi registrado todos os dias no mesmo horário através da leitura dos hidrômetros individuais, localizados em cada baia. No dia anterior ao desmame, as matrizes receberam alimentação restrita (5 kg) para padronizar o consumo, antes da pesagem ao desmame.

A cada batida de ração uma amostra da dieta foi armazenada para análises bromatológicas. Cada lote de ingredientes foi analisado para os teores de matéria seca, energia, proteína bruta e aminoácidos. Foram analisados os teores de matéria seca (Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal. Métodos Analíticos. 2017), energia (bomba calorimétrica), fósforo (AOAC Official Method 965.17. 2019) e proteína bruta pelo método Dumas (AOAC 968.06. 2007). O conteúdo de aminoácidos foi analisado pela técnica de cromatografia de troca iônica, exceto para triptofano, que foi analisado por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) e fluorimetria (Waters 600E, St. Quentin en Yvelines, França).

2.4 Coleta de dados e procedimento amostral

2.4.1 Variáveis climáticas fisiológicas

As variações da temperatura ambiente, umidade relativa do ar (UR) e o fotoperíodo foram semelhantes às condições externas. A temperatura ambiente e a UR foram continuamente registradas (uma medição a cada 10 minutos) na instalação de maternidade, através de um *datalogger* conectado a uma sonda (Didai Tecnologia Ltda., Campinas, Brasil), posicionado a um metro acima do piso. Com base nessas informações foram obtidas as médias das variáveis climáticas para cada lote.

A temperatura retal e a frequência respiratória de todas as matrizes foram mensuradas duas vezes por semana, ao longo do dia, em três horários distintos (7h, 14h e 18h). A temperatura retal foi mensurada com um termômetro automático inserido no reto do animal, de modo que a superfície de aferição tocasse a mucosa. A frequência respiratória (respirações/minuto) foi obtida pela contagem dos movimentos do flanco durante 15 segundos e multiplicando o valor por quatro conforme descrito por (Kpodo *et al.*, 2019).

2.4.2 Variáveis bioquímicas do sangue

O sangue foi colhido de todas as matrizes nos dias 7, 14 e 21 de lactação para determinação da proteína total (PT), albumina (ALB), fosfatase alcalina (FA), aspartato aminotransferase (AST), alanina aminotransferase (ALT), gama glutamil transferase (GGT), creatinina, colesterol e os minerais cálcio (Ca) e fósforo (P). Após a contenção do animal, foi retirado uma quantidade aproximada de 20 mL da veia jugular com o auxílio de um cateter (14G/45mm) acoplado a seringa estéril de 20 mL. O sangue foi depositado em tubos vácuo de 5 ml com ativador de coagulação para obtenção do soro. As amostras foram mantidas sob refrigeração por quatro horas e, em seguida, centrifugadas por 5 minutos à 1500 rpm e o soro obtido, transferido para microtubos e armazenados a temperatura de -20 °C para posterior análises realizadas em laboratório terceirizado. As amostras foram analisadas no analisador bioquímico BS- 120 – Mindray (Shenzhen, China).

2.4.3 Perfil de aminoácidos do leite

As amostras de leite foram colhidas nos dias 7, 14 e 21 de lactação para determinação do perfil de aminoácidos. Para isso, foi simulado um evento de amamentação (Silva *et al.*, 2009). Os leitões foram separados da matriz após a amamentação e, 45 a 50 minutos depois, foi administrado 2,0 mL (10 UI/mL de oxitocina) na veia auricular para estimular a descida do leite e todas as glândulas mamárias funcionais foram ordenhadas manualmente. Imediatamente após a ordenha, os leitões voltaram a ter contato com a matriz. As amostras de leite (150 a 200 mL) foram armazenadas a -20°C. As amostras foram liofilizadas e a matéria seca obtida pelo método gravimétrico. Foi avaliado o perfil de aminoácidos através das mesmas técnicas utilizadas para análise da dieta.

2.4.4 Desempenho da matriz e leitegada

O monitoramento da dinâmica do peso corporal das fêmeas foi registrado diariamente através de um sistema de células de cargas adaptadas a uma plataforma sob o piso da matriz, na baia da maternidade. A plataforma foi projetada para monitorar uma matriz e até 22 leitões com capacidade de suportar 800 kg. Possui dimensões de 1,83 x 1,47 x 0,80 m, elementos construtivos em aço galvanizado e elementos de união revestidos com organometálicos. Fazem parte dos componentes do sistema uma Central de Controle de Coleta de Dados Local (CCDL) que recebe as informações registradas pelas células de carga e transmite para uma central de dados que recebe, interpreta e envia os dados para uma nuvem de armazenamento, além de permitir ajustes no sistema. A central de dados é conectada a uma fonte de alimentação e uma bateria com autonomia de até 11 horas de duração. O sistema é capaz de registrar a cada 40 segundos a variação de peso da fêmea e sua leitegada. Os registros foram continuamente enviados para um servidor onde foi possível acessar o banco de dados na forma gráfica e exportá-los em formato Excel (Figura 2). No intervalo entre lotes, todas as balanças foram recalibradas.

A espessura de toucinho foi mensurada diariamente através de um ultrassom (Sunway, Shenzhen SUNWAY Medical Device Co. Ltd., Modelo Handscan V7, Shenzhen, China) em dois pontos (lado direito e lado esquerdo do animal), a 6,5 cm da linha média da coluna vertebral, na altura da última costela em cada flanco. Os leitões foram pesados individualmente em balança digital (Líder Balanças Ltda., Mod. B150, Araçatuba, SP, Brasil) 24 horas após o nascimento e ao desmame, para determinação do ganho de peso durante o período de lactação. A produção diária de leite foi calculada considerando ganho de peso da leitegada (GPD),

tamanho da leitegada e teor de matéria seca do leite (19%) aplicado à equação de Noblet e Etienne (1989).

2.4.5 Estimativa dos pesos das matrizes e suas leitegadas registrados por balança de precisão durante a lactação

Os registros de peso durante todo o período de lactação geram gráfico e tabela que podem ser acessados remotamente por qualquer dispositivo conectado à internet (Figura 3 e 4). O banco de dados referente a cada fêmea continha 45.360 registros que foram processados por um sistema programado para excluir dados incorretos e segregar o peso total registrado entre as categorias matriz e leitegada. Os dados foram analisados e estratificados em peso da matriz, peso da leitegada e peso total. A análise seguiu um processo estruturado, dividida em cinco etapas principais:

1) Leitura e pré-processamento dos dados:

Os dados foram extraídos da planilha original e convertidos para um formato padronizado, onde cada linha representou um registro individual contendo informações sobre peso, data e horário. Após a extração, cada registro foi agrupado de acordo com a data de coleta, permitindo analisar a evolução dos pesos ao longo do tempo, facilitando a aplicação posterior de modelos de estimativa.

2) Conversão de dados temporais

Os horários registrados na planilha foram convertidos para um formato de tempo compreensível, extraindo a parte interna do valor para determinar as horas e calculando a fração restante para convertê-la em minutos e segundos. Em seguida, os valores foram ajustados no formato de hora padrão. As datas foram padronizadas para um formato único, garantindo a consistência entre os registros.

3) Remoção dos outliers

Os *outliers* (valores anômalos) foram identificados utilizando a estimativa de densidade por Kernel (KDE - *Kernel Density Estimation*). Essa técnica estima a função de densidade de probabilidade dos pesos, permitindo identificar valores que têm baixa probabilidade de ocorrência.

A função de KDE é definida como:

$$f(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{x - x_i}{h}\right)$$

Onde:

- $f(x)$ é a densidade estimada no ponto x .
- n é o número total de registros.
- h é o parâmetro de suavização (bandwidth).
- $K(u)$ é a função kernel, dada por uma distribuição Gaussiana.

$$k(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}}$$

Os pesos que apresentaram baixa densidade (abaixo de um limiar θ) foram considerados anômalos e removidos:

$$f(p_i) < \theta \Rightarrow p_i \text{ é um outlier}$$

4) Segmentação dos pesos

Após a filtragem dos dados, foi necessário distinguir o peso da matriz do peso combinado da matriz e sua leitegada. Para cada dia de medição, foram obtidos dois valores principais:

- Maior peso registrado: Representa o peso da matriz somado ao peso da leitegada.
- Menor peso registrado: Representa o peso da matriz sem o peso da leitegada.

Assim, o peso total dos leitões foi calculado por:

$$P_{leitegada} = P_{porca + leitegada} - P_{porca}$$

Onde:

- $P_{leitegada}$ é o peso total dos leitões.
- $P_{porca + leitegada}$ é o maior peso registrado no dia.
- P_{porca} é o menor peso registrado no dia.

Para estimar a quantidade de leitões presentes, utilizou-se a distribuição dos pesos segmentados em intervalos (bins). A separação dos dados em bins permitiu observar picos de densidade que indicam as faixas de peso mais comuns. Como os leitões apresentam um ganho de peso relativamente homogêneo dentro de uma mesma leitegada, a distribuição de pesos mostrou-se útil para estimar o número de leitões presentes com base na quantidade de agrupamentos detectados.

Além da segmentação por bins, a estimativa do número de leitões foi refinada considerando a variação dos pesos diários. Como os leitões são adicionados ao peso da matriz de forma cumulativa, o modelo analisou a diferença entre o maior e o menor peso registrado ao longo dos dias. Ao identificar padrões recorrentes nessa variação, foi possível determinar um intervalo estimado de peso médio por leitão. Essa abordagem permitiu inferir a quantidade aproximada de leitões ao longo do período de lactação, com base nas oscilações dos registros diários de peso.

5) Aplicação da regressão linear para estimar os pesos

Um modelo matemático baseado em regressão linear foi utilizado para estimar os pesos ao longo do tempo. O modelo considerou a relação entre dois fatores principais:

- Eixo X: datas convertidas para valores numéricos (dias desde o primeiro registro).
- Eixo Y: pesos correspondentes registrados nesses dias.

A regressão ajusta uma equação da forma:

$$y = mx + b$$

Onde:

- y representa o peso previsto;
- m é a inclinação da linha (taxa de crescimento dos leitões/ perda de peso da matriz);
- x é a data numérica;
- b é o valor inicial (intercepto).

Para calcular os parâmetros m e b, foi utilizado a minimização do erro quadrático médio, que foi obtida derivando a função de erro:

$$E(m, b) = \sum_{i=1}^n (p_i - (mt_i + b))^2$$

6) Desenvolvimento do Servidor Web

Para viabilizar o processamento automatizado dos dados de peso, foi desenvolvido um servidor web que recebe arquivos contendo os registros de peso e os processa dinamicamente. A interface do servidor permite que o usuário carregue o banco de dados individual de cada animal e forneça informações adicionais necessárias para a análise. Uma vez recebido o arquivo, o servidor realiza a leitura e estruturação dos dados, aplica filtros para remover valores inconsistentes e executa os cálculos necessários para segmentar e estimar o comportamento dos pesos. A partir disso, o sistema gerou os resultados de forma visual e interativa, por meio de gráficos e tabelas que foram exportados para análise posterior.

2.5 Estatística

Os dados do desempenho estimado, consumo de ração, uso de água, espessura de toucinho, variáveis fisiológicas e bioquímicas, e aminoácidos do leite foram submetidos ao teste de normalidade através do teste de Shapiro-Wilk (PROC UNIVARIATE). Para valores de probabilidade maior do que 5% no teste de Shapiro-Wilk, a distribuição de peso foi considerada normal e, quando não atendida, foi utilizado o procedimento PROC RANK do SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC, v. 9.3) para a normalização dos resíduos. Posteriormente, os dados de desempenho foram submetidos ao teste t de Student para comparação das médias entre as categorias jovens e adultas. Para as demais variáveis, a análise de variância foi realizada através do procedimento PROC MIXED do SAS, assim como as médias foram comparadas pelo teste Tukey. Adotou-se nível de significância de 5% ($P < 0,05$) e considerou-se tendência estatística quando $0,05 < P < 0,10$.

3. RESULTADOS

A temperatura e a umidade relativa médias registradas foram de 24,4°C e 64%, respectivamente, durante o período experimental. A temperatura máxima e mínima e a umidade relativa foram de 37,5°C e 11,9°C, e 96,6% e 22,4%, respectivamente. A amplitude térmica observada para temperatura e umidade foi de 25,6°C e 74,2%, respectivamente. Durante o período experimental as matrizes foram expostas a temperaturas acima de 26°C em 43,3% do tempo. Quanto às temperaturas acima de 30°C, foram expostas em 12,4% do tempo.

Desempenho e estimativa dos pesos das matrizes e suas leitegadas

Uma fêmea adulta foi retirada devido à baixa qualidade da leitegada (< 8 leitões). Após a análise dos dados pelo modelo no servidor web, foi gerado um gráfico para cada animal com a estimativa do comportamento dos pesos (Figura 5 e 6). Os animais que apresentaram dados incoerentes após a estimativa foram excluídos para a obtenção da média final tanto para o peso das fêmeas quanto para o peso da leitegada. A perda de peso das fêmeas jovens e adultas foi estimado entre o primeiro dia pós-parto e o desmame dos leitões. O grupo de fêmeas jovens perdeu, em média, 26,38 kg representando 11,9 % do seu peso total pós-parto. O grupo de fêmeas adultas perdeu, em média, 23,40 kg representando 10,2 % do seu peso total pós-parto (Gráfico 1). Nenhuma diferença estatística significativa foi observada ($P>0,05$). O desempenho das fêmeas jovens e adultas e dos leitões são apresentados na Tabela 2. O número médio de leitões nascidos totais, vivos, natimortos e mumificados, bem como a mortalidade e número de desmamados foram os mesmos para o peso real e o peso estimado da leitegada, sem nenhuma diferença estatística para as categorias de fêmea ($P>0,05$). Para os pesos reais, obtidos pela pesagem individual dos leitões, foi observada uma tendência para maior peso do leitão (5,67 vs. 6,61 kg) de fêmeas adultas ao desmame ($P=0,0746$). Para os pesos estimados, foi observada uma tendência para maior peso da leitegada (19,83 vs. 16,18 kg) de fêmeas adultas pós-parto ($P=0,0427$). A produção de leite não foi influenciada pela idade das fêmeas ($P=0,3275$).

Consumo de ração das fêmeas suínas jovens e adultas na primeira, segunda e terceira semana de lactação.

O consumo médio de ração não foi influenciado pela idade ($P=0,124$) ou pela semana ($P=0,489$) de lactação para ambos os grupos de fêmeas. Fêmeas jovens consumiram em média 3,92 kg e fêmeas adultas consumiram, em média, 4,33 kg (Tabela 3).

Espessura de toucinho das fêmeas suínas jovens e adultas na primeira, segunda e terceira semana de lactação.

A espessura de toucinho (ET) foi influenciada pela idade e pela semana de lactação (Tabela 4). Fêmeas jovens apresentaram, em média, uma menor ET ($P=0,002$) quando comparada com fêmeas adultas (12,14 vs. 12,84 mm). Ao longo das semanas de lactação, a ET reduziu significativamente para ambos os grupos ($P<0,001$).

Uso de água das fêmeas suínas jovens e adultas na primeira, segunda e terceira semana de lactação.

O uso de água foi influenciado tanto pela idade quanto pela semana de lactação (Tabela 5). Fêmeas jovens apresentaram, em média, um uso de água 11,38 litros menor quando comparada com fêmeas adultas ($P=0,002$). Durante a segunda e terceira semana de lactação, o uso de água foi significantemente maior ($P<0,001$) em relação à primeira semana para ambos os grupos (32,51; 43,96; 23,39 litros respectivamente).

Variáveis fisiológicas das fêmeas suínas jovens e adultas na primeira, segunda e terceira semana de lactação.

A frequência respiratória (FR) das fêmeas não foi influenciada pela idade ou pela semana de lactação ($P=0,572$). A temperatura retal (TR) das fêmeas jovens foi, em média, superior ($P<0,05$) à das fêmeas adultas durante todo o período (39,62 vs. 39,37 °C) (Tabela 6).

Variáveis bioquímicas do sangue das fêmeas suínas jovens e adultas na primeira, segunda e terceira semana de lactação.

A concentração de proteína total não apresentou diferença significativa entre as idades ($P = 0,603$). Observou-se tendência do efeito da semana de lactação ($P = 0,066$) e interação entre idade e semana ($P = 0,065$). Aos sete dias, as fêmeas jovens apresentaram maior concentração de proteína total em comparação aos 21 dias. A idade das fêmeas influenciou as concentrações de GGT ($P=0,005$) e colesterol ($P<0,001$), independente da semana de lactação. As fêmeas jovens apresentaram maiores médias em comparação às fêmeas adultas. A semana de lactação teve influência significativa nos níveis de FA, ALT e P ($P<0,001$). As maiores médias para FA e ALT foram observadas na primeira e segunda semana de lactação quando comparadas com a terceira semana. O nível de P foi maior na segunda semana, seguido da primeira e terceira semana. A concentração de ALB tendeu ($P=0,099$) a ser maior no grupo de fêmeas jovens em relação ao grupo de fêmeas adultas (Tabela 7).

Perfil de aminoácidos no leite das fêmeas suínas jovens e adultas na primeira, segunda e terceira semana de lactação.

O perfil de aminoácidos do leite não foi influenciado pela idade das fêmeas ($P>0,05$) (Tabela 8). Para ambos os grupos, as concentrações de lisina, arginina e asparagina foram maiores na primeira semana de lactação em comparação com a segunda semana ($P<0,05$). As maiores concentrações de glicina foram observadas na primeira e terceira semana de lactação ($P=0,021$) e as concentrações de prolina e glutamato aumentaram entre os 14 e 21 dias de lactação ($P=0,007$; $0,035$).

4. DISCUSSÃO

Não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os grupos de fêmeas jovens e adultas para as variáveis de desempenho. Contudo é possível explorar tendências biológicas ou aspectos zootécnicos relacionados à idade das matrizes. Nas últimas décadas, a introdução de fêmeas hiperprolíficas nos sistemas de produção foi acompanhada por um aumento no número de leitões e uma maior taxa de natimortos e mortalidade pré desmame (Koketsu *et al.*, 2017; Nam & Sukon, 2022).

Segundo Le Cozler *et al.* (2002), a maior causa de leitões natimortos está relacionada a correlação de fatores como, tamanho da leitegada, idade da fêmea, duração do parto e peso vivo dos leitões ao nascimento. Os autores investigaram os fatores associados a leitões natimortos e mumificados e relataram que, com o aumento da ordem de parto há uma maior probabilidade de ocorrência de leitões natimortos como observado nesse estudo, apesar de não significativo. Fêmeas mais velhas tendem a ter leitegadas maiores e, consequentemente, uma maior duração do parto, além de um tônus muscular uterino reduzido, o que contribui para uma maior incidência de leitões natimortos (Ngo *et al.*, 2024; Vanderhaeghe *et al.*, 2013). Ainda, a taxa de natimortos em países tropicais pode atingir até 14% (Nam, 2022; Lucia Jr. *et al.*, 2002).

Embora não tenha sido feita uma comparação estatística entre o peso real e o peso estimado, o comportamento dos dados foi numericamente semelhante. Após a estimativa dos pesos pelo modelo, foram observados uma maior quantidade de dados incoerentes para o peso estimado da leitegada pós-parto, implicando em uma maior exclusão de informações para a obtenção da média final. No entanto, para os pesos estimados ao desmame, um menor número de dados incoerentes foi observado. Isso pode ser justificado pela maior interferência e presença

de pessoas nas baias no dia do parto em comparação ao restante do período de lactação, gerando picos de pesos menos precisos e, conseqüentemente, mais ruídos nos dados a serem ajustados posteriormente.

Sendo assim, o peso pós-parto estimado da leitegada pode ter sido influenciado pelo ajuste dos dados, apresentado uma tendência para maior peso dos leitões no grupo de fêmeas adultas quando comparada às fêmeas jovens. Por outro lado, foi encontrada uma tendência para o maior peso real do leitão ao desmame de fêmeas adultas em comparação às fêmeas jovens. Esses resultados corroboram com o que foi observado por Terry *et al.* (2014) em que durante toda a lactação, os leitões das fêmeas multíparas tiveram pesos médios consistentemente maiores em comparação aos leitões de primíparas.

De acordo com os resultados obtidos para os pesos estimados das matrizes, as fêmeas jovens perderam em média, 11,9% do seu peso inicial pós-parto em comparação com as fêmeas adultas (10,2%). Uma perda de 9 a 12% do seu peso corporal é considerada normal entre fêmeas multíparas e, uma perda de até 8% foi considerada adequada para as primíparas (Clowes *et al.*, 2003; Schenkel *et al.*, 2010). Durante a lactação, o consumo voluntário de ração das matrizes não é suficiente para atender às demandas de energia para manutenção e produção de leite, provocando um balanço energético negativo em que, a mobilização das reservas corporais da fêmea é utilizada como fonte de energia (Tokach *et al.*, 2019). Em comparação com as fêmeas mais velhas, as primíparas são mais susceptíveis a uma perda de peso acentuada, pois sua capacidade de ingestão de ração é geralmente menor, além de possuírem menores reservas corporais e utilizarem os nutrientes oriundos da dieta para atingirem a maturidade corporal (Theil *et al.*, 2012). É importante ressaltar que, semelhante ao que ocorreu para os pesos estimados da leitegada, os pesos estimados para essa categoria também podem ter sofrido influências dos ajustes realizados para a obtenção das médias.

Resultados semelhantes são observados na literatura em que, a maior perda de peso corporal de fêmeas lactantes está correlacionada com o menor consumo de ração e maior perda de ET (De Bettio *et al.*, 2016; Eissen *et al.*, 2003) como observado no presente estudo. O grupo de fêmeas jovens apresentaram uma menor média de ET em relação às fêmeas adultas durante o período total da lactação (12,14 vs. 12,84 mm). Costermans *et al.* (2022) avaliaram os efeitos da perda de peso durante a primeira lactação em um conjunto de dados de 431 fêmeas primíparas TN70 (Topigs Norsvin). A análise evidencia que, as fêmeas que perderam entre 6 e 12% do seu peso corporal, tinham 12 mm de ET ao final da lactação. O genótipo das fêmeas

suínas atuais é caracterizado por uma maior taxa de crescimento e menor quantidade de tecido adiposo (Kim *et al.*, 2015; Thomas *et al.*, 2018).

Ao longo das semanas de lactação, a ET reduziu significativamente para ambos os grupos. De acordo com o manual da linhagem (Topigs Norsvin, 2023), a recomendação mínima para ET ao parto é de 14 mm para primíparas e de 13 mm para fêmeas de ordem de parto 3 e 4. Ao desmame, o mínimo de 10 mm é considerado para ambas as categorias. De acordo com o período de lactação avaliado, a média para a primeira semana foi de 13,42 mm, reduzindo para 11,51 mm aos 21 dias. Valores semelhantes ao desmame foram observados por Costermans *et al.* (2022) e Thongkhuy *et al.* (2020), demonstrado o catabolismo das reservas corporais durante essa fase nos genótipos atuais.

Embora o melhoramento tenha direcionado a seleção para animais com uma maior capacidade de ganho de massa magra e uma menor capacidade de deposição de gordura, diferentes autores relatam que a ET ideal ao final da gestação esteja entre 17 e 20 mm (Kim *et al.*, 2015; Zhou *et al.*, 2018) e sua perda de peso corporal durante a lactação não seja superior a 10%-12% (Schenkel *et al.*, 2010). Segundo Maes *et al.* (2004), as variações que ocorrem no consumo de ração e na produção de leite entre as matrizes durante a lactação são as principais responsáveis pelas mudanças observadas na ET.

Para as fêmeas jovens, a ingestão de ração durante a lactação é frequentemente mais desafiadora para atender às demandas nutricionais de manutenção e crescimento, e suprir produção de leite quando comparadas às fêmeas multíparas (Noblet *et al.*, 1990). Contudo, no presente estudo o consumo médio de ração não foi influenciado pela idade ou pela semana de lactação. Esse resultado se contrasta com diferentes pesquisas realizadas nos últimos anos. Por exemplo, Gauthier *et al.* (2019) encontraram diferenças significativas no consumo médio de ração na primeira semana de lactação (4,48 kg/d) comparado à segunda e terceira semanas (6,59 e 7,42 kg/d, respectivamente). O consumo de ração também aumentou com a paridade, de 5,19 para 6,75 kg/d para fêmeas de ordem de parto um e três, respectivamente. O consumo médio observado nas duas categorias pode ser associado à condição corporal semelhante das fêmeas no início da lactação. Sabe-se que fêmeas com maior ET no parto possuem um menor consumo de ração, especialmente na primeira semana de lactação (Dourmad, 1991).

A produção de leite calculada não diferiu entre as fêmeas de diferentes idades. No entanto, é relatado que as primíparas produzem menos leite do que multíparas, e a produção de leite também é afetada pela condição corporal durante a lactação (King, 2000). Além disso,

leitões mais pesados são capazes de estimular um maior fluxo de leite e produção de leite, resultante também da amamentação mais frequente (Ngo *et al.*, 2012). De maneira geral, não houve efeito significativo da idade das matrizes na concentração de aminoácidos presentes no leite, indicando que, apesar das diferenças fisiológicas entre primíparas e múltiparas, o perfil de aminoácidos secretado foi semelhante, sugerindo que as exigências nutricionais para ambas as categorias foram atendidas, o que pode ter contribuído para uma composição do leite mais uniforme. Esse resultado corrobora com Craig *et al.* (2019), onde os autores indicam que a composição do colostro e do leite durante a lactação não difere consideravelmente entre fêmeas primíparas e fêmeas de terceira e quarta paridade, desde que a ingestão de nutrientes seja adequada. No entanto, as primíparas podem não ser capazes de atender às demandas adicionais de uma lactação prolongada.

Ao longo da lactação, observou-se efeito significativo da semana para lisina, arginina, glicina, prolina, asparagina e glutamato, além de tendência para serina, com maiores teores na terceira semana. Padrão semelhante foi relatado por Wu & Knabe (1994), que observaram aumentos expressivos desses aminoácidos, especialmente no 22º dia de lactação ao caracterizaram o perfil de aminoácidos no colostro e leite de fêmeas suínas. A elevação nas concentrações de glutamato e prolina ao longo da lactação, observada neste estudo, pode estar associada ao aumento da atividade metabólica da glândula mamária, como descrito por Wu (2021), com destaque para a conversão de ornitina em prolina e o intenso uso de BCAAs para síntese de glutamina.

Fêmeas suínas em lactação possuem maior probabilidade de sofrer de distúrbios metabólicos (Neweze *et al.*, 2023). Enzimas séricas como AST, ALT e GGT são parâmetros bioquímicos da função hepática, essencial no controle do metabolismo (Peng *et al.*, 2020). A ordem de parto das fêmeas influenciou as concentrações de GGT e colesterol independente da semana de lactação. As fêmeas jovens apresentaram maiores médias em comparação às fêmeas adultas. A maior concentração desses biomarcadores em fêmeas jovens pode estar associada a diferenças no metabolismo hepático e na mobilização de reservas energéticas Verheyen *et al.* (2007).

No presente estudo, a concentração de proteína total não diferiu significativamente entre a idade das fêmeas, mas apresentou uma tendência de variação ao longo das semanas e uma interação entre a idade e semana. Essa interação pode sugerir que fêmeas primíparas apresentaram uma redução nos níveis de proteína total entre os dias 7 e 21, enquanto as

múltiparas mantiveram concentrações mais estáveis. Esse comportamento pode refletir a menor adaptação metabólica das fêmeas jovens durante a lactação, resultante das demandas para crescimento e produção de leite (Farmer *et al.*, 2017; Nuntapaitoon *et al.*, 2020).

Durante a lactação, as alterações nos níveis séricos de colesterol podem refletir as adaptações metabólicas em resposta às necessidades energéticas e nutricionais (Wang *et al.*, 2019). Em fêmeas mais jovens, esse efeito pode ser mais pronunciado devido à menor reserva de gordura corporal e menor eficiência na homeostase energética (Costermans *et al.*, 2020). Logo, a menor concentração sérica de colesterol observada no grupo de fêmeas adultas pode indicar uma maior eficiência no metabolismo lipídico e energético. Além disso, níveis mais altos de colesterol em fêmeas jovens podem estar ligados a maiores requisitos metabólicos para crescimento e desenvolvimento reprodutivo. O colesterol atua como um precursor para hormônios esteroides, determinantes para a fase reprodutiva (Schade *et al.*, 2020).

A semana de lactação teve influência significativa nos níveis de FA, ALT e P para ambos os grupos de fêmeas. As maiores médias para FA e ALT foram observadas na primeira e segunda semana de lactação. O aumento da concentração de enzimas como ALT antes e após o parto pode ser explicado pela degradação das células musculares causada pela mobilização das reservas corporais (Verheyen *et al.*, 2007). A elevação observada nos níveis de FA e ALT durante as semanas iniciais de lactação sugere aumento do metabolismo hepático e ósseo. O aumento nos níveis de P durante a segunda semana de lactação se alinha com a demanda aumentada por esse mineral na síntese do leite e na manutenção das estruturas ósseas. Apesar de não ter sido observado uma diferença estatística entre idades, houve uma tendência para a interação com as semanas, sugerindo que primíparas podem ter maior dificuldade de regulação desse mineral ao longo da lactação. Níveis adequados de P são essenciais para o metabolismo energético e integridade do esqueleto, ambos críticos durante o período de lactação (Grez-Capdeville *et al.*, 2022).

Segundo Quiniou & Noblet (1999), temperaturas superiores a 25°C durante a lactação, afeta a ingestão voluntária de ração das matrizes em até 50%: entre os dias 7 e 19 de lactação, o consumo reduziu de 7,16 a 18°C para 3,48 kg/d a 29°C. Os autores relataram ainda que a variação no consumo não foi linear, ou seja, a extensão em que a temperatura afetou o consumo de ração foi dependente do nível de temperatura. Um estudo recente indicou que a ingestão média diária de ração de matrizes suínas durante a lactação em um ambiente tropical (28,6 °C e 81,9%) foi de 5,8 kg e variou entre 0 e 10 kg por dia, com 50% consumindo menos de 6 kg

por dia (Khamtawee *et al.*, 2021). Em condições semelhantes, Tummaruk *et al.* (2022) observaram que 28,3% das matrizes tiveram um consumo médio diário de ração inferior a 5 kg.

No presente estudo, as fêmeas ficaram expostas a uma temperatura ambiente superior a 25°C durante 43,3% do tempo total e quanto às temperaturas acima de 30°C, foram expostas em 12,4% do tempo total, o que provavelmente reduziu o consumo médio de ração em ambos os grupos. Além disso, pode-se sugerir que a amplitude da UR (22,4 a 96,6%) tenha intensificado os efeitos do calor, afetando a ingestão de ração. Isso ocorre porque o organismo das fêmeas tem mais dificuldade em se adaptar quando temperatura e umidade estão oscilando amplamente. Segundo Malmkvist *et al.* (2012), fêmeas suínas lactantes geralmente ingerem mais água sob estresse por calor em comparação com condições termoneutras para compensar a água perdida por meio da evaporação respiratória. Foi relatado que, as fêmeas mantidas em ambiente a 25°C usaram aproximadamente 10 litros de água a mais (27 L/d) quando comparadas às fêmeas mantidas em temperaturas mais baixas (15°C, 18 L/d; 20°C, 17 L/d), corroborando com os resultados obtidos no presente estudo.

Durante o período experimental, a água de bebida disponibilizada para as fêmeas passava por um processo de resfriamento, permitindo uma temperatura média da água fornecida de 17,5°C. De acordo com Jeon & Kim (2014), sob estresse por calor, as fêmeas suínas lactantes que receberam água potável gelada (15°C) reduziram a FR e a TR, e aumentaram a ingestão de ração e o peso dos leitões ao desmame em comparação com as fêmeas que ingeriram água à 22°C, demonstrando o efeito da temperatura da água em atenuar o estresse por calor. No presente estudo, a avaliação desse parâmetro foi caracterizada como uso de água, ou seja, o volume total registrado durante 24h e não apenas relacionado à ingestão. Logo, maiores variações podem ser observadas em função do comportamento de algumas fêmeas ao interagirem com a água, especialmente em condições de estresse térmico.

Um aumento na TR é relatado na literatura quando as fêmeas são expostas a temperaturas superiores a 25°C (Quiniou & Noblet, 1999). Ou seja, quando a temperatura excede esse valor, os mecanismos envolvidos na regulação da temperatura corporal são insuficientes para evitar um aumento na temperatura retal. Dessa forma, os mesmos autores relataram que a TR de fêmeas múltiparas foi constante entre 18 e 22°C (38,6°C), mas aumentou em temperaturas mais altas (39,0 a 39,4°C entre 25 e 29°C) corroborando com os resultados obtidos. Gourdine *et al.* (2007) observaram que a paridade das fêmeas influenciou a TR durante a lactação: primíparas apresentaram maior temperatura em relação às múltiparas (38,9 vs.

38,7°C), semelhante ao que foi registrado no estudo atual. De acordo com os autores, foi observada uma diminuição linear na TR com a paridade (-0,096 °C), sugerindo uma adaptação a longo prazo ao estresse por calor com o avançar da idade pela maior eficiência em perder calor e maior capacidade em manter a homeotermia.

Como mencionando anteriormente, o fornecimento de água gelada (15°C) foi capaz de melhorar o desempenho das matrizes lactantes durante períodos de altas temperaturas (Jeon & Kim, 2014). Em relação aos parâmetros fisiológicos, os autores observaram uma redução na FR de 115 movimentos/minuto para 77,8 movimentos/minuto. Esses resultados foram atribuídos ao maior calor corporal absorvido pela água gelada em comparação a água não gelada e são consistentes com os valores médios observados no estudo atual para ambos os grupos.

5. CONCLUSÃO

O uso de balança de precisão aliado ao desenvolvimento de um modelo para estimar os pesos demonstrou ser uma ferramenta promissora no monitoramento contínuo do desempenho de matrizes suínas e suas leitegadas. Fêmeas múltiparas apresentaram tendência a um melhor desempenho produtivo, com leitegadas mais pesadas, menores perdas corporais, evidenciando uma maior capacidade adaptativa às demandas da lactação. Fêmeas jovens têm o perfil bioquímico alterado, indicando uma elevada demanda metabólica, além de uma maior sensibilidade ao estresse por calor, com indícios de acentuada mobilização de reservas corporais, possivelmente relacionada à menor ingestão voluntária de ração. O fornecimento de água resfriada reduziu parcialmente os efeitos do estresse por calor. O número limitado de matrizes ($n = 20$) representou um desafio para a pesquisa, mas os resultados obtidos sugerem que o uso e a integração de sistemas automatizados podem representar uma importante inovação para os sistemas produção.

REFERÊNCIAS

- CLOWES, E. J., *et al.* Selective protein loss in lactating sows is associated with reduced litter growth and ovarian function. **Journal of Animal Science**, 81.3: 753-764, 2003.
- COSTERMANS, N. GJ, *et al.* Consequences of negative energy balance on follicular development and oocyte quality in primiparous sows. **Biology of reproduction** 102.2: 388-398, 2020.
- COSTERMANS, N. GJ, *et al.* Physiological and metabolic aspects of follicular developmental competence as affected by lactational body condition loss. **Molecular Reproduction and Development**, 90.7: 491-502, 2022.
- CRAIG, J. R., *et al.* Primiparous and multiparous sows have largely similar colostrum and milk composition profiles throughout lactation. **Animals**, 9.2: 35, 2019.
- DE BETTIO, S., *et al.* Impact of feed restriction on the performance of highly prolific lactating sows and its effect on the subsequent lactation. **Animal**, 10.3: 396-402, 2016.
- DE OLIVEIRA JÚNIOR, G. M., *et al.* Behaviour and performance of lactating sows housed in different types of farrowing rooms during summer. **Livestock Science**, 141.2-3: 194-201, 2011.
- DOURMAD, J.-Y. Effect of feeding level in the gilt during pregnancy on voluntary feed intake during lactation and changes in body composition during gestation and lactation. **Livestock Production Science**, v. 27, n. 4, p. 309-319, 1991.
- EISSEN, J. J.; KANIS, E.; KEMP, B. Sow factors affecting voluntary feed intake during lactation. **Livestock Production Science**, 64.2-3: 147-165, 2000.
- FARMER, C., *et al.* Comparative study on the relations between backfat thickness in late-pregnant gilts, mammary development and piglet growth. **Translational Animal Science**, 1.2: 154-159, 2017.
- GAUTHIER, R.*et al.* Dynamic modeling of nutrient use and individual requirements of lactating sows. **Journal of Animal Science**, 2019, 97.7: 2822-2836, 2019.
- GOURDINE, J. L., *et al.* Rectal temperature of lactating sows in a tropical humid climate according to breed, parity and season. **Asian-australasian Journal of Animal Sciences**, 20.6: 832-841, 2007.
- GREZ-CAPDEVILLE, M.; CRENSHAW, T. D. Estimation of phosphorus requirements of sows based on 24-h urinary phosphorus excretion during gestation and lactation. **British Journal of Nutrition**, 128.3: 377-388, 2022.
- JEON, J. H.; KIM, D. H. Methods to supply chilled drinking water for lactating sows during high ambient temperatures. **Italian Journal of Animal Science**, v. 13, n. 4, p. 3431, 2014.
- KHAMTAWEE, I. *et al.* Cinnamon oil supplementation of the lactation diet improves feed intake of multiparous sows and reduces pre-weaning piglet mortality in a tropical environment. **Livestock Science** 251: 104657, 2021.

KIM, J. S., *et al.* Relationship between backfat thickness of sows during late gestation and reproductive efficiency at different parities. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section A—Animal Science**, 65.1: 1-8, 2015.

KING, R. H. Factors that influence milk production in well-fed sows. **Journal of Animal Science**, 78. suppl_3: 19-25, 2000.

KOKETSU, Y., *et al.* Factors for improving reproductive performance of sows and herd productivity in commercial breeding herds. **Porcine health management** 3: 1-10, 2017.

KOEPPEN, Wilhelm. Climatologia con un estudio de los climas de la tierra. 1948

KPODO, K. R. **Evaluating Mitigation Strategies to Promote Recovery from Acute Hyperthermia in Swine**. Tese de Doutorado. Purdue University, 2019.

LE COZLER, Y., *et al.* Factors associated with stillborn and mummified piglets in high-prolific sows. **Animal Research**, 51.3: 261-268, 2002.

LUCIA JR, T., *et al.* Risk factors for stillbirths in two swine farms in the south of Brazil. **Preventive veterinary medicine** 53.4: 285-292, 2002.

MAES, D. G. D., *et al.* Back fat measurements in sows from three commercial pig herds: relationship with reproductive efficiency and correlation with visual body condition scores. **Livestock Production Science**, 91.1-2: 57-67, 2004.

MALMKVIST, J., *et al.* Influence of thermal environment on sows around farrowing and during the lactation period. **Journal of Animal Science**, 90.9: 3186-3199, 2012.

MANUAL DE ALIMENTAÇÃO DA TN70. Topigs Norsvin, 2023. Disponível em: <https://topignorsvin.pt/download/tn70-manual/>. Acessado em: 14/01/2025.

NAM, N.H; SUKON, P. Risk factors for intrapartum stillbirth in piglets born from cloprostenol-induced farrowing sows. **Journal of Applied Animal Research**, 50.1: 420-425, 2022.

NAM, N. H. High stillbirth rate in a swine farm in Vietnam and associated risk factors. **Journal of Advanced Veterinary and Animal Research**, 9(1), 13, 2022.

NUNTAPAITOON, M., *et al.* Impact of sow parity on yield and composition of colostrum and milk in Danish Landrace× Yorkshire crossbred sows. **Preventive Veterinary Medicine**, 181: 105085, 2020.

NWEZE, E. C., *et al.* Effect of pregnancy and lactation on the serum lipid profiles: cholesterol and triacylglycerol ratios of apparently healthy large white sows. **Journal of Sustainable Veterinary & Allied Sciences** Vol 5 Issue 1, 2023

NOBLET, J.; DOURMAD, J.-Y.; ETIENNE, M. Energy utilization in pregnant and lactating sows: modeling of energy requirements. **Journal of animal science**, v. 68, n. 2, p. 562-572, 1990.

NOBLET, J.; DOURMAD, J.-Y.; ETIENNE, M. Energy utilization in pregnant and lactating sows: modeling of energy requirements. **Journal of animal science**, v. 68, n. 2, p. 562-572, 1990.

NGO, T. T. *et al.* Effect of parity and number of suckling piglets on milk production of sows. 2012.

NGO, C.B. *et al.* Factors contributing to stillbirth in young hyper-prolific sows in a tropical free-farrowing system. **Reproduction in Domestic Animals**, 59.8: e14693, 2024.

OBERMIER, D. R., *et al.* The Impact of Functional Teat Number on Piglet Survival and Sow Efficiency." **Journal of Animal Science**. Suppl 1, 2021.

PENG, X., *et al.* Live yeast supplementation during late gestation and lactation affects reproductive performance, colostrum and milk composition, blood biochemical and immunological parameters of sows. **Animal Nutrition**, 6.3: 288-292, 2020.

QUINIOU, N.; NOBLET, J. Influence of high ambient temperatures on performance of multiparous lactating sows. **Journal of Animal Science**, 77.8: 2124-2134, 1999.

SCHADE, David S.; SHEY, Lynda; EATON, R. Philip. Cholesterol review: a metabolically important molecule. **Endocrine Practice**, 26.12: 1514-1523, 2020.

SCHENKEL, A. C., *et al.* Body reserve mobilization during lactation in first parity sows and its effect on second litter size. **Livestock Science** 132.1-3: 165-172, 2010.

SILVA, B. A. N., *et al.* Effects of dietary protein level and amino acid supplementation on performance of mixed-parity lactating sows in a tropical humid climate. **Journal of Animal Science**, 87.12: 4003-4012, 2009.

TERRY, R., *et al.* Lactation estrus induction in multi-and primiparous sows in an Australian commercial pork production system. **Journal of Animal Science**, 92.5: 2265-2274, 2014.

THONGKHUY, S., *et al.* Effect of backfat thickness during late gestation on farrowing duration, piglet birth weight, colostrum yield, milk yield and reproductive performance of sows. **Livestock Science**, 234: 103983, 2020.

TOKACH, M. D. *et al.* Nutrient requirements of the modern high-producing lactating sow, with an emphasis on amino acid requirements. **Animal**, v. 13, n. 12, p. 2967-2977, 2019.

THOMAS, L. L. *et al.* Effect of parity and stage of gestation on growth and feed efficiency of gestating sows. **Journal of Animal Science**, v. 96, n. 10, p. 4327–4338, 2018.

TUMMARUK, P. *et al.* Managing prolific sows in tropical environments. **Molecular Reproduction and Development**, 90.7: 533-545, 2023.

VANDERHAEGHE, C., *et al.* Non-infectious factors associated with stillbirth in pigs: a review. **Animal Reproduction Science**, 139.1-4: 76-88, 2013.

VERHEYEN, A. J.M., *et al.* Serum biochemical reference values for gestating and lactating sows. **The Veterinary Journal**, 174.1: 92-98, 2007.

WANG, Q. Q., *et al.* Effects of dietary lysophospholipid complex supplementation on lactation performance, and nutrient digestibility in lactating sows. **Animal Feed Science and Technology**, 251: 56-63, 2019.

WU, G.; KNABE, D.A. Free and protein-bound amino acids in sow's colostrum and milk. **The Journal of Nutrition**, 124.3: 415-424, 1994.

WU, G. Amino acids: biochemistry and nutrition. **CRC press**, 2021.

ZHOU, Y. *et al.* Excessive backfat of sows at 109 d of gestation induces lipotoxic placental environment and is associated with declining reproductive performance. **Journal of Animal Science**, 96.1: 250-257, 2018.

Tabela 1. Ingredientes e composição calculada da dieta de lactação.

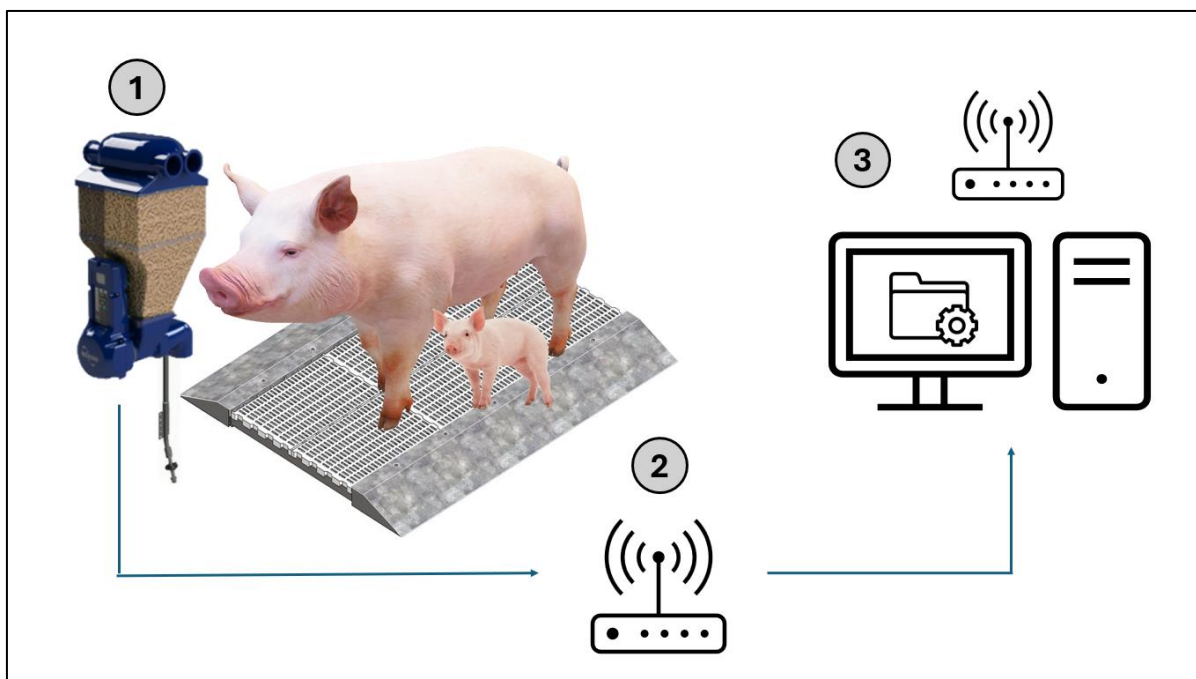
Ingredientes	Inclusão (Kg)
Milho	60,629
Farelo de soja (46% PB)	31,000
Óleo de soja	2,637
Fosfato Bicálcico	2,139
Fibra ¹	1,000
Calcário Calcítico	0,770
Cloreto de sódio	0,500
L-Lisina (78,5%)	0,450
DL-Metionina (98%)	0,110
L-Treonina (98,5%)	0,126
L-Triptofano (98,5%)	0,029
L-Valina (98,5%)	0,160
Premix Mineral ²	0,150
Premix Vitaminico ³	0,050
Adsorvente ⁴	0,200
Palatabilizante ⁵	0,050
Total	100,00
Composição calculada	
Matéria seca (%)	87,54
EM, Kcal/kg	3351
PB (%)	19,01
Lis dig (%)	1,10
Met + Cys dig (%)	0,66
Trp dig (%)	0,21
Thr dig (%)	0,73
Val dig (%)	0,94
Ile dig (%)	0,71
Leu dig (%)	1,45
His dig (%)	0,45
Phe dig (%)	0,83
Phe + Tyr dig (%)	1,43
Ca dig (%)	0,92
P dig (%)	0,33
P total (%)	0,72

¹Fonte de fibra a base de madeira fresca (lignocelulose); ²Sulfato de cobre (cobre 13,00 g/kg), sulfato de ferro (ferro 100,00 g/kg), monóxido de manganês (manganês 50,00 g/kg), selênio sódico (selênio 184,00 mg/kg), sulfato de zinco (zinco 95,00 g/kg), iodo cálcio (iodo 1000 mg/kg).

³Vitamina A (225.00000 UI/kg), Vitamina D3 (380.0000 UI/kg), Vitamina E (200.000 UI/kg), Vitamina K (10.000 mg/kg), Biotina (1.000 mg/kg), Ácido fólico (9.000 mg/kg), Niacina (120.000 mg/kg), ácido pantotênico (60.000 mg/kg), Vitamina B2 (20.000 mg/kg), Vitamina B1 (8.000 mg/kg), Vitamina B6 (12.000 mg/kg) e Vitamina B12 (100.000 mcg/kg). ⁴Ligante de toxinas composto por extratos de fermentação de

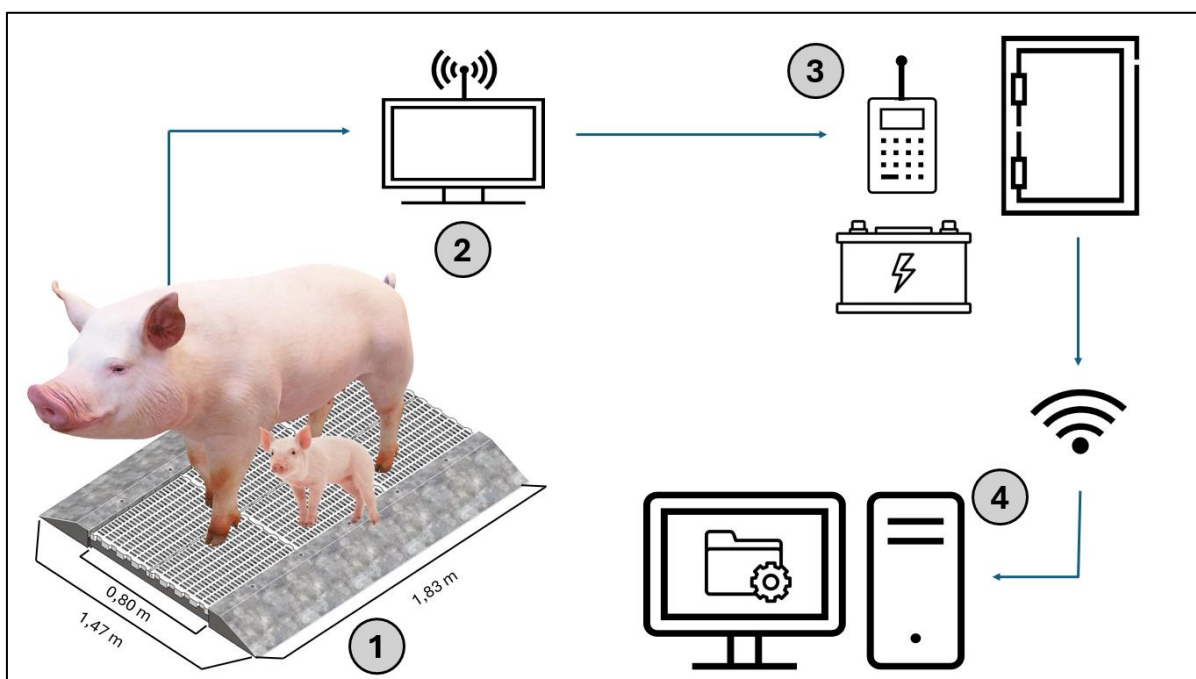
Saccharomyces cerevisiae, ácido cítrico, ácido láctico, ácido fosfórico e propilenoglicol. ⁵Aditivo composto por uma mistura patenteada de aldeídos, cetonas, ésteres e sacarose quimicamente definidos, formulada para conferir um sabor de framboesa e baunilha.

Figura 1. Representação do sistema de alimentação inteligente automatizado.



1) Alimentador inteligente automatizado (Gestalt Quattro Opti); 2) Antena Wi-Fi; 3) Central de controle e acesso remoto aos dados.

Figura 2. Representação do sistema de balança de precisão.



1) Plataforma corporal; 2) Central de Controle de Coleta de Dados Local (CCDL); 3) Central de dados; 4) Acesso remoto aos dados.

Figura 3. Comportamento dos pesos registrados ao longo da lactação.

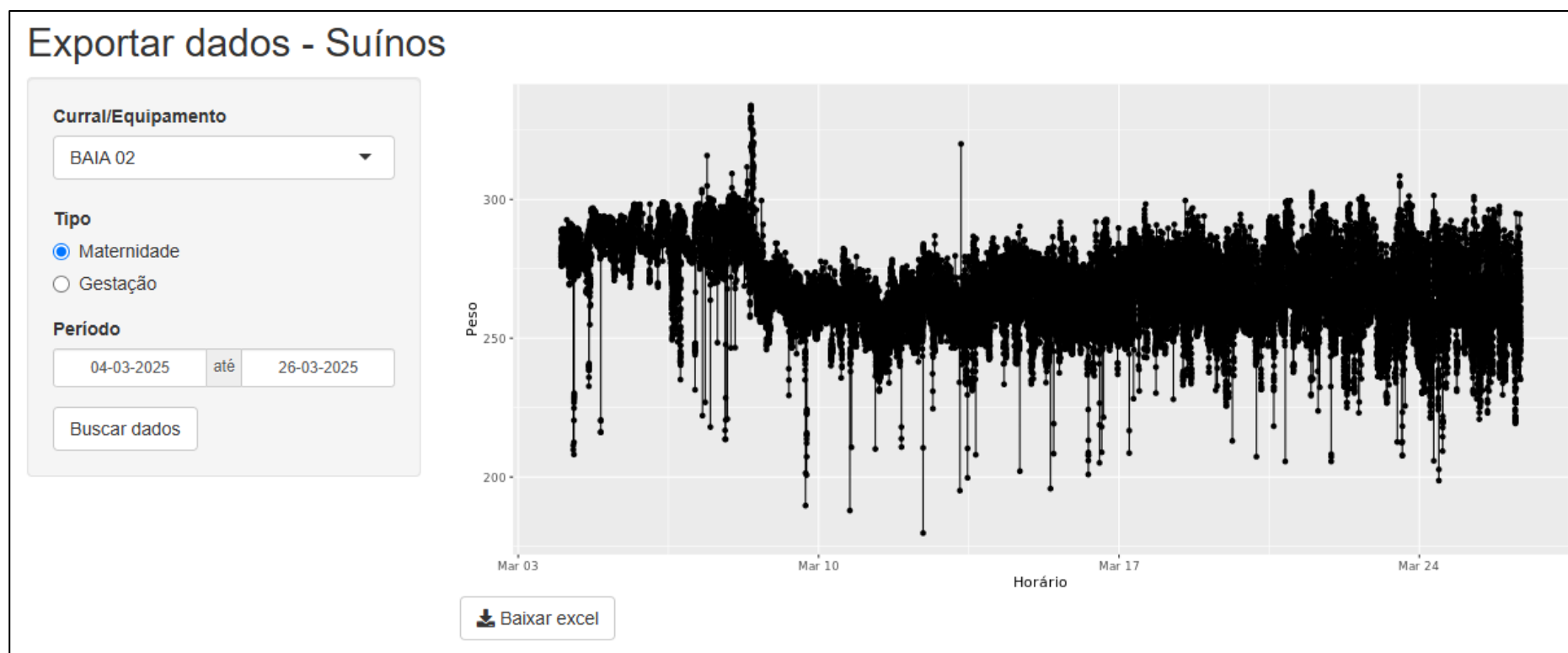


Figura 4. Registros de pesos exportados do sistema em formato Excel.

Arquivo

Página Inicial

Inserir

Layout de Página

Fórmulas

Dados

Revisão

Exibir

Ajuda

Acrobat

Comentários

Compartilhamento

Colar

Área de Transfer...

Calibri

11

A

A

N

I

S

Fonte

Alinhamento

Geral

Número

Formatação Condicional

Formatar como Tabela

Estilos de Célula

Estilos

Inserir

Excluir

Formatar

Células

Classificar e Filtrar

Localizar e Selecionar

Edição

Suplementos

Suplementos

Crie um PDF

Adobe Acr...

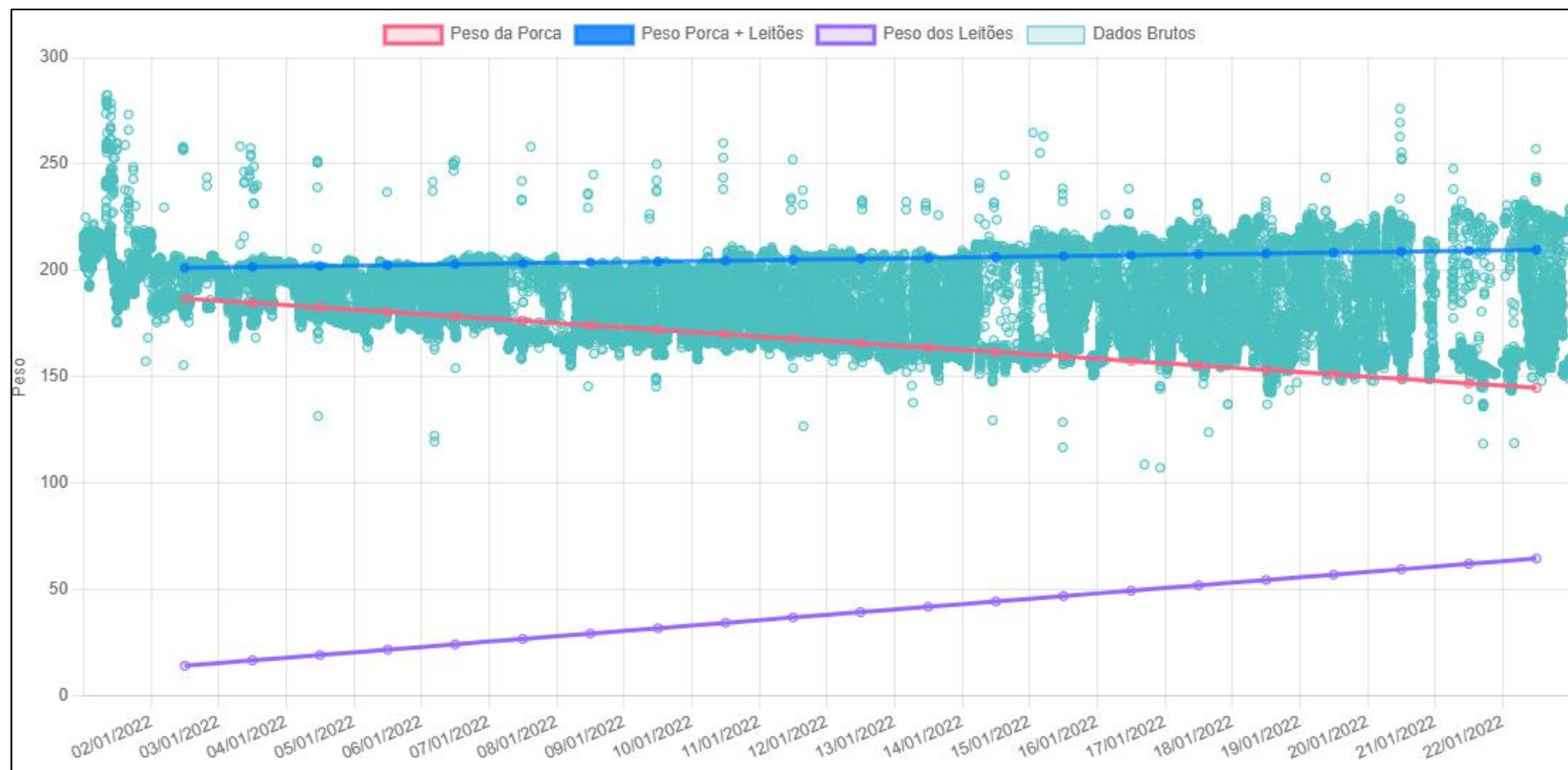
A1

Horário

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Horário	Curral	Equipamento	Peso													
2	2025/03/04 00:00:14	BAIA 02	0000003910	279,3													
3	2025/03/04 00:00:54	BAIA 02	0000003910	279,5													
4	2025/03/04 00:01:34	BAIA 02	0000003910	280,8													
5	2025/03/04 00:02:14	BAIA 02	0000003910	280,5													
6	2025/03/04 00:02:54	BAIA 02	0000003910	280,1													
7	2025/03/04 00:03:34	BAIA 02	0000003910	280,6													
8	2025/03/04 00:04:14	BAIA 02	0000003910	280,5													
9	2025/03/04 00:04:54	BAIA 02	0000003910	280,3													
10	2025/03/04 00:05:34	BAIA 02	0000003910	280,5													
11	2025/03/04 00:06:14	BAIA 02	0000003910	280,5													
12	2025/03/04 00:06:54	BAIA 02	0000003910	280,4													
13	2025/03/04 00:07:34	BAIA 02	0000003910	288,3													
14	2025/03/04 00:08:14	BAIA 02	0000003910	278,3													
15	2025/03/04 00:08:54	BAIA 02	0000003910	278,6													
16	2025/03/04 00:09:34	BAIA 02	0000003910	278													
17	2025/03/04 00:10:14	BAIA 02	0000003910	278,5													
18	2025/03/04 00:10:54	BAIA 02	0000003910	278,6													
19	2025/03/04 00:11:34	BAIA 02	0000003910	289													

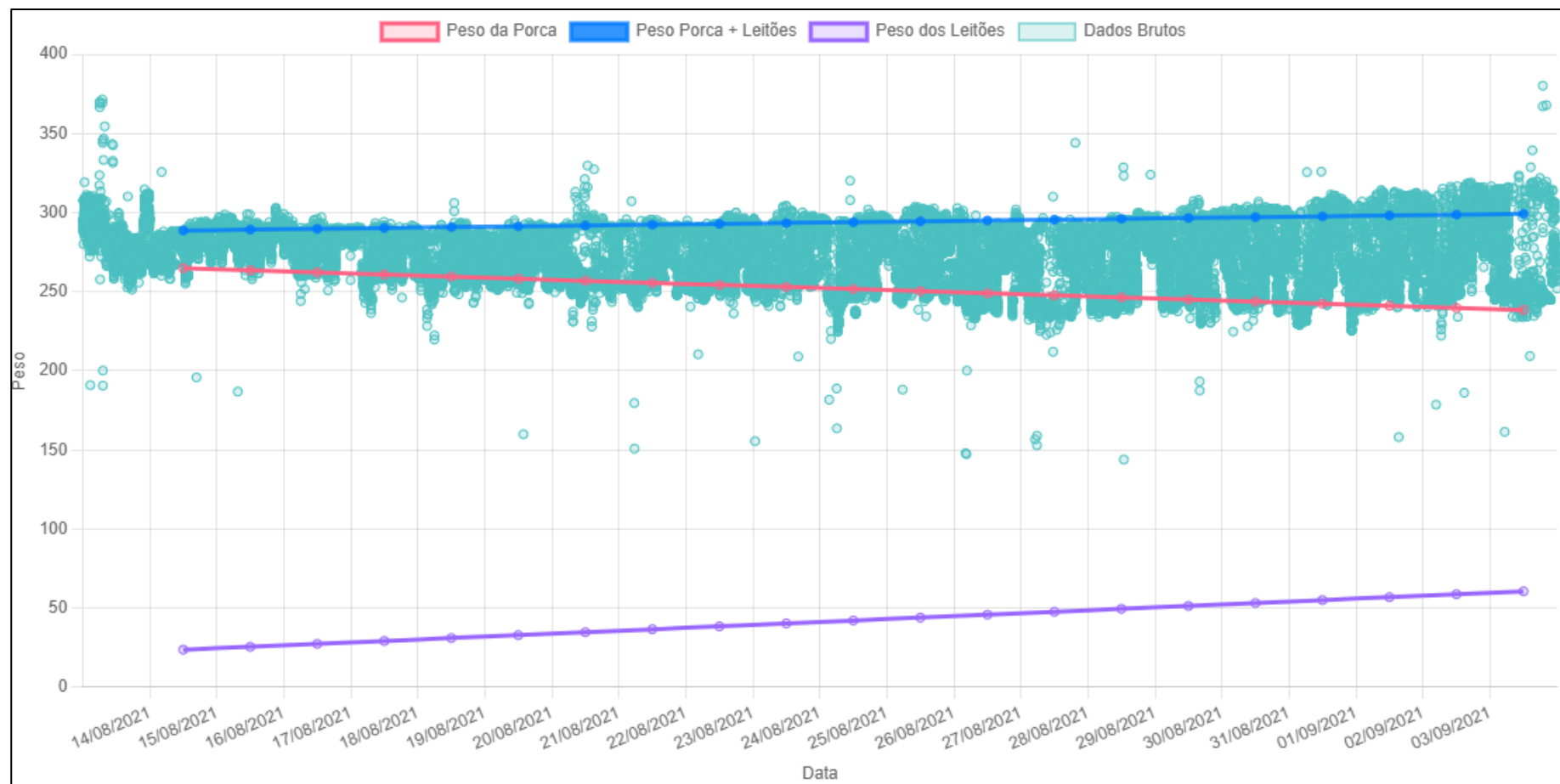
Sheet 1

Figura 5. Estimativa do comportamento dos pesos (kg) da fêmea jovem e sua leitegada.



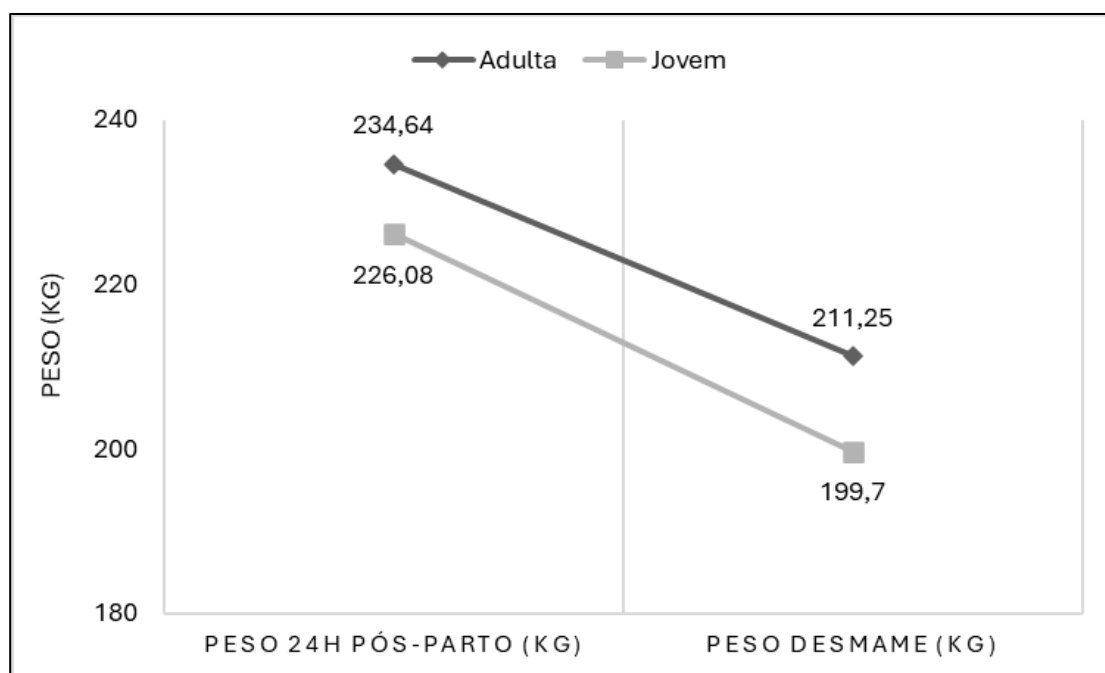
Peso estimado da fêmea 24h pós-parto: 216,40 kg; desmame: 179,03 kg; peso estimado leitegada 24h pós-parto (15 leitões): 20,11 kg; desmame: 66,83 kg (12 leitões).

Figura 6. Estimativa do comportamento dos pesos (kg) da fêmea adulta e sua leitegada.



Peso estimado da fêmea 24h pós-parto: 264,87 kg; desmame: 238,51 kg; peso estimado leitegada 24h pós-parto (17 leitões): 23,83 kg; desmame: 60,72 kg (13 leitões).

Gráfico 1. Peso corporal estimado das matrizes durante a lactação.



Adulta: terceira e quarta paridade (n=7). Jovem: primeira paridade (n=7).
Desmame: 21 dias.

Tabela 2. Desempenho dos leitões e das fêmeas jovens e adultas de acordo com o peso real e peso estimado da leitegada.

Variável	Peso real (PR)		Peso estimado (PE)		EPM ²	Estatística ³
	Jovem ¹	Adulta	Jovem	Adulta		
Nº de animais	10	9	10	9		
Nº nascidos totais	14,8	15,2	14,8	15,2	0,952	
Nº nascidos vivos	13,1	12,4	13,1	12,4	0,695	
Natimortos (%)	6,1	12,4	6,1	12,4	0,376	
Mumificados (%)	5,4	5,8	5,4	5,8	0,299	
Nº equalizados	12,9	13,0	12,9	13,0	0,462	
Nº mortalidade	1,6	2,4	1,6	2,4	0,306	
Nº leitões 21d (kg)	11,2	10,7	11,2	10,7	0,422	
Peso pós-parto (kg)	226,08	234,64	226,08	234,64	7,736	
Peso ao desmame (kg)	199,70	211,25	199,70	211,25	8,349	
Perda de peso (kg) ⁴	26,38	23,40	26,38	23,40	1,979	
Perda de peso (%)	11,9	10,2	11,9	10,2	1,042	
Peso leitão 1d (kg)	1,41	1,62	1,37	1,76	0,087	
Peso leitão 21d (kg)	5,67	6,61	5,53	6,42	0,479	*PR
GPD leitão (kg)	0,203	0,238	0,212	0,264	0,014	
Peso leitegada 1d (kg)	17,58	19,94	16,18	19,83	0,833	*PE
Peso leitegada 21d (kg)	62,32	70,27	60,43	66,74	2,731	
GPD leitegada (kg)	2,130	2,397	2,279	2,706	0,149	
Produção de leite (kg/dia) ⁵	6,214	7,326	6,214	7,326	0,547	

¹Jovem: primeira paridade; Adulta: terceira e quarta paridade.²EPM: Erro padrão da média.³Teste t de Student **P < 0,05; 0,05 < *P < 0,10.⁴Jovem (n= 7); Adulta (n =7).⁵Adaptada de Etienne e Noblet (1989).

Tabela 3. Consumo de ração das fêmeas suínas jovens e adultas na primeira, segunda e terceira semana de lactação.

Variável	Idade ¹			Valor de P ²			EPM ³
	Jovem	Adulta	média	Idade	Semana	Idade x semana	
Nº de animais	10	10		0,124	0,489	0,607	0,142
Consumo de ração (Kg)							
7	3,94	4,05	4,00				
14	4,01	4,82	4,41				
21	3,98	4,40	4,19				
média	3,92	4,33					

¹Jovem: primeira paridade; Adulta: terceira e quarta paridade.²Teste de Tukey a 5% de probabilidade.³EPM: Erro padrão da média.

Tabela 4. Espessura de toucinho das fêmeas suínas jovens e adultas na primeira, segunda e terceira semana de lactação.

Variável	Idade ¹			Valor de P ²			EPM ³
	Jovem	Adulta	média	Idade	Semana	Idade x semana	
Nº de animais	10	10		0,002	<0,0001	0,974	0,153
ET (mm)							
7	13,10	13,78	13,42 a				
14	12,16	12,96	12,56 b				
21	11,15	11,87	11,51 c				
média	12,14	12,84					

¹Jovem: primeira paridade; Adulta: terceira e quarta paridade.²Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença entre as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.³EPM: Erro padrão da média.

ET = espessura de toucinho no ponto P2.

Tabela 5. Uso de água das fêmeas suínas jovens e adultas na primeira, segunda e terceira semana de lactação.

Variável	Idade ¹		média	Valor de P ²			EPM ³
	Jovem	Adulta		Idade	Semana	Idade x semana	
Nº de animais	10	10		0,002	<0,0001	0,680	2,218
Uso de água (L)							
7	18,60	28,17	23,39 b				
14	25,40	40,40	32,51 a				
21	38,86	49,62	43,96 a				
média	27,62	39,00					

¹Jovem: primeira paridade; Adulta: terceira e quarta paridade.²Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença entre as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.³EPM: Erro padrão da média.

Tabela 6. Variáveis fisiológicas das fêmeas suínas jovens e adultas na primeira, segunda e terceira semana de lactação.

Variável	Idade ¹		média	Valor de P ²			EPM ³
	Jovem	Adulta		Idade	Semana	Idade x semana	
Nº de observações	18	18		0,043	0,572	0,629	0,003
TR (°C)							
7	39,47	39,37	39,42				
14	39,72	39,44	39,58				
21	39,68	39,29	39,49				
média	39,62	39,37					
Nº de observações	18	18		0,464	0,283	0,337	2,981
FR (mov/min)							
7	66,57	74,70	70,64				
14	85,10	74,50	79,80				
21	86,92	76,17	81,26				
média	79,28	75,12					

¹Jovem: primeira paridade; Adulta: terceira e quarta paridade.²Teste de Tukey a 5% de probabilidade.³EPM: Erro padrão da média.

TR = temperatura retal; FR = frequência respiratória.

Tabela 7. Variáveis bioquímicas do sangue das fêmeas jovens e adultas na primeira, segunda e terceira semana de lactação.

Variável	Semana			Idade ¹		Valor de P ²			EPM ³
	7	14	21	Jovem	Adulta	Idade	Semana	Idade x semana	
Proteína total (g/dL)	7,87	7,74	7,36	7,61	7,70	0,603	0,066	0,065	0,094
Albumina (g/dL)	2,94	3,11	2,96	3,11	2,89	0,099	0,493	0,285	0,070
Fosfatase alcalina (UI/L)	133,41 a	123,53 a	69,20 b	114,25	102,14	0,196	<0,0001	0,694	5,608
TGP (UI/L)	50,46 a	47,30 a	42,73 b	47,51	46,45	0,459	0,000	0,491	0,785
TGO (UI/L)	67,23	63,25	66,65	63,49	67,93	0,472	0,770	0,866	2,778
GGT (UI/L)	130,95	136,05	142,30	154,50	117,93	0,005	0,247	0,260	6,710
Creatinina (mg/dL)	1,72	1,72	1,84	1,79	1,73	0,412	0,504	0,572	0,083
Fósforo (mg/dL)	5,37 b	8,30 a	3,36 c	5,64	5,71	0,704	<0,0001	0,058	0,332
Cálcio (mg/dL)	11,06	11,21	10,80	10,92	11,12	0,453	0,421	0,190	0,130
Colesterol (mg/dL)	48,89	47,25	51,15	57,10	41,10	<0,0001	0,358	0,499	1,533

¹Jovem: primeira paridade; Adulta: terceira e quarta paridade.

²Letras diferentes na mesma linha indicam diferença entre as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e tendência para $P < 0,10$.

TGP = transaminase pirúvica; TGO = aspartato aminotransferase; GGT = gama-glutamil transferase.

³EPM: Erro padrão da média.

Tabela 8. Perfil de aminoácidos no leite das fêmeas suínas jovens e adultas na primeira, segunda e terceira semana de lactação.

Aminoácidos (%)	Semana			Idade ¹		Valor de P ²			EPM ³
	7	14	21	Jovem	Adulta	Idade	Semana	Idade x semana	
Lisina	1,81 a	1,69 b	1,80 ab	1,73	1,80	0,111	0,024	0,668	0,020
Metionina	0,53	0,51	0,54	0,53	0,53	0,983	0,252	0,566	0,008
Cisteína	0,41	0,38	0,38	0,40	0,38	0,304	0,102	0,404	0,006
Metionina + cisteína	0,93	0,89	0,93	0,92	0,91	0,732	0,253	0,425	0,017
Treonina	1,13	1,07	1,12	1,11	1,11	0,954	0,234	0,450	0,016
Arginina	1,26 a	1,17 b	1,23 ab	1,21	1,23	0,822	0,035	0,556	0,015
Isoleucina	1,11	1,03	1,09	1,07	1,08	0,725	0,142	0,701	0,016
Leucina	2,32	2,21	2,31	2,27	2,29	0,779	0,284	0,387	0,034
Valina	1,43	1,34	1,41	1,37	1,40	0,456	0,126	0,734	0,020
Histidina	0,74	0,69	0,73	0,71	0,72	0,591	0,142	0,637	0,009
Fenilalanina	1,11	1,04	1,09	1,07	1,09	0,466	0,102	0,625	0,014
Glicina	0,81 a	0,77 b	0,82 a	0,79	0,81	0,956	0,021	0,450	0,011
Serina	1,39 a	1,30 b	1,37 ab	1,34	1,36	0,526	0,063	0,687	0,017
Prolina	2,80 ab	2,73 b	2,95 a	2,77	2,91	0,116	0,007	0,716	0,036
Alanina	0,97	0,92	0,95	0,95	0,95	0,982	0,172	0,361	0,013
Asparagina	2,26 a	2,09 b	2,18 ab	2,17	2,18	0,891	0,049	0,589	0,029
Glutamato	5,39 ab	5,12 b	5,48 a	5,25	5,39	0,677	0,035	0,763	0,006

¹Jovem: primeira paridade (n=6); Adulta: terceira e quarta paridade (n=9).

²Letras diferentes na mesma linha indicam diferença entre as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e tendência para P<0,10.

³EPM: Erro padrão da média.

**ARTIGO 2 - COMPORTAMENTO ALIMENTAR DE FÊMEAS SUÍNAS DE ALTA
PRODUÇÃO DURANTE A LACTAÇÃO MANTIDAS EM CLIMA TROPICAL**

Artigo elaborado segundo as normas da UFLA

(Versão preliminar)

Joana Barreto¹, Fábio Loures Cruz¹, Bruno Alexander Nunes Silva², Márvio Lobão Teixeira
de Abreu¹

¹Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil.

²Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros,
MG, Brasil.

RESUMO

As atuais matrizes suínas são caracterizadas pela alta produção e uma menor ingestão voluntária de ração durante a lactação. Quando submetidas às altas temperaturas reduzem o consumo e alteram seu comportamento alimentar. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a cinética de consumo de fêmeas suínas jovens e adultas na fase de lactação em condições de clima tropical através do uso de alimentadores inteligentes automatizados. Um total de 20 matrizes suínas divididas em duas categorias jovens (n=10; OP1) e adultas (n=10; OP 3 e 4) foram utilizadas. As matrizes foram alojadas aos 110 dias de gestação em gaiolas de maternidade equipadas com um alimentador inteligente automatizado. As variações da temperatura ambiente, umidade relativa do ar (UR) e o fotoperíodo na instalação foram semelhantes às condições externas. A temperatura média registrada ao longo do dia oscilou entre 19,6 e 30°C. As matrizes foram expostas a temperaturas acima de 26,0°C em 43,3% do tempo total do período experimental. Quanto às temperaturas acima de 30°C, as fêmeas foram expostas 12,4% do tempo. A frequência de visitas, consumo de ração por visita e o consumo médio diário não foram influenciados pela idade das fêmeas. No entanto, o consumo por visita foi maior na terceira semana de lactação. O comportamento alimentar foi influenciado pelo período do dia com maiores consumos observados no período da manhã, além de dois picos de atividade alimentar: um entre 00:00h e 10:00h e outro entre 15:00h e 18:00h. O consumo de ração foi numericamente superior nas fêmeas adultas em comparação às jovens ao longo da lactação. É possível observar que os suínos apresentam um comportamento alimentar bifásico definido. A redução no consumo de ração de fêmeas lactantes mantidas em climas tropicais está relacionada aos efeitos combinados de altas temperaturas e umidade, impactando seu desempenho.

Palavras-chave: altas temperaturas, comportamento alimentar; consumo de ração; lactação

ABSTRACT

Modern sows are characterized by high productivity and reduced voluntary feed intake during lactation. When exposed to high temperatures, feed consumption decreases and feeding behavior is altered. Therefore, the objective of this study was to evaluate the feeding kinetics of young and adult lactating sows under tropical climate conditions using automated intelligent feeders. A total of 20 sows were divided into two categories: young (n=10; parity 1) and adult (n=10; parities 3 and 4). The sows were housed at 110 days of gestation in farrowing crates equipped with automated intelligent feeders. Variations in ambient temperature, relative humidity (RH), and photoperiod inside the facility mirrored external conditions. The average daily temperature ranged from 19.6 to 30°C. Sows were exposed to temperatures above 26.0°C for 43.3% of the total experimental period. Regarding temperatures above 30°C, sows were exposed for 12.4% of the time. The number of feeder visits, feed intake per visit, and average daily feed intake were not affected by sow age. However, feed intake per visit was higher during the third week of lactation. Feeding behavior was influenced by the time of day, with greater intake observed in the morning, and two distinct feeding peaks: one between 00:00h and 10:00h, and another between 15:00h and 18:00h. Overall, feed intake was numerically higher in adult sows compared to young sows throughout lactation. These findings indicate that sows have a defined biphasic feed intake pattern. The reduction in feed intake of lactating sows housed in tropical climates is related to the combined effects of high temperature and humidity, impacting their performance.

Keywords: feeding behavior; feed intake; high temperatures, lactation.

1. INTRODUÇÃO

As matrizes atuais são caracterizadas por uma elevada prolificidade e produção, ilustrado pelo aumento no número total de leitões nascidos e desmamados/fêmea/ano (Theil *et al.*, 2023). Porém, as linhagens modernas são mais pesadas, possuem menor quantidade de tecido adiposo e uma menor capacidade de consumo de ração (Carrión-López *et al.*, 2022). O consumo de ração durante a fase de lactação é um dos principais desafios na nutrição das matrizes suínas (Nichols *et al.*, 2017). Ainda que este período corresponda a apenas 15 a 20% do ciclo produtivo da fêmea, é considerado o de maior exigência metabólica. Durante esse estágio, a prioridade da matriz é sustentar a produção de leite para uma leitegada numerosa e de rápido crescimento. Contudo, as matrizes são incapazes de atender plenamente à maior demanda metabólica apenas pelo aumento do consumo voluntário de ração (Tokach *et al.*, 2019).

Fêmeas primíparas têm menores reservas corporais e uma ingestão de ração 15 a 20% menor durante a lactação quando comparadas às fêmeas múltiparas (Eissen *et al.*, 2000; Theil *et al.*, 2012). Esse padrão observado se justifica pelo aumento das necessidades de energia para manutenção em função do maior peso corporal com o avançar da idade do animal. Também é observado um aumento no consumo de ração das matrizes à medida em que o tamanho da leitegada aumenta. Este aumento observado pode ser relacionado com a maior produção de leite em função do maior número de leitões (Ngo *et al.*, 2012).

As matrizes suínas são comumente submetidas a uma alimentação controlada no período pré-parto. No entanto, após o parto, há uma demanda crescente por nutrientes e energia para sustentar a produção de leite necessária para os leitões, que apresentam rápido crescimento Solà-Oriol & Gasa (2017). Garantir uma ingestão alimentar adequada para a matriz durante a fase de lactação é crucial para evitar um intenso balanço energético negativo, ocasionando a mobilização excessiva de reservas corporais (Cools *et al.*, 2014).

Diferentes manejos alimentares são praticados na lactação desde a alimentação a vontade, com acesso contínuo a ração ao longo do dia até a alimentação controlada, com quantidades fixas de ração em horários determinados (Poulopoulou *et al.*, 2018). Os sistemas de alimentação a vontade controlados pela fêmea foram projetados para aumentar o consumo

de ração durante essa fase, contudo esses mecanismos não são capazes de registrar a quantidade e o momento em que a ração é solicitada pelo animal.

Mais recentemente, foram desenvolvidos sistemas de alimentação automatizados e monitorados por computadores que são capazes de registrar a quantidade de ração e os horários de alimentação das matrizes, possibilitando o fornecimento de ração controlado diretamente pelo animal através da ativação de um sensor (Gorr *et al.*, 2024). Dessa forma, os alimentadores automáticos mais modernos para a fase de lactação permitem que as matrizes possam comer livremente e definir o seu consumo de ração ao longo do dia, de acordo com as suas preferências. Isto implica diretamente na sensação de saciedade e bem-estar da fêmea e possibilita o conhecimento do comportamento de consumo em tempo real (Rodríguez *et al.*, 2023).

Os alimentadores eletrônicos também podem fornecer informações importantes sobre o comportamento alimentar dos animais quando expostos à desafios ambientais relacionados aos fatores climáticos. As fêmeas suínas lactantes são muito susceptíveis ao estresse por calor e podem ter o seu desempenho produtivo comprometido nessa condição. Quando são expostas às temperaturas que extrapolam a zona de conforto, reduzem o consumo voluntário de ração em resposta ao efeito termogênico da dieta e, conseqüentemente, a produção de leite e o ciclo reprodutivo subsequente poderão ser afetados (Dourmad *et al.*, 2022).

De acordo com Silva *et al.* (2021), em condições tropicais, as altas temperaturas tiveram um impacto negativo no consumo voluntário de ração e alteraram o comportamento alimentar das matrizes múltiparas em lactação. Comparando as diferentes estações, fria ou quente, entre os dias 9 e 24 da lactação, foi observado um maior consumo voluntário de ração na estação fria. Desse modo, a relação entre o consumo voluntário de ração e a ingestão diária de nutriente, com base nos requerimentos nutricionais da fêmea, foi menor para as fêmeas na estação quente (66%) em comparação a estação fria (90%). Além disso, o tempo de ingestão diário e o tempo de ingestão por refeição foram reduzidos na estação quente em comparação a estação fria.

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho e a cinética do comportamento alimentar de fêmeas suínas jovens e adultas na fase de lactação em condições de clima tropical através do uso de alimentador inteligente automatizado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Comitê de Ética no Uso de Animais

Todos os métodos envolvendo o manejo animal foram realizados de acordo com as normas aprovadas pelo Comitê Institucional de Bem-Estar e Ética/Proteção Animal da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG – CEUA), registrado sob o protocolo nº 131/2021.

2.2 Animais e procedimentos amostrais

Um total de 20 matrizes de alta prolificidade (TN70[®] Topigs Norsvin) e diferentes ordens de parto (n=10 jovens OP1; n=10 adultas OP3 e 4), provenientes de seis lotes sucessivos, foram utilizadas no estudo durante a fase de lactação conduzido na instalação de maternidade do Setor de Suinocultura do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (ICA/UFMG) no período de junho de 2021 a janeiro de 2022. De acordo com o método de classificação de Köppen (1948), o clima da região é considerado Cwa (quente, temperado, chuvoso, com invernos secos e verões quentes). Aos 110 de gestação, as matrizes foram transferidas para a instalação de maternidade e alojadas em baias individuais (2,1 × 2,2 m) com piso de metal, equipadas com um alimentador inteligente automatizado (AIA; Gestal Quattro Opti – Jyga Technologies, Canada) e células de carga adaptadas sob o piso da fêmea (Intergado, Betim, Minas Gerais, Brasil).

A dieta foi formulada a base de milho e farelo de soja, suplementadas com aminoácidos industriais, óleo de soja, vitaminas e minerais. Além disso, foram utilizados aditivos palatilizante e adsorvente. A formulação da dieta foi baseada no manual da linhagem (TN70[®] Topigs Norsvin) para atender as exigências nutricionais das fêmeas (Tabela 1). As matrizes foram alimentadas *ad libitum* de acordo com a curva de alimentação definida, baseado no histórico de consumo do setor durante o período de lactação (entre os dias 1 e 21 pós-parto).

O manejo alimentar individual das matrizes foi realizado através do alimentador inteligente automatizado. Cada vez que o sensor no comedouro foi acionado pelo animal, foram disponibilizadas aproximadamente 0,250 kg de ração. O sensor poderia ser ativado a cada 5 minutos para evitar desperdício. Para estimular o consumo e a movimentação das matrizes, um estímulo foi programado e acionado automaticamente a cada duas horas, disponibilizando 0,030 kg de ração. Os dados foram continuamente registrados e armazenados em um servidor a cada 15 minutos, resultando em 6541 informações. Diariamente, as recusas matinais que estavam fermentadas eram manualmente recolhidas e pesadas no mesmo horário (entre 11h e 11h30) e

o consumo de ração diário determinado pela diferença da oferta e recusa de ração da manhã seguinte. No dia anterior ao desmame, as matrizes receberam alimentação restrita (5 kg) para padronizar o consumo para a pesagem ao desmame.

O comportamento alimentar individual das matrizes foi registrado durante o dia dividido em quatro períodos, sendo eles: início da manhã (00:00-06:00), manhã (06:00-12:00), tarde (12:00-18:00) e noite (18:00-00:00) para avaliar a cinética de consumo em 24 horas. Os dados registrados durante o período total da lactação entre a primeira, segunda e terceira semana foram utilizados para avaliar a frequência de visitas, a quantidade de ração por visita e o consumo médio diário de ração através do alimentador inteligente automatizado. A perda de peso (kg/dia) das matrizes foi calculada a partir da diferença entre o peso estimado no pós-parto e ao desmame.

As variações da temperatura ambiente, umidade relativa do ar (UR) e o fotoperíodo foram semelhantes às condições externas. A temperatura ambiente e a UR foram continuamente registradas (uma medição a cada 10 minutos) na instalação de maternidade, através de um *datalogger* conectado a uma sonda (Didai Tecnologia Ltda., Campinas, Brasil), posicionado a um metro acima do piso. Com base nessas informações foram obtidas as médias das variáveis climáticas para cada lote. O ITU (Índice de Temperatura e Umidade) foi calculado a partir da equação de Buffington *et al.* (1982).

2.3 Estatística

Os dados foram testados para normalidade através do teste de Shapiro-Wilk (PROC UNIVARIATE). Para valores de probabilidade maior do que 5% no teste de Shapiro-Wilk, a distribuição de peso foi considerada normal e, quando não atendida, foi utilizado o procedimento PROC RANK do SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC, v. 9.3) para a normalização dos resíduos. Os efeitos do período e da semana de lactação sobre a cinética do comportamento alimentar foram testados por um modelo linear misto utilizando o procedimento PROC MIXED do SAS. As diferenças foram avaliadas por meio de comparações múltiplas das médias ajustadas pelo teste de Tukey, adotando-se nível de significância de 5% ($P < 0,05$). A cinética de consumo durante a lactação (1 a 21 dias) entre as categorias jovens e adultas foi avaliada através do teste t de Student para amostras independentes, adotando o nível de significância de 5% ($P < 0,05$).

3. RESULTADOS

Principais características das variáveis climáticas.

A temperatura e a umidade relativa médias registradas foram de 24,4°C e 64%, respectivamente, durante o período experimental. A temperatura máxima e mínima e a umidade relativa foram de 37,5°C e 11,9°C, e 96,6% e 22,4%, respectivamente. A amplitude térmica observada para temperatura e umidade foi de 25,6°C e 74,2%, respectivamente. Durante o período experimental as matrizes foram expostas a temperaturas acima de 25°C em 43,3% do tempo. Quanto às temperaturas acima de 30°C, foram expostas em 12,4% do tempo. O ITU máximo, médio e mínimo calculados foram de 93,23, 72,34 e 57,49, respectivamente (Tabela 2).

Efeitos da semana de lactação e idade das fêmeas no desempenho e na cinética do comportamento alimentar.

O desempenho das fêmeas jovens e adultas e o comportamento alimentar são apresentadas na Tabela 3. A frequência de visitas ao comedouro não foi influenciada pela semana de lactação ($P=0,3865$) ou pela idade das fêmeas ($P=0,2311$), com média de 15 a 16 visitas por dia. O consumo por visita (g/visita) variou significativamente ao longo das semanas ($P=0,0072$), com menor valor observado na primeira semana (257 g) em comparação à terceira semana (273 g). O consumo médio diário de ração (kg/dia) não diferiu entre semanas ($P=0,3616$) ou entre as idades ($P=0,2014$), com valores variando de 3,918 a 4,351 kg/dia ao longo do período avaliado. A perda de peso (kg/dia) foi estatisticamente semelhante entre as fêmeas jovens e adultas durante a lactação ($P=0,4027$).

Flutuações diária da temperatura ambiente e o efeito do período do dia no consumo de ração (gramas/visita) durante a lactação.

Independentemente da idade das fêmeas, o consumo por visita variou significativamente ao longo dos diferentes períodos do dia (Figura 1). O padrão de ingestão voluntária de ração dentro de 24h atingiu o pico duas vezes ao dia. Os dois picos foram observados entre 00:00h e 10:00h e entre 15:00h e 18:00h, respectivamente. Os maiores consumos foram observados no início da manhã (00:00-06:00) e manhã (06:00-12:00) com 272 e 278 g/visita, respectivamente ($P<0,001$) e não diferiram entre si. Os menores consumos foram registrados a tarde (12:00-18:00) e a noite (18:00-00:00), sendo o consumo do período da tarde (257 g/visita) superior

($P < 0,001$) ao período noturno (243 g/visita). A temperatura média registrada ao longo do dia oscilou entre 19,6 e 30°C.

Flutuações do ITU e o efeito da idade das fêmeas no consumo de ração diário (kg/dia) durante a lactação.

A cinética de consumo durante a lactação entre as categorias jovens e adultas é ilustrada na Figura 2. Não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) no consumo de ração ao longo da lactação entre as idades na maioria dos dias, exceto para o dia 14 ($P = 0,0420$), onde as fêmeas adultas apresentaram um consumo superior (5,412 kg/dia) em comparação às jovens (4,366 kg/dia). O ITU apresentou variação ao longo dos dias, com valor médio de 72.

4. DISCUSSÃO

Em regiões de clima tropical, a combinação de altas temperaturas e alta umidade relativa, resultando em estresse por calor, se tornou um dos principais desafios que afetam a eficiência da produção dos suínos nessas condições (Silva *et al.*, 2009). Em função do melhoramento genético, uma maior produção de calor é observada nos animais atuais, tornando-os mais sensíveis ao estresse térmico, principalmente quando essa condição é associada ao período de lactação, considerado uma fase de intenso metabolismo das matrizes (Bjerg *et al.*, 2020). As matrizes suínas lactantes são particularmente vulneráveis ao estresse por calor devido às intensas atividades metabólicas associadas à produção de leite, com zona termo neutra variando de 18 a 22°C (Renaudeau *et al.*, 2012).

Quando a temperatura ambiente está acima da zona de conforto, a matriz reduz o consumo voluntário de ração para reduzir a produção de calor devido ao efeito térmico da ração. A redução do consumo voluntário de ração tem consequências diretas na mobilização de reservas corporais, reduzindo o peso corporal da fêmea e sua produção de leite, além de afetar a fase reprodutiva subsequente da matriz (Black *et al.*, 1993; Dourmad *et al.*, 1998). Durante todo o período experimental as variações da temperatura ambiente e umidade foram semelhantes às condições externas, caracterizada como clima tropical úmido, com temperatura média registrada de 24,4°C. Durante 44% do tempo, as fêmeas ficaram expostas a temperaturas acima de 26°C. Além disso, a umidade relativa do ar apresentou uma amplitude de aproximadamente 75%, o que poderia potencializar o estresse e a sensação térmica. Dessa

forma, as variáveis climáticas registradas no presente estudo podem ter provocado uma condição de estresse por calor ao longo do experimento para os animais.

A frequência de visitas não foi influenciada pela semana de lactação ou pela idade das fêmeas. Em média, foram realizadas de 15 a 16 visitas ao comedouro por dia, o que pode ser considerado um indicativo de boa adaptação ao sistema de alimentação, especialmente pelas primíparas. Apesar da estabilidade na frequência de visitas, o consumo por visita (g/visita) apresentou variação significativa entre as semanas, com menor valor na primeira semana em comparação à terceira. Esse aumento pode refletir uma adaptação fisiológica progressiva ao período de lactação, em que há um crescimento na demanda nutricional para atender à produção de leite e manutenção da condição corporal. De acordo Hansen *et al.* (2012), para fêmeas de alta produção, o dia médio do pico de lactação previsto foi o dia 18 pós-parto com uma produção de leite média de 9,23 kg, correspondente a terceira semana de lactação. Nielsen *et al.* (2002) relataram um efeito quadrático entre os dias de lactação e a produção de leite, com um pico observado entre os dias 15 e 21. Ao atingirem sua produção máxima de leite e, portanto, uma maior necessidade de energia e nutrientes, o consumo de ração médio diário tem um impacto maior nas semanas 2 e 3 do que a semana 1 (Koketsu *et al.*, 1996; Strathe *et al.*, 2015), corroborando com os resultados de consumo por visita observados.

Por outro lado, o consumo médio diário de ração não apresentou variações significativas entre as semanas de lactação ou entre as idades das fêmeas, com valores variando entre 3,918 e 4,351 kg/dia. Esses valores observados podem ser considerados baixos para fêmeas em lactação, especialmente diante das elevadas exigências nutricionais desse período. Esse resultado se contrasta com diferentes pesquisas realizadas nos últimos anos. Por exemplo, Gauthier *et al.* (2019) encontraram diferenças significativas no consumo médio de ração na primeira semana de lactação (4,48 kg/d) comparado à segunda e terceira semanas (6,59 e 7,42 kg/d, respectivamente). O consumo de ração também aumentou com a paridade, de 5,19 para 6,75 kg/d para fêmeas de ordem de parto um e três, respectivamente.

O fato de o consumo por visita ter aumentado ao longo das semanas, enquanto a frequência de visitas permaneceu constante, sugere que houve uma tentativa de compensação por parte das fêmeas para atender, pelo menos parcialmente, o aumento das demandas nutricionais durante a lactação. No entanto, o consumo médio total (kg/dia) indica que esse comportamento pode não ter sido suficiente para suprir adequadamente essas demandas, podendo comprometer a produção de leite, a manutenção da condição corporal e o desempenho

reprodutivo subsequente. Ainda que a perda de peso tenha sido estatisticamente semelhante entre as fêmeas jovens e adultas, esse indicativo reforça a hipótese de que o consumo não atendeu plenamente às exigências nutricionais. As fêmeas primíparas perderam, em média, 142 g/dia a mais do que fêmeas multíparas, resultando em uma perda acentuada de suas reservas corporais correspondente a 11,2% do peso pós-parto. Para multíparas, uma perda de 9 a 12% do seu peso corporal é considerada normal e, uma perda de até 8% foi considerada adequada para as fêmeas primíparas (Clowes *et al.*, 2003; Schenkel *et al.*, 2010).

Como mencionado anteriormente, limitações no consumo voluntário de ração e, consequentemente redução do desempenho, são relacionadas a fatores, como o estresse por calor. Ao avaliar o efeito da temperatura ambiente através de uma meta-análise, Dourmad *et al.* (2022) estimaram a resposta das fêmeas lactantes ao aumento de temperatura para diferentes parâmetros fisiológicos. A frequência respiratória, o consumo de ração e a produção de leite foram os três critérios com maiores respostas ao aumento da temperatura de 22 para 32 °C. Foi observado um aumento em 175% na resposta da frequência respiratória, o que representou um acréscimo de 5,96 respirações por minuto por °C. Para o consumo de ração, foi observada uma redução em 36%, ou seja, houve uma redução de 189g/dia por °C. A produção de leite foi afetada negativamente em 20%, resultante tanto do menor consumo de ração quanto da disponibilidade de nutrientes na corrente sanguínea. Portanto, sugere-se que a temperatura ambiente registrada no presente estudo pode ter afetado diretamente o consumo e desempenho dos animais ao longo do experimento.

Em uma comparação do consumo de ração por hora (durante 24 h), ambas as categorias de idade apresentaram dois picos diários no padrão de ingestão de ração. Os picos coincidem com a diferença estatística observada entre os períodos do dia, sendo o maior consumo (g/vista) observado entre 00:00h e 12:00h, seguindo pelo período entre 12:00h e 18:00h. Geralmente, dois picos de atividade de alimentação ocorrem durante o dia sob temperaturas ambientais naturais (Gourdine *et al.*, 2006; Renaudeau *et al.*, 2003; Silva *et al.*, 2009). Enquanto um pico pode ser observado no início da manhã, um segundo pico é observado no final da tarde ou início da noite, indicando que a atividade do padrão de alimentação das fêmeas lactantes é impulsionada pela temperatura ambiente e pela variação do fotoperíodo (Silva *et al.*, 2021). Os resultados obtidos em climas tropicais indicam que o maior consumo de ração tende a acontecer sob as temperaturas mais baixas (Renaudeau *et al.*, 2005), corroborando com o presente estudo.

Segundo Feddes & DeShazer (1988), suínos mantidos em temperaturas constantes tendem a consumir maior quantidade de ração duas horas após as luzes serem acesas e três horas antes das luzes serem apagadas. Semelhante ao que foi relatado anteriormente, Remus *et al.* (2020) observaram que suínos nas fases de crescimento e terminação realizaram a maioria das refeições entre 06:00h e 18:00h, correspondente ao intervalo de luzes acesas na instalação. Além disso, foi relatado que durante o período noturno, os suínos realizaram refeições maiores quando comparado com o período diurno, ou seja, o comportamento alimentar noturno parece ser caracterizado por refeições maiores e mais longas e o comportamento alimentar diurno por refeições mais frequentes e menores.

Em uma comparação diária de ingestões de ração ou variações de um dia para o outro, as fêmeas adultas apresentaram um consumo voluntária de ração maior no dia 14 em comparação com as fêmeas jovens (5,412 kg vs. 4,366 kg, respectivamente). Além disso, o ITU calculado apresentou variação ao longo dos dias, com valor médio de 72. Segundo Nardone *et al.* (2006), a temperatura por si só não é suficiente para caracterizar o ambiente. Em condições de estresse por calor, a umidade relativa se torna um fator determinante (Huynh *et al.*, 2005). Os resultados de Quiniou and Noblet (1999) indicaram que cada aumento de grau na temperatura ambiente entre 25 e 27°C, a uma UR flutuando entre 50 e 60% resultaram em uma redução do consumo de ração equivalente a 214 g/d. Em uma faixa de temperatura similar e a aproximadamente 94% de UR, Silva *et al.* (2009) observaram uma redução ainda mais significativa de 492 g/dia para cada aumento de grau na temperatura, evidenciando o impacto da umidade no estresse por calor.

Para descrever os efeitos do ambiente no animal, índices que combinam temperatura e umidade como o ITU podem ser utilizados (Wagner *et al.*, 2016). De acordo com Botto *et al.* (2014), o valor de ITU ideal para suínos deve ser abaixo de 74. Valores dentro do intervalo de 74 a 79 é considerado um alerta, enquanto um valor de 79 a 84 é considerado crítico para os animais. Mesmo com uma média dentro da faixa ideal, é importante destacar que o ITU apresenta variações ao longo dos dias, o que pode indicar momentos pontuais de maior desafio térmico, especialmente quando associado a elevados níveis de umidade relativa, afetando negativamente o consumo de ração.

O consumo de ração foi consistentemente superior nas fêmeas adultas em comparação às jovens, com aumento progressivo ao longo da lactação, superando os 5 kg no dia 14. As fêmeas jovens mantiveram o consumo abaixo de 5 kg, com menor variação ao longo do tempo.

Fêmeas primíparas e de segundo parto consomem aproximadamente 15 a 20 % menos ração quando comparadas às múltíparas (Theil *et al.*, 2012). Esse padrão observado se justifica pelo aumento das necessidades de energia para manutenção em função do maior peso corporal com o avançar da idade do animal. Além disso, a redução do consumo é uma resposta fisiológica e comportamental das fêmeas ao estresse por calor (Silva *et al.*, 2021), logo, as condições de clima tropical podem acentuar o desafio relacionado ao ambiente.

5. CONCLUSÃO

As matrizes suínas em lactação possuem um padrão diurno de consumo, com maior ingestão concentrada no período da manhã, com fases de atividade alimentar bem definidas. A redução na ingestão de ração de fêmeas lactantes mantidas em climas tropicais está relacionada aos efeitos combinados de altas temperaturas e umidade, impactando seu desempenho. De modo geral, as fêmeas adultas apresentaram valores numéricos de consumo superiores durante da lactação em relação às fêmeas jovens.

REFERÊNCIAS

- BJERG, B., *et al.* Sows' responses to increased heat load—A review. **Journal of Thermal Biology**, 94: 102758, 2020.
- BLACK, J. L. *et al.* Lactation in the sow during heat stress. **Livestock Production Science**, v. 35, n. 1-2, p. 153-170, 1993.
- BOTTO, L. *et al.* The effect of evaporative cooling on climatic parameters in a stable for sows. **Res Agr Eng** 60 (Special Issue): S85-S91, 2014.
- BUFFINGTON, D. E., *et al.* Shade management systems to reduce heat stress for dairy cows in hot, humid climates. **Transactions of the ASAE**, 26.6: 1798-1802, 1982.
- CARRIÓN-LÓPEZ, M. J., *et al.* Effects of the feeding level in early gestation on body reserves and the productive and reproductive performance of primiparous and multiparous sows. **Research in Veterinary Science**, 148: 42-51, 2022.
- CLOWES, E. J., *et al.* Selective protein loss in lactating sows is associated with reduced litter growth and ovarian function. **Journal of Animal Science**, 81.3: 753-764, 2003.
- COOLS, A. *et al.* Ad libitum feeding during the periparturient period affects body condition, reproduction results and metabolism of sows. **Animal reproduction science**, v. 145, n. 3-4, p. 130-140, 2014.
- DOURMAD, J.-Y. *et al.* InraPorc: a model and decision support tool for the nutrition of sows. **Animal Feed Science and Technology**, v. 143, n. 1-4, p. 372-386, 2008.
- DOURMAD, J.-Y., *et al.* Effect of ambient temperature in lactating sows, a meta-analysis and simulation approach in the context of climate change. **Animal-Open Space**, 1.1: 100025, 2022.
- EISSEN, J. J., *et al.* Sow factors affecting voluntary feed intake during lactation. **Livestock Production Science**, v. 64, n. 2-3, p. 147-165, 2000.
- FEDDES, J. J. R.; DESHAZER, J. A. Energetic responses of growing pigs to high cyclic and constant temperatures. **Transactions of the ASAE**, v. 31, n. 4, p. 1203-1210, 1988.
- GAUTHIER, R., *et al.* Dynamic modeling of nutrient use and individual requirements of lactating sows. **Journal of Animal Science**, v. 97, n. 7, p. 2822-2836, 2019.
- GORR, Sarah C. *et al.* Ad libitum feeding systems for lactating sows: effects on productivity and welfare of sows and piglets. **animal**, v. 18, n. 3, p. 101093, 2024.
- GOURDINE, J-L., *et al.* Effects of season and parity on performance of lactating sows in a tropical climate. **Animal Science**, 79.2: 273-282, 2004.
- GOURDINE, J-L. *et al.* Effects of season and breed on the feeding behavior of multiparous lactating sows in a tropical humid climate. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 2, p. 469-480, 2006.

- HANSEN, A. V., *et al.* Predicting milk yield and composition in lactating sows: a Bayesian approach. **Journal of Animal Science**, 90.7: 2285-2298, 2012.
- HUYNH, T. T. T., *et al.* Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities. **Journal of Animal Science** 83.6: 1385-1396, 2005.
- KOEPPEN, Wilhelm. Climatologia con un estudio de los climas de la tierra. 1948.
- KOKETSU, Y., *et al.* Characterization of feed intake patterns during lactation in commercial swine herds. **Journal of Animal Science**, 74.6: 1202-1210, 1996.
- NARDONE, A., *et al.* Climatic effects on productive traits in livestock. **Veterinary Research Communications** 30: 75, 2006.
- NICHOLS, G. E., *et al.* Validation of individual computerized sow feeding systems in lactation. **Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports**, 3(7), 6, 2017.
- NGO, Thi Theu *et al.* Influence du rang de portée et du nombre de porcelets allaités sur la production laitière des truies. **44èmes Journées de la Recherche Porcine**, 2012-02-07-2012-02-08, 195-196, 2012.
- POULOPOULOU, Ioanna *et al.* Does feeding frequency during lactation affect sows' body condition, reproduction and production performance?. **Animal Science Journal**, v. 89, n. 11, p. 1591-1598, 2018.
- QUINIOU, N.; NOBLET, J. Influence of high ambient temperatures on performance of multiparous lactating sows. **Journal of Animal Science**, 77.8: 2124-2134, 1999.
- REMUS, A., *et al.* Feeding behavior of growing and finishing pigs fed different dietary threonine levels in a group-phase feeding and individual precision feeding system. **Translational Animal Science**, 4.4: txaa177, 2020.
- RENAUDEAU, D., *et al.* Effect of season and dietary fibre on feeding behaviour of lactating sows in a tropical climate. **Animal Science**, 77.3: 429-437, 2003.
- RENAUDEAU, D., *et al.* Feeding behaviour of lactating sows under hot conditions. **Pig News and Information** 26 (I) 17N – 22N, 2005.
- RENAUDEAU, D. *et al.* Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. **Animal**, v. 6, n. 5, p. 707-728, 2012.
- RODRÍGUEZ, M., *et al.* Feed intake patterns of modern genetics lactating sows: characterization and effect of the reproductive parameters. **Porcine Health Management**, v. 9, n. 1, p. 6, 2023.
- SCHENKEL, A. C., *et al.* Body reserve mobilization during lactation in first parity sows and its effect on second litter size. **Livestock science**, 132.1-3: 165-172, 2010.
- SILVA, B. A. N., *et al.* Effects of dietary protein level and amino acid supplementation on performance of mixed-parity lactating sows in a tropical humid climate. **Journal of Animal Science**, 87.12: 4003-4012, 2009.

SILVA, B. A. N., *et al.* Feed flavour supplementation improves kinetics of intake and feeding behaviour pattern of lactating sows in a tropical climate. **Livestock Science**, 250: 104559, 2021.

SOLÀ-ORIOL, D.; GASA, J. Feeding strategies in pig production: Sows and their piglets. **Animal feed Science and technology**, v. 233, p. 34-52, 2017.

THEIL, P. K. *et al.* Lactation, milk and suckling. Nutritional physiology of pigs. **Danish Pig Research Centre**, Copenhagen, Denmark, p. 1-47, 2012.

THEIL, P.K. *et al.* Feeding the modern sow to sustain high productivity. **Molecular Reproduction and Development**, v. 90, n. 7, p. 517-532, 2023.

TOKACH, M. D. *et al.* Nutrient requirements of the modern high-producing lactating sow, with an emphasis on amino acid requirements. **Animal**, v. 13, n. 12, p. 2967-2977, 2019.

WEGNER, K., *et al.* Effects of temperature and temperature-humidity index on the reproductive performance of sows during summer months under a temperate climate. **Animal Science Journal** 87.11:1334-1339, 2016.

Tabela 1 – Ingredientes e composição calculada da dieta de lactação.

Ingredientes	Inclusão (Kg)
Milho	60,629
Farelo de soja (46% PB)	31,000
Óleo de soja	2,637
Fosfato Bicálcico	2,139
Fibra ¹	1,000
Calcário Calcítico	0,770
Cloreto de sódio	0,500
DL-Metionina (98%)	0,110
L-Treonina (98,5%)	0,126
L-Triptofano (98,5%)	0,029
L-Valina (98,5%)	0,160
L-Lisina (78,5%)	0,450
Premix Mineral ²	0,150
Premix Vitaminico ³	0,050
Adsorvente ⁴	0,200
Palatabilizante ⁵	0,050
Total	100,00
Composição calculada	
Matéria seca (%)	87,54
EM, Kcal/kg	3351
PB (%)	19,01
Lis dig (%)	1,10
Met + Cys dig (%)	0,66
Trp dig (%)	0,21
Thr dig (%)	0,73
Val dig (%)	0,94
Ile dig (%)	0,71
Leu dig (%)	1,45
His dig (%)	0,45
Phe dig (%)	0,83
Phe + Tyr dig (%)	1,43
Ca dig (%)	0,92
P dig (%)	0,33
P total (%)	0,72

¹Fonte de fibra a base de madeira fresca (lignocelulose); ²Sulfato de cobre (cobre 13,00 g/kg), sulfato de ferro (ferro 100,00 g/kg), monóxido de manganês (manganês 50,00 g/kg), selênio sódico (selênio 184,00 mg/kg), sulfato de zinco (zinco 95,00 g/kg), iodo cálcio (iodo 1000 mg/kg).

³Vitamina A (225.00000 UI/kg), Vitamina D3 (380.0000 UI/kg), Vitamina E (200.000 UI/kg), Vitamina K (10.000 mg/kg), Biotina (1.000 mg/kg), Ácido fólico (9.000 mg/kg), Niacina (120.000 mg/kg), ácido pantotênico (60.000 mg/kg), Vitamina B2 (20.000 mg/kg), Vitamina B1 (8.000 mg/kg), Vitamina B6 (12.000 mg/kg) e Vitamina B12 (100.000 mcg/kg). ⁴Ligante de toxinas composto por extratos de fermentação de

Saccharomyces cerevisiae, ácido cítrico, ácido láctico, ácido fosfórico e propilenoglicol. ⁵Aditivo composto por uma mistura patenteada de aldeídos, cetonas, ésteres e sacarose quimicamente definidos, formulada para conferir um sabor de framboesa e baunilha.

Tabela 2 – Principais características das variáveis climáticas.

Variável	
Temperatura (°C)	
Mínima	11,9
Máxima	37,5
Média	24,4
Amplitude	25,6
Umidade relativa (%)	
Mínima	22,4
Máxima	96,6
Média	64,0
Amplitude	74,2
ITU¹	
Máximo	93
Mínimo	57
Médio	72
Dias expostos >26°C (%)	43,3
Dias expostos >30°C (%)	12,4

¹ITU: Índice de Temperatura e Umidade. Calculado a partir da equação de Buffington *et al.* (1982).

Tabela 3 - Efeitos da semana de lactação e idade das fêmeas no desempenho e na cinética do comportamento alimentar.

Variável	Semana			Idade ¹		EPM ²	Valor de P ³	
	1	2	3	Jovem	Adulta		Semana	Idade
Nº de animais	20	20	20	10	10	-	-	-
Frequência (visita/dia)	15	16	15	15	16	0,442	0,3865	0,2311
Consumo médio (g/visita)	257 b	264 ab	273 a	260	268	1,223	0,0072	0,0981
Consumo médio diário (kg/dia)	3,918	4,351	4,109	3,917	4,332	2,143	0,3616	0,2014
Perda de peso (kg/dia) ⁴	-	-	-	1,256	1,114	0,094	-	0,4727

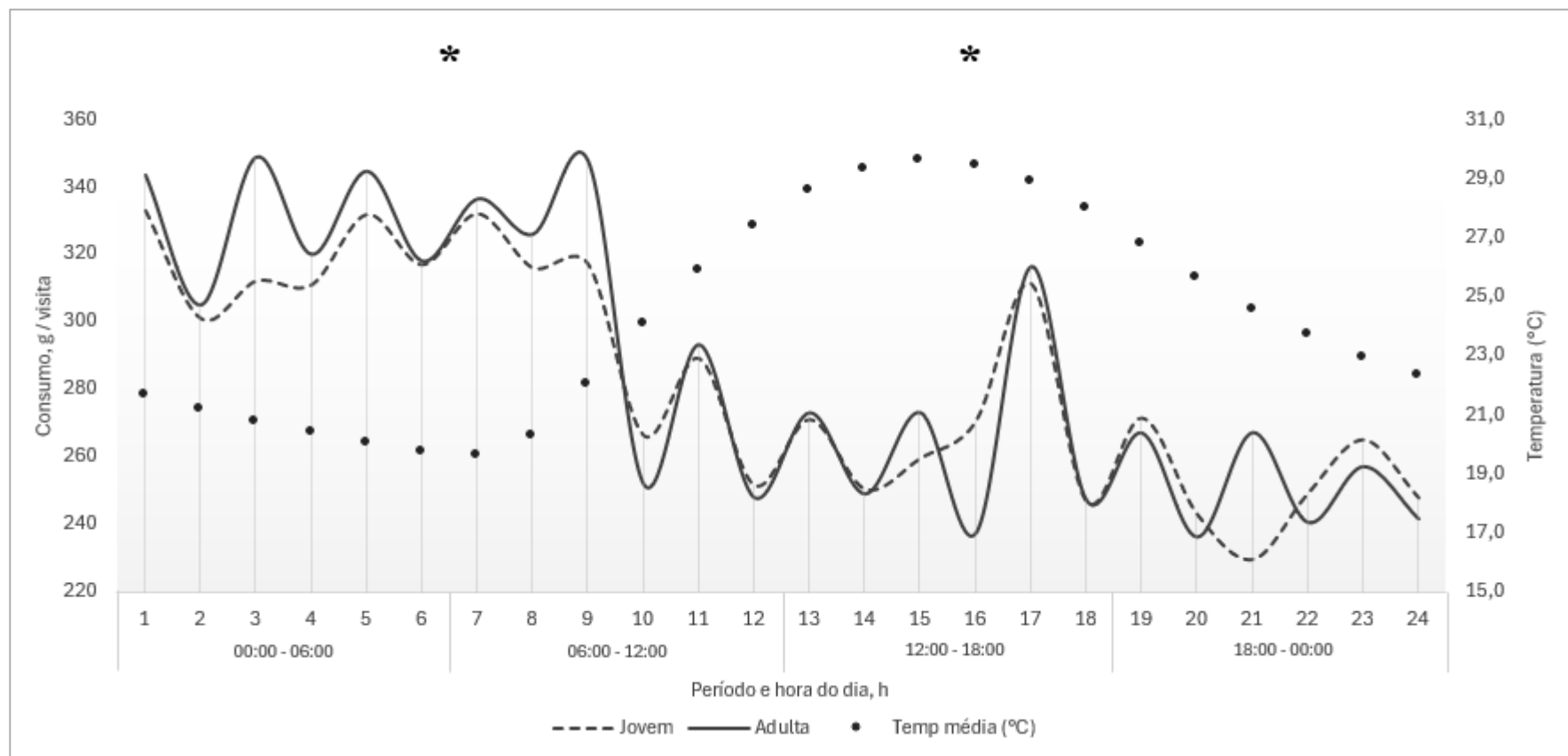
¹Jovem: primeira paridade; Adulta: terceira e quarta paridade.

²EPM: Erro padrão da média.

³Letras diferentes na mesma linha indicam diferença entre as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

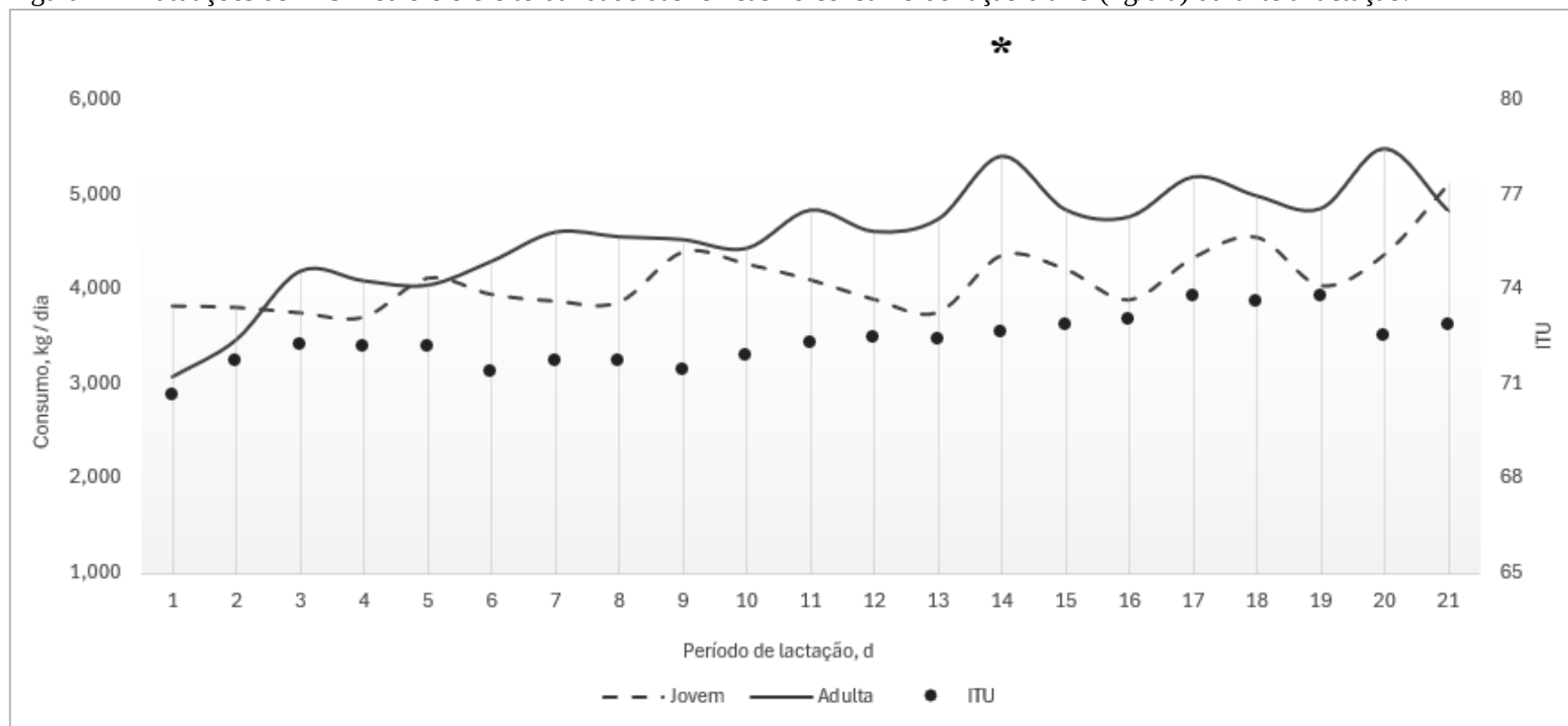
⁴Jovem (n= 7); Adulta (n =7).

Figura 1 –Flutuações diárias da temperatura ambiente e o efeito do período do dia no consumo de ração (gramas/visita) durante a lactação.



*Diferença estatística das médias de consumo nos períodos pelo teste de Tukey $p < 0,05$.

Figura 2 – Flutuações do ITU médio e o efeito da idade das fêmeas no consumo de ração diário (kg/dia) durante a lactação.



* Diferença estatística dos dias pelo teste t de Student $p < 0,05$.