

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
CURSO DE AGRONOMIA
DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO (AGR99006)

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Maria Sara Cabrera Mendéz

00224552

“Comportamento alimentar de suínos em sistemas de alimentação de precisão”

PORTO ALEGRE, março de 2021.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
CURSO DE AGRONOMIA

COMPORTAMENTO ALIMENTAR DE SUÍNOS
EM SISTEMAS DE ALIMENTAÇÃO DE PRECISÃO

Maria Sara Cabrera Mendéz

00224552

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito para obtenção
do Grau de Engenheira Agrônoma,
Faculdade de Agronomia, Universidade
Federal do Rio Grande do Sul.

Supervisor de Campo do Estágio: Dr. Zoot. Luciano Hauschild

Orientadora Acadêmica do Estágio: Dr^a. Zoot. Ines Andretta

COMISSÃO DE AVALIAÇÃO

Prof. Pedro Selbach..... Depto Solos (Coordenador)
Prof. Alberto Inda Jr..... Depto Solos
Prof. Alexandre Kessler Depto Zootecnia
Prof. André Brunes Depto Plantas Forrageiras e Agrometeorologia
Prof^a. Renata Pereira da Cruz Depto Plantas de Lavoura
Prof. Sérgio Tomasini Depto Horticultura e Silvicultura
Prof. José Antônio Martinelli Depto Fitossanidade

PORTO ALEGRE, março de 2021.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha mãe Maria Helena, minha falecida avó Elvira (para sempre em meu coração) e meus irmãos Marcus e Rafael. Agradeço por terem sido escolhidos para caminhar junto a mim neste plano, por me formarem como pessoa, por me ensinarem tudo que sei. Obrigada por tudo que fizeram e fazem por mim até os dias de hoje. Sou eternamente grata. Sempre estarei aqui.

Eu amo vocês. Muito.

Esta conquista é nossa.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à minha mãe, Maria Helena Cabrera, por me dar a vida e por exercer com força e garra o papel de mãe e pai ao longo de toda a minha criação. Ao seu apoio que me possibilitou estudar na melhor universidade federal do país e graduar-me nessa profissão tão completa e desafiadora. Aos meus irmãos Marcus e Rafael Cabrera, companheiros de vida e de caminhada. Aos meus sobrinhos Benjamin e Antonella, a tia ama vocês! À minha tia querida Eugênia Cabrera Llerena por suas orações e sua torcida. À minha querida falecida avó Elvira Cabrera, uma lutadora, meu exemplo.

Aos amigos de longa data Pedro, Matheus e Lucas: obrigada pela amizade e por estarem presentes em tantos momentos da minha vida. Às amigas Brenda e Andressa que a faculdade me trouxe, obrigada pelo companheirismo e pela amizade sincera. A todos os demais colegas de curso com os quais tive o prazer de conviver e aprender ao longo da graduação, obrigada pela parceria nesses anos.

À minha orientadora Ines Andretta por essa e por tantas outras oportunidades profissionais. Obrigada pelos ensinamentos, obrigada pela orientação, obrigada pela compreensão sempre. Ao professor Luciano Hauschild pela excelente oportunidade e a todo o pessoal o LabSui por abrirem as portas e me acolherem, proporcionando-me conhecimento, experiências e aprendizado.

A todos os mestres desta qualificada instituição de ensino público que trilharam comigo este caminho: obrigada por partilharem de sua sabedoria, obrigada por me formarem profissional. Agradeço a todos os professores que me forneceram oportunidades de monitoria e iniciação científica durante a graduação, com certeza contribuíram muito para minha formação. Por fim, obrigada à Shirley e à Andréa – representando o NAP e a COMGRAD do Curso de Agronomia – agradeço de coração por todo o apoio e por toda a orientação ao longo do curso. Vocês prestam um serviço de excelência aos alunos, vocês foram muito importantes.

Muito obrigada a todos vocês!

RESUMO

O estágio curricular obrigatório foi realizado no Laboratório de Estudos em Suinocultura da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Campus de Jaboticabal, São Paulo. As atividades foram desenvolvidas de forma remota em função da pandemia por Covid-19 no ano de 2020. Com duração de 300 horas, teve início em 19 de outubro de 2020 e conclusão em 15 de março de 2021. O estágio teve como principais objetivos a análise e padronização de dados originados a partir de alimentadores automáticos, no contexto do uso da alimentação de precisão para suínos nas fases de crescimento e terminação sob condições experimentais. Foram realizadas reuniões semanais remotas para apresentação das atividades realizadas por parte da estagiária e integração com os demais componentes do laboratório, gerando rotinas de atividades autônomas e em grupo. A padronização destes dados é de extrema importância para as análises estatísticas futuras e gerará dados inéditos e pouco explorados sobre o comportamento alimentar de suínos em sistemas de alimentação de precisão.

RELAÇÃO DE ABREVIATURAS

AIPF	<i>Automated Intelligent Precision Feeder</i>
DXA	Dual-energy X-ray Absorptiometry
FCAV	Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP/Jaboticabal
LabSui	Laboratório de Estudos em Suinocultura

LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 01	Imagem de satélite do Campus Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP	4
Figura 02	Imagem aérea de satélite da distribuição das unidades do Laboratório de Estudos em Suinocultura (LabSui)	5
Figuras 03a e 03b	Alimentadores eletrônicos <i>Automated Intelligent Precision Feeder</i> (03a) e detalhe das baias em concreto (03b)	6
Figuras 04a e 04b	Sistema de condução ao aparelho Dual-energy X-ray Absorptiometry (04a) e o equipamento Dual-energy X-ray Absorptiometry (04b)	7
Figuras 05a e 05b	Vista anterior ao alimentador eletrônico <i>Automated Intelligent Precision Feeder</i> (05a) e vista posterior ao <i>Automated Intelligent Precision Feeder</i> (05b)	10
Figura 06	Componente lógico do sistema <i>Automated Intelligent Precision Feeder</i> – Software	11
Figura 07	Checklist enviado após entrevista para levantamento de dados complementares	16
Figura 08	Planilha originada automaticamente pelo alimentador <i>Automated Intelligent Precision Feeder</i>	17
Figura 09	Resumo confeccionado como sugestão para breve descrição do experimento e caracterização da base de dados	19
Figura 10	Planilha organizada com informações complementares aos dados do <i>Automated Intelligent Precision Feeder</i>	21
Figura 11	Plotagem do número de solicitações de acordo com a hora de dia e animais A21 e A38 nas semanas 1 a 4 do experimento	23
Figura 12	Plotagem do número de solicitações de acordo com a hora de dia e animais A21 e A38 nas semanas 5 a 8 do experimento	24
Figura 13	Plotagem do número de solicitações de acordo com a hora de dia e animais A21 e A38 nas semanas 9 a 12 do experimento	25

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 CARACTERIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO DE REALIZAÇÃO DO ESTÁGIO	2
2.1 Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV	2
2.2 Laboratório de Estudos em Suinocultura (LabSui)	4
3 REFERENCIAL TEÓRICO	7
3.1 Sistemas convencionais de alimentação para suínos	7
3.2 Sistemas de alimentação de precisão para suínos	9
3.2.1 Automated Intelligent Precision Feeder (AIPF) em sistemas de alimentação de precisão	9
3.2.2 Resultados do uso de sistemas de alimentação de precisão para suínos	11
3.2.3 Comportamento alimentar de suínos	12
4 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	14
4.1 Reuniões semanais	14
4.2 Apresentação aos bancos de dados	14
4.3 Entrevistas com os responsáveis pelos experimentos e checklists	15
4.4 Organização das planilhas de dados	16
4.4.1 Levantamento do diário experimental	17
4.4.2 Filtragem de dados	18
4.4.3 Elaboração de breves descrições dos experimentos	18
4.4.4 Gerenciamento dos dados para análises gráficas e estatísticas	20
5 ANÁLISES INICIAIS DOS DADOS	22
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
8 BIBLIOGRAFIA	29

1 INTRODUÇÃO

No ano de 2019 foram produzidas no Brasil cerca de 16 milhões de toneladas de carne suína a partir do abate de 38,4 milhões de cabeças (ABCS, 2020). O alto volume produzido coloca o país em quarto lugar dentre os maiores produtores da carne. Para atender a produção, estima-se que no mesmo ano foram produzidas cerca de 17,7 milhões de toneladas de ração para suínos (SINDIRAÇÕES, 2020). Na produção animal, a nutrição é um dos pilares para que se alcance bons índices produtivos, sendo os custos com alimentação nestes sistemas estimados em dois terços do total (Pomar *et al.*, 2009). Devido a representatividade nos custos, a manutenção da eficiência e da rentabilidade destes sistemas produtivos passa, sem dúvida, pelo manejo alimentar dos animais.

A formulação de dietas na indústria suinícola visa, de maneira geral, atender as exigências nutricionais dos animais a fim de maximizar as respostas produtivas dos animais ou o retorno financeiro da atividade (Han *et al.*, 2000). O sistema alimentar mais utilizado na suinocultura brasileira é por fases, ou seja, dietas são convencionadas com base em exigências médias da população de acordo suas fases de produção. Em sistemas como estes, a individualidade é desconsiderada, podendo acarretar em fornecimento nutricional inadequado (Hauschild *et al.*, 2010). Nesse contexto, estudos prévios discutiram que a eficiência produtiva pode ser alcançada ao se ajustar o fornecimento nutricional o mais próximo possível das demandas nutricionais individuais de cada animal (Ferket *et al.*, 2002; Pomar *et al.*, 2014). O uso de dietas que se adequem e acompanhem as oscilações nutricionais dos animais ao longo do ciclo produtivo são importantes, e é nesse quesito que a alimentação de precisão para suínos se encaixa.

A alimentação de precisão para suínos pode ser citada como um conceito novo, cujos benefícios do seu uso foram discutidos em trabalhos anteriores, como o potencial de reduzir a excreção de nitrogênio e os custos com nutrição sem comprometer o desempenho dos animais (Pomar *et al.*, 2007, Andretta *et al.*, 2014). A partir do uso de alimentadores eletrônicos automáticos, o fornecimento da dieta é individualizado e controlado, gerando dados individuais de consumo e comportamento alimentar. Além dos benefícios da alimentação de precisão sobre parâmetros produtivos já conhecidos, o uso de alimentadores automáticos possibilita a obtenção de informações como horário, intervalo e duração das refeições – fornecendo também dados do comportamento alimentar dos animais.

Existem lacunas na literatura a respeito do comportamento alimentar de suínos, porém o estudo de Andretta *et al.* (2016b) demonstrou que os animais tendem a apresentar comportamentos alimentares diurnos. Nesta mesma linha, Cross *et al.* (2018) encontrou resultados que demonstraram que animais de diferentes linhagens tendem a alterar seu comportamento alimentar quando submetidos a estresse térmico por calor. Além disso, existem evidências de que o comportamento alimentar pode estar associado ao desempenho dos suínos (Andretta *et al.*, 2016b). Dessa forma, o levantamento de informações sobre o comportamento alimentar pode ser uma importante ferramenta para o melhor entendimento dos animais dentro de sistemas de produção de suínos.

O estágio obrigatório curricular foi realizado no Laboratório de Estudos em Suinocultura (LabSui) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp), localizada na cidade de Jaboticabal no estado de São Paulo. Ocorreu de maneira remota em função da pandemia por Covid-19 no ano de 2020. Com duração de 300 horas, teve início em 19 de outubro de 2020 e conclusão em 15 de março de 2021.

O estágio obrigatório teve como principais objetivos a organização de dados experimentais, conhecimento e contextualização sobre a utilização da alimentação de precisão para suínos a partir de alimentadores automáticos, análise gráfica, levantamento de dados e resultados de comportamento, desempenho e composição corporal de suínos em fases de crescimento e terminação. Por fim, foi proposto um formato padronizado para organização dos bancos de dados que serão coletados em futuros projetos de pesquisa.

2 CARACTERIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO DE REALIZAÇÃO DO ESTÁGIO

2.1 Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV

Localizada na cidade de Jaboticabal, São Paulo, a Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) foi criada no ano de 1964, com inauguração oficial em 1966 quando do início do primeiro período letivo do curso de Agronomia. No ano de 1976, o governo do Estado de São Paulo dá origem a Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp) que passa a englobar demais institutos de ensino superior do estado.

A FCAV oferece os cursos de graduação em Engenharia Agrônoma, Medicina Veterinária e Zootecnia em período integral, e os cursos de Ciências Biológicas (Bacharelado e Licenciatura) e Administração no período noturno. No ano de 1976 também tiveram inícios

cursos de pós-graduação *Stricto sensu* – atualmente 11, e em 2014 a Residência em Medicina Veterinária e Saúde (*Lato sensu*).

Composto por uma área de 829 hectares, o Campus Jaboticabal apresenta 680 hectares destinados a atividades agropecuárias (produção vegetal, produção animal e pesquisa de campo), bem como 13 hectares ocupados por estrutura física, 102 hectares que abrigam parques e jardins e 34 hectares de mata nativa. A área construída é composta por construções como o prédio administrativo, hospital veterinário, centro de convenções, laboratórios, biblioteca, polo computacional, praça de esportes, Colégio Técnico Agrícola, moradia estudantil, restaurante universitário e cantinas.

Os setores zootécnicos da FCAV abrigam áreas de bovinocultura de corte e leite, animais silvestres, apicultura, avicultura, caprinocultura, equideocultura, forragicultura, ovinocultura, sericicultura, suinocultura e laboratório de nutrição animal. No ano de 2019, a FCAV contava com 2396 alunos oriundos de todo o território nacional, sendo 1539 dos cursos de graduação, 857 dos cursos de Pós-Graduação e 180 do Colégio Técnico Agrícola. Além das atividades de ensino, a FCAV apresenta destaque devido as atividades de pesquisa e serviços de extensão prestados à comunidade. Considerando que o município de Jaboticabal está localizado em uma região economicamente rica do Estado de São Paulo, o quadro econômico da localidade se dá especialmente pela produção agrícola. Assim, a Universidade está inserida no contexto da região e contribui para a comunidade a partir dos serviços de extensão prestados. A Figura 01. ilustra a localidade do Campus FCAV Jabotibacal.

Figura 01 - Imagem de satélite do Campus Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP.



Fonte: Google Maps, 2020.

2.2 Laboratório de Estudos em Suinocultura (LabSui)

O LabSui compõe o Grupo de Estudos e Pesquisas em Modelagem e Nutrição de Monogástricos (Gnutrim) da FCAV. Coordenado pelo Professor Doutor Luciano Hauschild, atualmente o LabSui conta com um total de 18 alunos, sendo 2 de pós-doutorado, 6 de doutorado, 1 de doutorado direto, 2 de mestrado, 2 de iniciação científica e 5 estagiários.

No laboratório são realizados estudos de nutrição de suínos com ênfase em exigências nutricionais, sistemas de alimentação de precisão e sequencial e modelagem nutricional. Dentro destas temáticas, são desenvolvidos experimentos com animais em ótimas condições de alojamento ou com protocolos que incluem desafios sanitários e ou por calor.

O setor conta com estrutura de unidades de reprodução, creche, crescimento, terminação e digestibilidade/metabolismo. A vista aérea do Laboratório de Estudos em Suinocultura está apresentada na Figura 02. As unidades nas quais foram realizados os experimentos descritos neste relatório são G03 e G04, galpões de nutrição de precisão.

Figura 02 - Imagem aérea de satélite da distribuição das unidades do Laboratório de Estudos em Suinocultura (LabSui).



Fonte: gnutrim.org, 2020.

A unidade de crescimento e terminação é composta por dois galpões com controle de temperatura a partir de um sistema de ventilação por pressão negativa. Cada galpão possui uma baia de 76 m² com piso em concreto (Figura 03b). Um dos galpões é equipado com 5 (Figura 03a) alimentadores de precisão AIPF (*Automatic and Intelligent Precision Feeder*). Cada alimentador é capaz de reconhecer os animais quando estes se aproximam do equipamento e fornecer uma dieta específica para cada indivíduo do experimento.

Figuras 03 – Alimentadores eletrônicos *Automated Intelligent Precision Feeder* (03a) e detalhe das baias em concreto (03b).



Fonte: gnutrim.org, 2020.

O laboratório conta com outros equipamentos como 4 silos metálicos para armazenamento de ração, balanças de precisão, ultra freezer, centrífuga refrigerada, gaiolas metabólicas individuais, 2 salas com piso ripado de 16 m² e ar condicionado para alojamento dos animais, laboratório de estudos equipado com computadores para alunos de iniciação científica, mestrado e doutorado e um aparelho de densitometria por emissão de raios x de dupla energia (DXA) para avaliação de dados de composição corporal dos animais sem a necessidade de abatê-los. O equipamento DXA, bem como o sistema para condução dos animais até o equipamento, podem ser observados nas Figuras 04a e 04b. O laboratório é referência na área de alimentação e nutrição de suínos no Brasil e no mundo, tanto por sua equipe como pela estrutura que dispõe.

Figuras 04 – Sistema de condução ao aparelho Dual-energy X-ray Absorptiometry (04a) e o equipamento Dual-energy X-ray Absorptiometry (04b).



Fonte: LabSui, 2020.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Sistemas convencionais de alimentação para suínos

Em sistemas de criação, sabe-se que os custos com nutrição representam uma parcela significativa do total. Do montante referente ao ciclo produtivo de suínos, estima-se que 60% dos custos nutricionais são gerados pelas fases de crescimento e terminação (ABCS, 2014). Nesse sentido, produtores que visam melhor rentabilidade e eficiência em seus sistemas devem considerar estratégias alimentares que favoreçam o desenvolvimento dos animais, especialmente nesta fase, mas que também se alinhem aos custos.

O programa alimentar mais utilizado na suinocultura brasileira atualmente é designado “alimentação por fases”. A intensificação da suinocultura trouxe uma busca por parte da indústria suinícola em formular dietas que maximizassem as respostas produtivas dos animais, porém sem levar em consideração possíveis aportes nutricionais em excesso (Han *et al.*, 2000). Antes dessa intensificação, o uso de uma dieta única para todo o ciclo produtivo era comum. Em sistemas alimentares como este, as exigências nutricionais de suínos jovens podem não ser atendidas, assim como podem ser fornecidos nutrientes em excesso para animais adultos (Paik *et al.*, 1996).

A partir da década de 90 deu-se início ao desenvolvimento de dietas específicas para fases de produção, sendo o termo “alimentação por fase” utilizado para descrever o fornecimento de dietas por menores períodos dentro do ciclo produtivo, buscando prover nutrientes o mais próximo possível das demandas nutricionais dos suínos em produção (Han

et al., 2000). Diversos estudos da época demonstraram bons resultados do uso de alimentação por fases, sendo os benefícios observados no que tange a redução da excreção de nitrogênio e fósforo (Honeyman, 1996; Paik *et al.*, 1996; Mosenthin *et al.*, 2007;), possíveis poluentes ao ambiente quando excretados em excesso e em contato com o solo.

Entende-se que a excreção de nitrogênio e fósforo é afetada, majoritariamente, pelas quantidades ingeridas desses nutrientes, além da disponibilidade metabólica destes, bem como o balanço entre fornecimento e exigências do animal (Jongbloed & Lenis, 1992). Em sistemas convencionais de alimentação, as estimativas nutricionais dos animais são obtidas a partir dos métodos empírico ou fatorial. Estes métodos estimam as exigências através da média da população ou através de um indivíduo médio do grupo (Fraga, 2011). Recomendações nutricionais para suínos em suas determinadas fases fisiológicas (gestação, lactação) ou crescimento podem ser encontradas em manuais como o NRC (2012) ou as Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno *et al.*, 2017). Apesar destas tabelas serem excelentes referências, as demandas nutricionais dos animais variam de maneira dinâmica ao longo do ciclo de desenvolvimento e também entre os indivíduos dentro de uma mesma população (Pomar *et al.*, 2003). Portanto, a busca por respostas em um determinado grupo desconsidera a individualidade dos animais e suas dinâmicas de crescimento e exigências nutricionais.

Conforme discutido por Pomar *et al.* (2009), sistemas de alimentação que buscam maximizar respostas populacionais – os sistemas de alimentação por fase – podem estar associados a altos custos com nutrição e elevados níveis de nutrientes excretados. Estes dois fatores podem ser explicados porque sistemas de alimentação por fase podem ocasionar um suprimento inapropriado de nutrientes, quando a maioria dos animais recebe mais nutrientes do que necessita (Hauschild *et al.*, 2010). Dessa forma, o desenvolvimento de programas alimentares mais eficientes e que considerem a individualidade dentro de sistemas de produção de suínos pode ser uma importante ferramenta para a manutenção da sustentabilidade da cadeia, com redução de custos e excreção de possíveis poluentes.

3.2 Sistemas de alimentação de precisão para suínos

O escopo da alimentação de precisão é o desenvolvimento de sistemas que estimem e forneçam, no momento certo, uma ração em quantidade e composição adaptadas aos requerimentos de cada animal (Gaillard *et al.*, 2020). Em sistemas convencionais, o controle de dados individuais como consumo diário de ração ou duração das refeições é um desafio, considerando que os animais geralmente estão alojados em grupos. Nesse sentido, sistemas de precisão possibilitam que os suínos tenham seus dados avaliados de maneira individualizada, considerando sua variabilidade e características distintas, tratando os animais como indivíduos mesmo quando compõem um rebanho (Wathes *et al.*, 2008).

O uso de sistemas de precisão para suínos ainda é recente, e tem como principal objetivo aliar os conhecimentos da nutrição animal à engenharia, possibilitando a alimentação individual dos animais a partir de exigências nutricionais estimadas em tempo real (Pomar *et al.*, 2009). Nestes sistemas as fontes de variabilidade são consideradas, podendo ser elas inter ou intra-indivíduo (Wathes *et al.*, 2008). Podem ser elencados como variabilidade intra-indivíduo, ou intrínsecos, fatores como genética, peso e idade. No que tange variabilidade inter-indivíduo, ou extrínseca, podem ser citados fatores externos como o ambiente. Fatores extrínsecos, ou inter-indivíduo, podem afetar de maneira adversa os animais, gerando reações e causando maior variabilidade entre estes (Wellock *et al.*, 2004). Sistemas de precisão, ao considerar estas variabilidades, estabelecem exigências individuais e em tempo real que, além de considerar o potencial de crescimento dos animais, podem ser específicas a um determinado objetivo produtivo ou condições de criação.

3.2.1 *Automated Intelligent Precision Feeder* (AIPF) em sistemas de alimentação de precisão

O *Automated Intelligent Precision Feeder* (AIPF) é um sistema de alimentação de precisão desenvolvido pela Universidade de Lleida, na Espanha, em colaboração com outros institutos de pesquisa, dentre eles o Agriculture and Agri-Food Canada. Pesquisadores brasileiros da Universidade Federal de Santa Maria, da Unesp e da Universidade Federal do Rio Grande do Sul também colaboram na equipe.

O AIPF é um alimentador de precisão e uma proposta para alimentar grandes grupos de suínos a partir da estimativa de exigências nutricionais em tempo real considerando as dinâmicas individuais de crescimento de cada animal e sua quantidade ideal de nutrientes (Andretta *et al.*, 2014). Formado por um componente estrutural e outro lógico, o AIPF visa

otimizar a produção de suínos a partir das perspectivas animal, ambiental e econômica (Hauschild *et al.*, 2010). Estruturalmente o AIPF é formado por um comedouro automático que controla o fornecimento da ração, um mecanismo para mensurar o peso e o consumo em tempo real e um identificador de animais. A identificação dos animais é realizada no momento da “visita” ao comedouro a partir de um *transponder* instalado na orelha. *Transponders* são circuitos ressonantes constituídos por antena, microchip e capacitor (Erasmus & Jansen 1999). A partir da identificação no momento de acesso ao comedouro, dados relativos aos animais são coletados e analisados em tempo real. A partir disso, um subsistema é responsável por fornecer a ração em qualidade e quantidade determinadas. O fornecimento se dá a partir de algoritmos que formulam uma ração individual para cada indivíduo e dia (Brossard *et al.*, 2007). O componente estrutural do AIPF pode ser observado na Figuras 05a e 05b.

Figuras 05 - Vista anterior ao alimentador eletrônico *Automated Intelligent Precision Feeder* (05a) e vista posterior ao *Automated Intelligent Precision Feeder* (05b).



Foto: Cândido Pomar, 2007.

O componente lógico é apresentado na Figura 06. A partir de modelos matemáticos, as exigências nutricionais individuais são estimadas diariamente. O modelo permite a calibração em tempo real, com intervalos de um dia, a partir de dados fornecidos pelo sistema (Hauschild *et al.*, 2010). Segundo Parsons *et al.* (2007), a calibração é um dos aspectos mais difíceis do sistema e seus modelos, pois há dificuldade em descrever o animal, o ambiente e a ração. No início do fornecimento de ração nos comedouros, são utilizadas informações populacionais para referência (como um sistema de alimentação por fases, por exemplo). À medida que são

coletados os dados pelo sistema, os parâmetros do modelo são ajustados individualmente em tempo real.

Figura 06 - Componente lógico do sistema *Automated Intelligent Precision Feeder* – Software.



Foto: Paulo Lovatto, 2007.

3.2.2 Resultados do uso de sistemas de alimentação de precisão para suínos

Dietas para suínos têm como ingredientes principais a soja e o milho. O milho possui acentuada deficiência dos aminoácidos lisina e triptofano. A soja, por sua vez, apresenta deficiência de metionina, portanto em condições nutricionais práticas para o uso destes ingredientes, lisina, metionina, triptofano e treonina são aminoácidos que requerem atenção quando se formula rações para suínos (Fraser *et al.*, 1986). Nesse sentido, a lisina é o principal aminoácido limitante para suínos alimentados com dietas a base de farelo de soja e milho (Tuitoek *et al.*, 1997) e este é um dos aminoácidos com maior número de material e experimentos para determinar quantidades de lisina para as diferentes fases do ciclo produtivo de suínos. A exigência é, muitas vezes, é influenciada por fatores como sexo, genética, concentração da energia da dieta, biodisponibilidade, frequência alimentar, método estatístico para estimativa, dentre outros (Castagna *et al.*, 1999).

Dentro do contexto da alimentação de precisão, estudos prévios encontraram que o uso de dietas diariamente ajustadas para cada indivíduo da população reduziu em 26% o consumo de lisina digestível, além de reduzir em 30% a excreção de nitrogênio por parte dos animais e 10% dos custos com nutrição em relação ao grupo alimentado pelo sistema convencional de fases, sem comprometer o desempenho dos animais (Andretta *et al.*, 2014; Pomar *et al.*, 2019).

Outro estudo conduzido por Santos *et al.* (2018) avaliou as respostas de suínos submetidos a estresse térmico por calor e suas respostas produtivas em sistemas alimentares de precisão e convencional, e em concordância com os resultados de Andretta *et al.* (2014), demonstrou que suínos no sistema de precisão reduziram em 19% o consumo de lisina e 24% a excreção de nitrogênio em comparação com programas convencionais, sem comprometer sua performance e composição corporal. Nestes estudos, pôde-se observar que suínos alimentados em sistemas de precisão, com dietas calculadas diária e individualmente, recebem menores quantidades do aminoácido lisina em relação aos animais alimentados em sistemas convencionais – ou por fase, sem comprometer suas respostas produtivas. Dessa forma, o uso da alimentação de precisão em sistemas de criação de suínos apresenta potencial de reduzir custos com nutrição, melhorar a eficiência no uso dos nutrientes, e também reduzir a emissão de possíveis poluentes ao ambiente.

3.2.3 Comportamento alimentar de suínos

A partir da automatização do fornecimento da ração com o uso dos alimentadores AIPF, é possível registrar a data e horário da refeição, seu tempo de duração e a quantidade do alimento ingerida. Nesse sentido, os alimentadores automáticos possibilitam preencher a falta de informações sobre o comportamento alimentar individual dos animais (Chapinal *et al.*, 2008).

Diversos fatores podem influenciar o comportamento alimentar dos animais, dentre eles podem ser citados fatores como idade, linhagem, condições ambientais, composição da dieta e peso. O estudo de Andretta *et al.* (2016b) comparou o comportamento alimentar de suínos em fase de crescimento e terminação a partir do fornecimento de dietas que forneciam percentagens distintas das exigências nutricionais diárias e individuais, em comparação com o programa alimentar convencional multi-fase. No estudo, foi constatada a predominância da alimentação diurna por parte dos animais, e que este comportamento se expressa de maneira mais forte com o passar do tempo (idade), sendo a maior percentagem de ocupação diurna dos

comedouros observada na última fase do experimento. No mesmo sentido, o estudo de Nielsen (1999) discutiu que há alterações no comportamento alimentar dos animais de acordo com a idade, sendo observado um menor número de visitas aos comedouros por dia, porém com maiores quantidades de alimento ingeridas.

Com o aumento da temperatura ambiental, os suínos também tendem a alterar seu comportamento. Estudos mostraram que em condições de estresse térmico os animais tendem a gastar menos tempo se alimentando e mais tempo deitados (Hicks, 1998; Brown-Brandl *et al.*, 2001), além de alterar seu comportamento alimentar, período de alimentação e quantidade de alimento ingerida (Nienaber *et al.*, 1999). No contexto da alimentação de precisão, Santos *et al.* (2018) compararam o comportamento alimentar de suínos submetidos ao estresse térmico por calor e termoneutralidade, sendo observado que em condições de estresse térmico os animais tendem a reduzir seu consumo diurno de alimento na primeira fase, em contraste com o estudo de comportamento alimentar de Andretta *et al.* (2016b) em condições termoneutras, onde os animais se alimentavam predominantemente durante o dia.

Considerando que a área do comportamento alimentar é um tema que liga fortemente a nutrição e o comportamento animal, percebe-se a forte relação existente entre estas duas áreas. Isso ocorre porque, em seus diferentes enfoques, ambas analisam o curso da alimentação a partir de variáveis como tamanho da refeição, sua frequência e duração (Nielsen, 1999), fatores relacionados a respostas produtivas nos animais. Dessa forma, resultados sobre comportamento alimentar de suínos, submetidos ou não a condição de estresse por calor, podem fornecer também informações também sobre suas respostas produtivas. Estas, por sua vez, desempenham um importante papel no entendimento dos animais e dos sistemas de criação, fornecendo dados que podem contribuir para o desenvolvimento de estratégias alimentares e de manejo, além de práticas que visem alinhar o bem estar animal à produtividade para a indústria suinícola.

4 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

4.1 Reuniões semanais

Diversos projetos já foram desenvolvidos utilizando os alimentadores eletrônicos do LabSui. Em cada um desses projetos, um grande banco de dados foi gerado a partir dos registros do comportamento alimentar (visitas ao comedouro). O estudo desses bancos de dados é promissor no sentido de gerar novas informações para a suinocultura, sobretudo porque esta área ainda é pouco explorada. Porém, antes da análise, os dados precisam ser organizados de maneira lógica e padronizada (entre os projetos), permitindo que sejam submetidos a análise estatística posterior.

Inicialmente foram realizadas reuniões via plataforma Google Meet com integrantes do LabSui para que fossem apresentados alguns dos trabalhos realizados no laboratório, bem como a caracterização de experimentos. Após as reuniões iniciais, encontros semanais foram programados para que fossem apresentadas as atividades realizadas pela estagiária ao longo das semanas. O objetivo das reuniões foi a integração da estagiária com os demais integrantes do grupo e a geração de uma rotina semanal de atividades autônomas e em grupo, possibilitando à estagiária melhor contextualização das bases de dados a serem trabalhadas, e também demonstrando aos integrantes do laboratório as atividades realizadas.

4.2 Apresentação aos bancos de dados

Nas primeiras semanas, uma doutoranda do LabSui responsável pelo banco de dados de número 1 apresentou via reunião seu experimento e seu banco de dados. Na apresentação foi explicado de maneira resumida o funcionamento dos alimentadores automáticos AIPF, bem como a composição das dietas e tratamentos utilizados durante o período experimental. Na mesma reunião foram abordados tópicos da análise estatística para dados de composição corporal e desempenho do experimento, como o Critério de Refeição a fim de agrupar refeições menores realizadas por parte dos animais nos comedouros, reduzindo o banco de dados e facilitando as análises dos resultados. Até o momento da escrita deste trabalho, apenas o banco de dados número 1 apresenta análise estatística de Critério de Refeição. Os demais bancos de dados ainda deverão ser analisados para obter este resultado.

As reuniões de apresentação aos bancos de dados tiveram como principal objetivo contextualizar a estagiária sobre o funcionamento dos experimentos no LabSui, trazendo embasamento para a organização das demais bases de dados de números 2 ao 5.

4.3 Entrevistas com os responsáveis pelos experimentos e checklists

Após as apresentações iniciais e a partir de reuniões online, as demais bases de dados foram disponibilizadas à estagiária na nuvem de dados Google Drive e entrevistas com os responsáveis pelos experimentos foram agendadas afim da contextualização e entendimento das características experimentais. Após as reuniões com os responsáveis, foram confeccionados checklists para o levantamento de informações como composição da dieta, número e identificação dos animais em cada tratamento, datas importantes, dentre outras informações.

Estes checklists foram enviados por e-mail pela estagiária e respondidos pelos responsáveis, a fim de complementar o entendimento dos experimentos. Além dos checklists e das entrevistas, 4 das 5 bases de dados apresentavam artigos científicos publicados ou em vias de publicação com dados dos experimentos, portanto os mesmos foram lidos pela estagiária e informações deste material foram extraídas para também auxiliar na organização das planilhas e no entendimento dos experimentos. Um exemplo de checklist pode ser observado na Figura 07.

Figura 07 - Checklist enviado após entrevista para levantamento de dados complementares.



Dados AIPF – “Precision feeding strategy for growing pigs under heat stress conditions”

Responsável: 

Tópicos:

1. Breve explicação do experimento
2. Como os dados estão separados na planilha (termo neutra 23°C e alta temperatura 30°C)?
3. Quais animais (identificação, número) estavam em quais tratamentos?
4. Datas importantes: DXA, coleta sanguínea, início e número de fases (crescimento I, crescimento II, terminação I, etc), pesagem, etc.
5. Dieta calculada (PB, lisina digestível, lisina total, energia metabolizável, energia líquida) – **JÁ TENHO ACESSO NO ARTIGO!**
6. Dieta analisada (se disponível)
7. Quais são os tratamentos das caixas A, B, C e D?
8. Duração do experimento (duração das fases e duração total)
9. Comparou linhagens?
10. Outros eventos anotados ao longo do experimento? (óbitos, moléstias, diarreia, etc)
11. Breve explicação dos tratamentos (diferentes “salas”)
12. Houve diferença de horário, por ex. manhã, tarde, noite?]

Fonte: A autora, 2020.

4.4 Organização das planilhas de dados

As planilhas de dados fornecidas à estagiária foram originadas automaticamente pelo alimentador AIPF, apresentando dados brutos do equipamento e informações como: evento, data, horários de entrada e saída, número do comedouro, identificação do animal (*Transponder*), número do animal, número de batidas (solicitações), “caixas” (compartimentos do comedouro que continham a ração) e consumo total de ração em gramas. Uma pequena parte das planilhas “brutas” podem ser observadas na Figura 08.

Figura 08 - Planilha originada automaticamente pelo alimentador *Automated Intelligent Precision Feeder*.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Evento	Data	Entrada	Saída	Comedouro	Transponder	Animal	Batidas	Consumo
2	51	07/01/2015	20:45:07	20:52:40	FAB022	9,82E+15	1	12	119,926
3	29	07/01/2015	22:52:36	23:01:15	FAB043	9,82E+15	1	15	149,907
4	51	07/01/2015	20:03:13	20:13:04	FAB022	9,82E+15	2	19	189,88
5	29	07/01/2015	15:42:56	15:54:26	FAB029	9,82E+15	2	22	219,864
6	37	07/01/2015	19:06:19	19:13:54	FAB043	9,82E+15	2	16	159,901
7	38	07/01/2015	20:45:21	20:53:13	FAB029	9,82E+15	3	14	139,91
8	7	07/01/2015	15:22:44	15:33:16	FAB043	9,82E+15	3	19	189,883
9	37	07/01/2015	19:37:44	19:39:25	FAB022	9,82E+15	4	3	29,981
10	38	07/01/2015	22:10:20	22:36:19	FAB029	9,82E+15	4	49	489,698
11	7	07/01/2015	15:10:01	15:29:43	FAB050	9,82E+15	4	37	369,772
12	20	07/01/2015	19:29:23	19:30:40	FAB029	9,82E+15	5	3	29,981
13	33	07/01/2015	19:23:49	19:26:22	FAB043	9,82E+15	5	6	59,963
14	20	07/01/2015	20:19:10	20:21:16	FAB043	9,82E+15	5	5	49,969
15	33	07/01/2015	20:24:07	20:35:25	FAB043	9,82E+15	5	26	259,84
16	22	07/01/2015	23:45:32	23:53:37	FAB043	9,82E+15	5	18	179,889
17	40	07/01/2015	16:44:59	16:50:42	FAB050	9,82E+15	6	10	99,938
18	34	07/01/2015	17:15:36	17:36:57	FAB050	9,82E+15	6	40	399,753
19	22	07/01/2015	23:14:56	23:31:02	FAB050	9,82E+15	6	15	149,91
20	40	07/01/2015	17:41:54	18:06:35	FAB022	9,82E+15	7	57	569,648
21	34	07/01/2015	19:13:55	19:30:21	FAB022	9,82E+15	7	37	369,76
22	11	07/01/2015	17:42:08	17:42:56	FAB029	9,82E+15	8	2	19,988
23	12	07/01/2015	17:55:51	17:56:20	FAB043	9,82E+15	8	1	9,994
24	17	07/01/2015	19:01:33	19:06:06	FAB050	9,82E+15	8	10	99,938
25	19	07/01/2015	20:20:05	20:38:12	FAB050	9,82E+15	8	38	379,765
26	48	07/01/2015	20:00:51	20:03:00	FAB022	9,82E+15	9	5	49,969
27	11	07/01/2015	19:56:02	19:59:35	FAB023	9,82E+15	9	7	69,957
28	12	07/01/2015	19:45:51	19:52:44	FAB050	9,82E+15	9	13	129,92
29	17	07/01/2015	16:39:07	16:39:16	FAB022	9,82E+15	10	1	9,994
30	19	07/01/2015	21:27:35	21:48:24	FAB029	9,82E+15	10	41	409,75
31	48	07/01/2015	19:47:35	19:55:49	FAB023	9,82E+15	11	15	149,907
32	3	07/01/2015	22:47:27	23:03:36	FAB029	9,82E+15	11	24	239,85
33	8	07/01/2015	23:32:52	23:58:50	FAB029	9,82E+15	12	12	119,926
34	40	07/01/2015	16:28:56	16:34:37	FAB050	9,82E+15	12	7	29,981
35	3	07/01/2015	19:13:52	19:20:27	FAB050	9,82E+15	12	10	99,938
36	8	07/01/2015	19:28:03	19:45:39	FAB050	9,82E+15	12	18	179,889
37	40	07/01/2015	16:05:52	16:16:06	FAB023	9,82E+15	13	21	209,87
38	105	07/01/2015	17:32:31	17:54:09	FAB023	9,82E+15	13	43	429,735
39	13	07/01/2015	23:11:55	23:29:35	FAB023	9,82E+15	13	31	309,809
40	105	07/01/2015	17:09:26	17:12:04	FAB029	9,82E+15	13	6	59,963
41	13	07/01/2015	21:10:03	21:12:45	FAB022	9,82E+15	14	5	49,969

Fonte: A autora, 2020.

4.4.1 Levantamento do diário experimental

Antes do iniciar a organização das planilhas, foram levantados por parte da estagiária via entrevistas e checklists informações importantes no contexto do experimento. Dados como: 1) datas de falta de energia (alteração do funcionamento dos comedouros); 2) datas de análise de composição corporal com DXA (os animais foram sedados para esta avaliação); 3) números dos animais e alterações na identificação (perda dos *Transponders*, dentre outros); 4) doenças e óbitos; 5) datas de início e final de fases (por exemplo crescimento I, crescimento

II, terminação I, terminação II); 6) identificação dos animais e de seus respectivos tratamentos no experimento; 7) identificação das “caixas” e dietas presentes em cada compartimento do comedouro; 8) identificação dos tratamentos (estresse térmico ou termoneutralidade); 9) outros eventos que ocorreram ao longo do período experimental e poderiam ter interferido no funcionamento do AIPF ou na alimentação dos animais. Assim, para cada um dos 5 experimentos e suas respectivas bases de dados, foi organizado por parte da estagiária com o auxílio dos responsáveis uma espécie de “diário experimental”.

4.4.2 Filtragem de dados

A partir do levantamento dos dados e datas importantes, datas de análise corporal (DXA), óbitos e problemas de identificação dos animais, dados de consumo 0 gramas ou refeições de duração inconsistente (como horas) foram deletados das bases de dados, de forma a restarem dados relacionados apenas ao período experimental e com animais que se apresentavam em condições ideais.

4.4.3 Elaboração de breves descrições dos experimentos

De maneira a complementar a organização das planilhas, foram realizados por parte da estagiária breves resumos de caracterização dos experimentos que deram origem às bases de dados. O material será disponibilizado oportunamente com as informações adicionais às equipes que forem desenvolver análises futuras. Foram adicionados aos resumos informações como: 1) responsável; 2) data de início e término; 3) título do projeto (ou artigo científico); 4) objetivos; 5) material e métodos; 6) resultados (resumidamente). Um dos resumos pode ser observado na Figura 09.

Figura 09 - Resumo confeccionado como sugestão para breve descrição do experimento e caracterização da base de dados.

 LABSUI – FCAV/Jaboticabal		Início: 27/10/2018 Fim: 16/01/2019
--	---	---------------------------------------

Projeto: *Ajuste nutricional da dieta de acordo com o ritmo cicardiano tende a aumentar a deposição proteica em suínos*

Objetivos: avaliar a performance, composição corporal e o balanço de nutrientes de suínos em crescimento e terminação submetidos a ajustes nutricionais de acordo com o ritmo cicardiano a partir do método de alimentação sequencial.

Material e métodos: 67 suínos foram distribuídos em 4 tratamentos, sendo T1 100% da demanda de AAs 24h/dia, T2, T3 e T4 alimentação sequencial, sendo T2 80-120 % da demanda de AAs (00:00-11:59 – 80% e 12:00:23:59 – 120%), T3 70-130% da de manda AAs (00:00-11:59 – 70% e 12:00:23:59 – 130%) e T4 60-140% da demanda de AAs (00:00-11:59 – 60% e 12:00:23:59 – 140%). O experimento teve duração de 82 dias, tendo sido avaliadas a performance, deposição proteica e lipídica, além de balanço de nutrientes.

Resultados: Os animais dos tratamentos T1 e T2 apresentaram similares performance, composição corporal e balanço de nutrientes, diferindo entre si na excreção de nitrogênio no período de terminação devido ao menor consumo médio diário. A alimentação sequencial 70-130% (T3) apresentou, melhores performance e composição corporal em comparação com T1. Como conclusões tem-se que o ajuste nutricional de acordo com o ritmo cicardiano dos animais pode melhorar a performance e o balanço de nutrientes em suínos em crescimento e terminação.

Fonte: A autora, 2020.

4.4.4 Gerenciamento dos dados para análises gráficas e estatísticas

Selecionados os dados de interesse após a filtragem, as planilhas passaram pelo processo de organização e inclusão de informações experimentais complementares aos dados coletados automaticamente pelo AIPF. Assim, as planilhas continham o máximo de informações sobre o experimento, ou seja, suas respostas comportamentais, de composição corporal e de desempenho.

Inicialmente foi calculado o período de permanência dos animais no comedouro ao se subtrair dados fornecidos pelo AIPF como a Entrada e Saída. A função 'SE' do Microsoft Excel foi utilizada para eliminar possíveis erros relativos a visitas que iniciavam em um dia e finalizavam no dia seguinte. As visitas foram classificadas entre diurnas (das 6:00 às 17:59) e noturnas (das 18:00 às 05:59) também utilizando a função 'SE'. De acordo com as datas fornecidas pelos responsáveis pelos experimentos, foram atribuídos às planilhas valores para as semanas experimentais e todos os dados pertinentes ao período. Estas informações foram inseridas às planilhas no sentido de complementar os dados no que tange ao horário e duração das refeições por parte dos animais.

Num segundo momento foram adicionados às planilhas as informações sobre dietas e os respectivos compartimentos nos comedouros ("caixas"). A partir dos artigos científicos e das entrevistas e checklists, foram adicionados às planilhas de dados informações nutricionais das dietas: 1) proteína bruta; 2) energia metabolizável/líquida; 3) lisina digestível; 4) metionina digestível; 5) metionina + cisteína digestível; 6) treonina digestível; e 7) triptofano digestível. A partir da composição nutricional das dietas, foram calculados o consumo em gramas por visita (linha) de cada componente da dieta. Os dados das dietas foram lançados nas planilhas automáticas do AIPF de maneira a permitir que correlações entre a composição da dieta e possíveis alterações no comportamento alimentar dos animais fossem estudados em projetos de pesquisa futuros.

Por fim, dados de desempenho (como ganho de peso, conversão alimentar e consumo de ração diário) foram adicionados às planilhas. Complementarmente, dados da composição corporal (como espessura de toucinho, deposição de gordura e de massa magra) também foram adicionados às planilhas. Uma visualização parcial das planilhas organizadas pode ser observada na Figura 10.

Figura 10 - Planilha organizada com informações complementares aos dados do Automated Intelligent Precision Feeder.

										SID										Experimental															
AIPF										Dieta										Experimental															
Evento	Data	Hora do dia	Entrada	Saída	Permanência	Permanência em decimal (min)	Comedouro	Transponder	Número do animal	Número de batidas	Caixa A - High nutri	Caixa B - auxiliar	Caixa C - auxiliar	Caixa D - Low nutri	Consumo total visita (g)	Consumo o high/visita	Consumo o aux/visita	Consumo o aux/visita	Consumo o low/visita	PB High(g)	PB low(g)	PB/visita a (g)	EL/visita a(MJ/kg high)	EL/visita a(MJ/kg low)	Lys dig/visita a - high	Lys dig/visita a - low	met dig/visita a (g) low	Met dig/visita a (g) low	met* Cys dig/visita a - (g)	met* Cys dig/visita a - (g)	Red dig/visita a - (g)	Treo dig/visita a (g) low	Semana experimental	Dia/noite	Desafio
6	10/10/2016	7	07:27:38	07:27:67	00:00:21	0,35	FAB003	862000401689983	12	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	2	1
5	10/10/2016	7	07:25:40	07:28:18	00:00:38	0,63	FAB003	862000401689983	12	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	2	1
7	10/10/2016	7	07:28:18	07:30:00	00:00:44	0,73	FAB003	862000401689983	12	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	2	1
42	10/10/2016	1	01:33:27	01:34:22	00:00:55	0,92	FAB004	862000401689983	12	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	2	1
228	10/10/2016	21	21:24:25	21:25:24	00:00:59	0,98	FAB003	862000401689983	12	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	1	1
208	10/10/2016	20	20:46:09	20:47:19	00:01:10	1,17	FAB003	862000401689983	12	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	1	1
103	10/10/2016	10	10:54:57	10:56:53	00:01:56	1,93	FAB003	862000401689983	12	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	1	1
128	10/10/2016	23	23:05:05	23:10:47	00:01:42	1,70	FAB004	862000401689988	58	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	1	1
1	10/10/2016	13	13:10:24	13:11:22	00:00:58	0,97	FAB004	862000401689970	40	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	2	1
80	10/10/2016	18	18:12:53	18:13:19	00:00:26	0,43	FAB003	862000401689976	13	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	2	1
51	10/10/2016	3	03:23:55	03:24:35	00:00:40	0,67	FAB003	862000401689976	13	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	2	1
10	10/10/2016	2	02:03:09	02:04:03	00:00:54	0,90	FAB004	862000401689977	64	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	1	1
44	10/10/2016	12	12:19:56	12:20:33	00:00:37	0,62	FAB004	862000401689976	51	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	2	1
113	10/10/2016	21	21:58:08	21:58:52	00:00:44	0,73	FAB004	862000401689976	51	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	1	1
14	10/10/2016	10	10:31:24	10:33:36	00:01:12	1,20	FAB004	862000401689976	51	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	2	1
4	10/10/2016	9	09:47:20	09:48:25	00:01:05	1,08	FAB004	862000401689984	42	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	2	1
3	10/10/2016	0	00:27:32	00:28:40	00:01:08	1,13	FAB004	862000401689984	42	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	1	1
10	10/10/2016	10	10:13:49	10:15:03	00:01:14	1,23	FAB004	862000401689984	42	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	2	1
13	10/10/2016	10	10:34:40	10:38:51	00:02:11	2,18	FAB004	862000401689984	42	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	2	1
3	10/10/2016	13	13:18:11	13:21:21	00:03:10	3,17	FAB004	862000401689984	42	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	2	1
14	10/10/2016	0	00:26:24	00:27:23	00:00:59	0,98	FAB003	862000401689988	24	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	1	1
33	10/10/2016	15	15:53:08	15:54:16	00:01:08	1,13	FAB004	862000401689988	24	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	2	1
44	10/10/2016	1	01:44:38	01:45:52	00:01:14	1,23	FAB003	862000401689988	24	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	1	1
3	10/10/2016	0	00:11:12	00:12:25	00:01:13	1,22	FAB003	862000401689988	44	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	1	1
4	10/10/2016	13	13:21:21	13:23:02	00:01:41	1,88	FAB004	862000401689988	59	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	2	1
88	10/10/2016	16	16:29:18	16:30:04	00:00:46	0,77	FAB003	862000401689992	11	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	2	1
35	10/10/2016	14	14:40:04	14:40:55	00:00:51	0,85	FAB003	862000401689992	11	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	2	1
18	10/10/2016	7	07:51:48	07:52:07	00:00:19	0,32	FAB003	862000401689992	4	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	2	1
129	10/10/2016	23	23:22:51	23:23:00	00:00:39	0,85	FAB004	862000401689992	48	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	1	1
20	10/10/2016	14	14:13:03	14:13:59	00:00:56	0,93	FAB003	862000401689992	2	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	1	1
236	10/10/2016	21	21:49:52	21:50:18	00:00:26	0,43	FAB003	862000401689996	87	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	1	1
125	10/10/2016	17	17:54:13	17:54:45	00:00:32	0,53	FAB003	862000401689996	87	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	2	1
198	10/10/2016	20	20:00:07	20:01:00	00:00:53	0,98	FAB003	862000401689996	87	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	2	1
40	10/10/2016	14	14:42:25	14:43:21	00:00:56	0,93	FAB003	862000401689994	48	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	2	1
156	10/10/2016	12	12:16:41	12:17:43	00:01:02	1,03	FAB003	862000401689994	48	1	5	4	4	4	17	5	4	4	4	0,962	0,2844	1,2484	0,05185	0,04284	0,06	0,018	0,02	0,0052	0,0335	0,01	0,0355	0,0096	1	2	1
19	10/10/2016	14	14:11:13	14:12:32																															

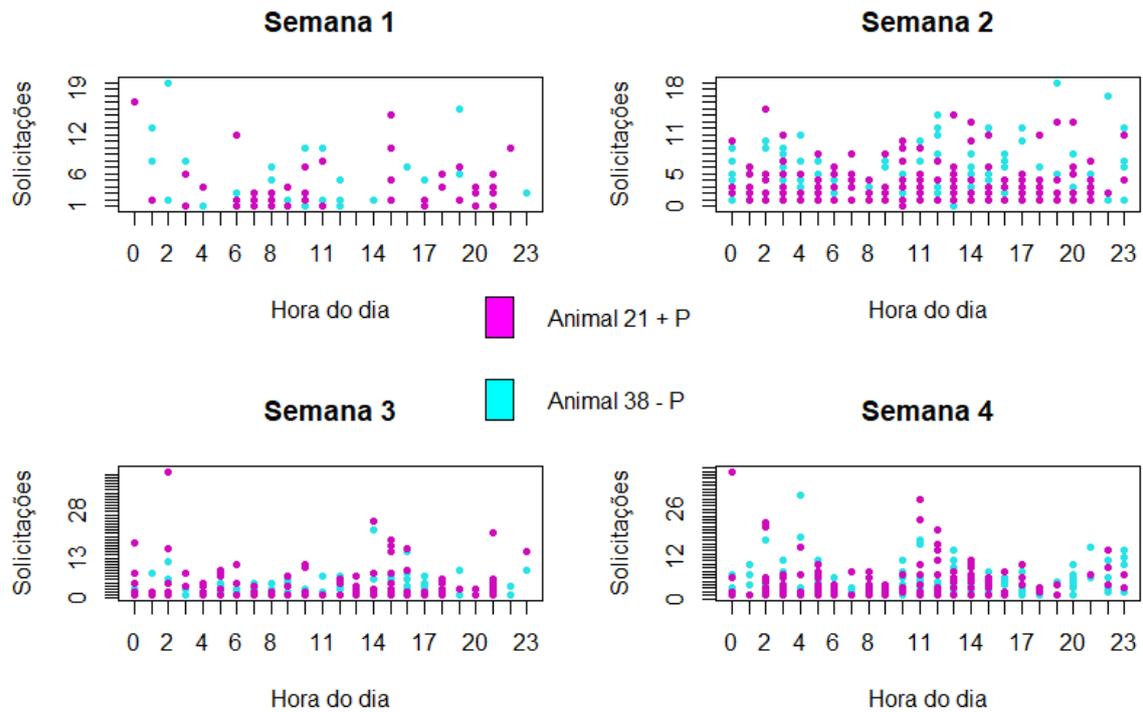
5 ANÁLISES INICIAIS DOS DADOS

Após a construção e organização dos bancos de dados, algumas análises preliminares foram desenvolvidas utilizando o banco de dados número 1. Estas análises foram realizadas com o objetivo de testar o banco de dados e sua configuração atual. Nas próximas etapas deste projeto, os dados serão submetidos a análises aprofundadas, utilizando métodos de modelagem e *machine learning* para a avaliação da relação entre o comportamento alimentar e as características individuais de desempenho e composição corporal dos animais.

A base de dados de número 1 foi construída a partir de dados coletados em um projeto de mestrado (Fraga, 2018). Neste experimento foram utilizados animais de duas linhagens genéticas, sendo a linhagem A com maior proporção da raça Pietrain, e a linhagem B com menor proporção de Pietrain. Foram selecionados para fins de confecção dos gráficos iniciais dois animais de cada linhagem, sendo o animal de número 21 selecionado da linhagem A (A21) e o animal de número 38 da linhagem B (A38). Dentro do período experimental foram utilizadas temperaturas de conforto ou de estresse por calor de acordo com a hora do dia, sendo que entre às 10:00 e 18:00 a temperatura dos galpões se encontrava a 30° C (estresse térmico) e nos demais horários em 23° C (termoneutralidade).

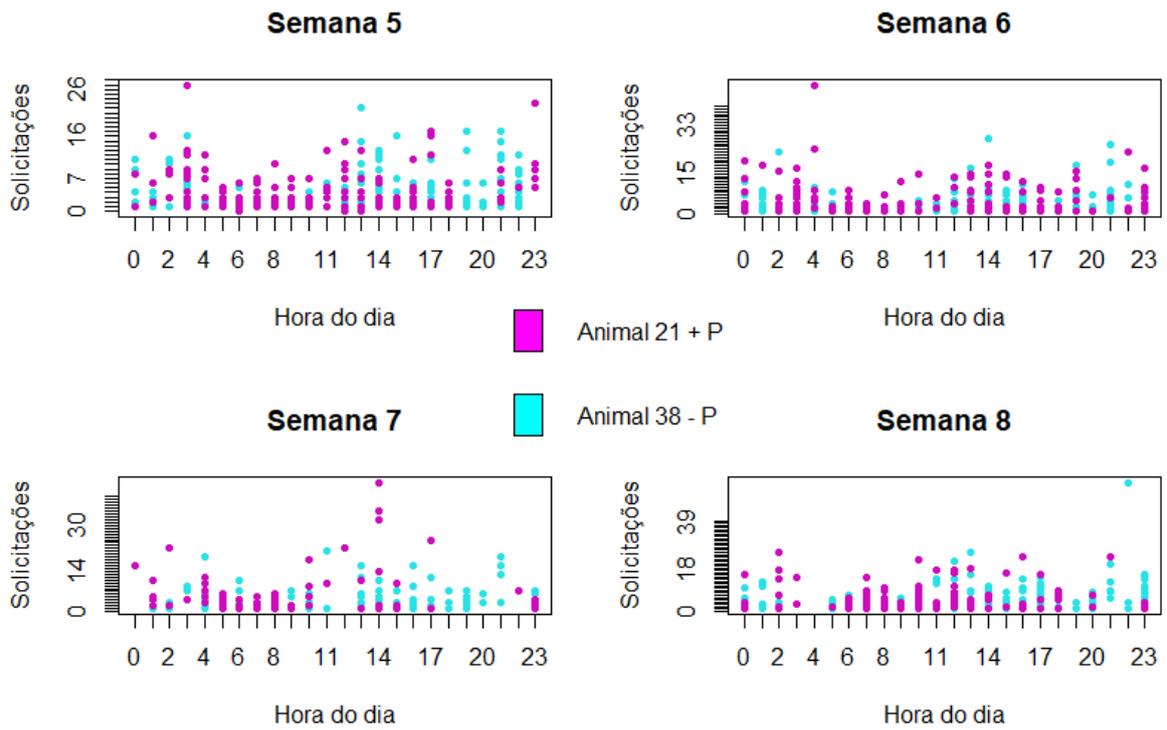
A análise gráfica dos dados semanais para os dois animais foi realizada no software estatístico RStudio (Version 1.3.1093, Viena, Austria). A confecção dos gráficos foi realizada em função da semana experimental, contemplando as semanas 1 a 12 (ou seja, a duração total do experimento), para que pudesse ser visualizado de forma simples o número de visitas ao comedouro por parte dos animais. Portanto, para análises visuais iniciais das solicitações (número de pedidos que o animal faz ao comedouro, a partir de toques em um botão no interior do comedouro; uma visita ao comedouro é formada por várias solicitações de ração) foram consideradas apenas as visitas ao comedouro, a hora do dia e a semana experimental. Os gráficos obtidos podem ser observados nas Figuras 11, 12 e 13.

Figura 11 – Plotagem do número de solicitações de acordo com a hora de dia e animais A21 e A38 nas semanas 1 a 4 do experimento.



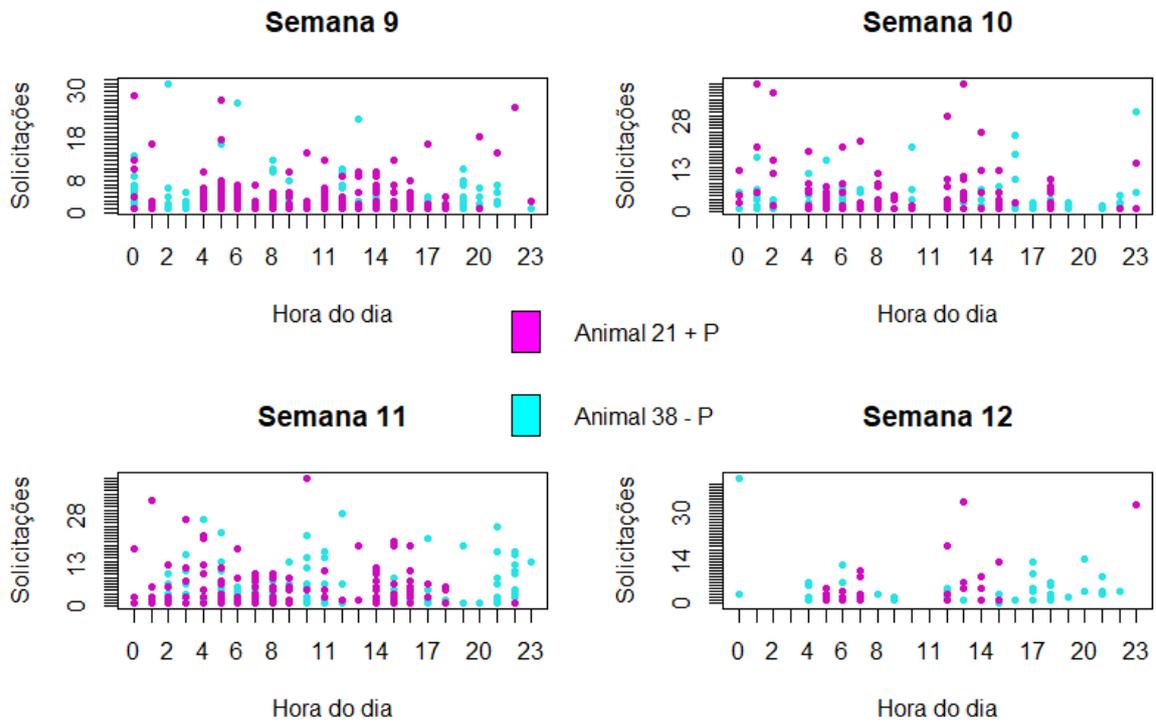
Fonte: A autora, 2021.

Figura 12 – Plotagem do número de solicitações de acordo com a hora de dia e animais A21 e A38 nas semanas 5 a 8 do experimento.



Fonte: A autora, 2021.

Figura 13 – Plotagem do número de solicitações de acordo com a hora de dia e animais A21 e A38 nas semanas 9 a 12 do experimento.



Fonte: A autora, 2021.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Animais alojados em uma mesma baía e pertencentes a um mesmo grupo podem apresentar variabilidade entre si (Pomar *et al.*, 2009). Essa variação é observada no seu crescimento, composição corporal e exigências nutricionais, mas também podem se estender ao comportamento. Este fato pode ser observado na plotagem dos dados obtidos pelo AIPF (Figuras 11, 12 e 13) quando se pode comparar dois animais com características genéticas distintas e a conseqüente variação no número de solicitações e nos horários das mesmas. Da mesma forma, pode ser observada variação nas demandas ao longo do período de crescimento, sendo que na primeira semana experimental os animais realizaram menor número de visitas ao comedouro, fato que pode ser explicado pelo período de adaptação ao ambiente e às dietas.

Andretta *et al.* (2016b) em seu estudo sobre comportamento alimentar de suínos em sistemas de alimentação de precisão observaram que os animais apresentam maior tendência de se alimentar em períodos diurnos em condições de termoneutralidade. Porém na avaliação preliminar dos dados deste experimento pôde-se observar maior variabilidade entre os horários (horas do dia) das solicitações, ocorrendo inclusive à noite e de madrugada. Este fato pode ser explicado pelas condições de temperatura do período diurno experimental, quando das 10:00 às 18:00 os galpões apresentavam temperatura de 30° C. Portanto, os animais poderiam escolher horários de melhor sensação térmica (períodos noturnos) para visitar o comedouro.

Cross *et al.* (2018) discutiram em seu estudo que em condições de estresse por calor, suínos tendem a alterar seu comportamento geral, mas em especial seu comportamento alimentar. A tolerância ao estresse térmico pode ser explicada por fatores genéticos individuais baseados em diversas respostas fisiológicas ao estresse. Neste mesmo estudo foram identificados genes que podem contribuir para a seleção de animais visando maior tolerância ao estresse térmico, contribuindo para aumento da eficiência produtiva. Os resultados de Cross *et al.* (2018) vão de acordo com as respostas de desempenho obtidas no projeto que originou a base de dados de número 1 (Fraga *et al.*, 2019). Neste caso, os animais das linhagens A e B, respectivamente com maior e menor proporção de Pietrain, apresentaram diferenças quanto as respostas à exposição ao estresse térmico por calor. Neste estudo, observou-se que os animais da Linhagem A apresentaram menor desempenho produtivo em relação à Linhagem B, além de menor consumo alimentar em períodos mais quentes do dia. A redução do desempenho pode se explicar porque suínos da raça Pietrain apresentam maiores

potencial e eficiência para deposição proteica, fato que está associado a maior produção de calor metabólico (Nienaber *et al.*, 1999; Jiang *et al.*, 2012). Além disso, essa raça é frequentemente associada a maior susceptibilidade ao estresse. Dessa forma, em condições menos favoráveis de temperatura (calor) os animais tendem a se alimentar menos, reduzindo o número de visitas ao comedouros e/ou ingerindo porções menores de alimento. Para uma avaliação mais aprofundada, a análise de dados referentes as solicitações e hora do dia demandaria complementação de dados de quantidade ingerida em gramas da refeição total ou de algum componente da dieta. Estes procedimentos serão possíveis a partir de planilhas organizadas e bem caracterizadas como as desenvolvidas durante este estágio.

O estudo do comportamento alimentar dos animais se apresenta como uma importante ferramenta em sistemas produtivos. A partir de um melhor entendimento de seu funcionamento, é possível utilizar-se de estratégias que visem mitigar possíveis efeitos ambientais sobre o desempenho dos animais – como a redução de desempenho ocasionada a partir do estresse térmico por calor (Fraga *et al.*, 2019). De qualquer maneira, a literatura sobre comportamento alimentar de suínos é escassa. Nesse sentido, o uso de alimentadores automáticos desempenha um importante papel ao fornecer informações precisas quanto ao horário, quantidade de alimento consumida e duração da refeição. Por serem coletados automaticamente, estes dados são coletados em quantidade (*big data*) e qualidade (sem interferência do humano durante sua observação). Sem dúvida, o uso dos dados coletados pelos alimentadores eletrônicos (em experimentos ou a campo) podem revolucionar o estudo do comportamento alimentar dos suínos nos próximos anos.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o período de estágio remoto (ainda em andamento no momento da redação deste trabalho), foi possível acompanhar a rotina de atividades realizadas no LabSui. A partir da organização das planilhas de dados e das entrevistas com os responsáveis pelos experimentos, foi possível compreender quais metodologias são utilizadas para o levantamento de dados em sistemas de alimentação de precisão para suínos. O trabalho remoto foi facilitado pela natureza do trabalho desenvolvido (uso de dados) e pode inclusive repercutir no uso futuro dessas informações, uma vez que os dados serão coletados em propriedades rurais e poderão ser acessados remotamente pelos responsáveis.

A análise preliminar dos dados deste trabalho foi realizada por parte da estagiária, compondo parte da proposta de estágio que contemplou a contextualização da alimentação de

precisão e das pesquisas desenvolvidas no LabSui. Com a organização das planilhas de dados originadas pelos alimentadores AIPF, as análises devem seguir para além de avaliações gráficas iniciais. A partir do uso de softwares estatísticos e de técnicas de *machine learning*, o grupo de pesquisa pretende explorar a relação entre o comportamento alimentar dos animais e suas características individuais de desempenho e composição corporal.

Considerando os resultados expressivos encontrados no que tange as respostas produtivas e econômicas em sistemas de precisão para suínos, o uso de alimentadores automáticos e da alimentação de precisão apresentam alto potencial para aumento da eficiência de sistemas produtivos. Nesse sentido, o levantamento de informações sobre comportamento alimentar dos animais – ainda um assunto recente e pouco estudado – também demonstra potencial para melhor entendimento destes animais, bem como suas características comportamentais e sua relação com o ambiente e com a nutrição.

A realização deste estágio de forma remota configurou-se, sem dúvida, em um desafio. As limitações do contato e a busca por alternativas para desenvolvimento de atividades sociais (como reuniões e entrevistas) remotamente compuseram parte deste trabalho. A impossibilidade de acesso às instalações nas quais ocorreram os experimentos exigiram criatividade e imaginação para contextualizar o cenário que originou as bases de dados a serem trabalhadas.

De qualquer maneira a experiência, ainda em andamento, agregou à formação acadêmica, sem dúvida, maior capacidade de adaptação e maior autonomia. Aliado a isto, maior aprofundamento sobre a nutrição de precisão para suínos e projetos de pesquisa nesta linha que estão sendo desenvolvidos pelo LabSui. Além disso, o contato com os dados e sua análise em softwares estatísticos também foram oportunidades de crescimento profissional, uma vez que representam uma importante competência para engenheiro agrônomo, especialmente nos próximos anos.

8 BIBLIOGRAFIA

ABCS. **Manual brasileiro de boas práticas agropecuárias na produção de suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves: Associação Brasileira de Criadores de Suínos, 2014. (1). v. 1. *E-book*.

ABCS. **Mapeamento da suinocultura brasileira**. Brasília: Associação Brasileira de Criadores de Suínos, 2020. Disponível em: http://www.abcs.org.br/attachments/-01_Mapeamento_COMPLETO_bloq.pdf. Acesso em: 01 jan. 2021.

ABPA. **Relatório anual Associação Brasileira de Proteína Animal 2020**. São Paulo: Associação Brasileira de Proteína Animal. Disponível em: <http://abpa-br.org/relatorios/>. Acesso em: 01 jan. 2021.

ANDRETTA, I. et al. The impact of feeding growing–finishing pigs with daily tailored diets using precision feeding techniques on animal performance, nutrient utilization, and body and carcass composition1. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 9, p. 3925–3936, 1 set. 2014.

ANDRETTA, I. et al. Precision feeding can significantly reduce lysine intake and nitrogen excretion without compromising the performance of growing pigs. **Animal**, v. 10, n. 7, p. 1137–1147, 2016a.

ANDRETTA, I. et al. Feeding behavior of growing–finishing pigs reared under precision feeding strategies1. **Journal of Animal Science**, v. 94, n. 7, p. 3042–3050, 1 jul. 2016b.

BROSSARD, L. et al. Analyse par modélisation de la variation des performances d’un groupe de porcs en croissance en fonction de l’apport de lysine et du nombre de phases dans le programme d’alimentation. p. 8, [s.d.].

BROWN-BRANDL, T. M. et al. Thermoregulatory profile of a newer genetic line of pigs. **Livestock Production Science**, v. 71, n. 2–3, p. 253–260, out. 2001.

CASTAGNA, C. D. et al. Níveis de aminoácidos na dieta de suínos machos inteiros dos 25 aos 70KG. **Ciência Rural**, v. 29, n. 1, p. 117–122, mar. 1999.

CHAPINAL, N. et al. Feeder Use Patterns in Group-Housed Pregnant Sows Fed With an Unprotected Electronic Sow Feeder (Fitmix). **Journal of Applied Animal Welfare Science**, v. 11, n. 4, p. 319–336, 18 set. 2008.

CROSS, A. J. et al. Genome-wide association of changes in swine feeding behaviour due to heat stress. **Genetics Selection Evolution**, v. 50, n. 1, p. 11, dez. 2018.

ERADUS, W. J.; JANSEN, M. B. Animal identification and monitoring. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 24, n. 1–2, p. 91–98, nov. 1999.

FERKET, P. R. et al. Nutritional strategies to reduce environmental emissions from nonruminants. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. E-suppl_2, p. E168–E182, 1 jan. 2002.

FRAGA, A. Z. et al. Sequential feeding with high-fat/low-crude protein diets for two lines of growing-finishing pigs under daily cyclic high ambient temperature conditions1. **Journal of Animal Science**, v. 97, n. 6, p. 2493–2504, 30 maio 2019.

FRAGA, B. N. **Impacto econômico do sistema *intelligent precision feeder* na produção e distribuição de rações para suínos em crescimento**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, p. 91.2011.

FRAGA, A.Z. **Sistema de alimentação sequencial com ajustes nutricionais para suínos em crescimento e terminação de duas linhagens genéticas submetidos a condição de estresse cíclico por calor**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Jaboticabal, p. 54. 2018.

FRASER, C.M. Manual Merck de Veterinária. Parte V – Manejo, criação e nutrição. 6. Ed., São Paulo: Roca, 1986.

GAILLARD, C.; BROSSARD, L.; DOURMAD, J.-Y. Improvement of feed and nutrient efficiency in pig production through precision feeding. **Animal Feed Science and Technology**, v. 268, p. 114611, out. 2020.

HAN, I. K. et al. Application of Phase Feeding in Swine Production. **Journal of Applied Animal Research**, v. 17, n. 1, p. 27–56, mar. 2000.

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.

HICKS, T.A. Behavioral, endocrine, immune, and performance measures for pigs exposed to acute stress. **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 2, p. 474-486, 1998.

- HONEYMAN, M. S. Sustainability issues of U.S. swine production. **Journal of Animal Science**, v. 74, n. 6, p. 1410, 1996.
- JIANG, Y. Z. et al. Carcass and meat quality traits of four commercial pig crossbreeds in China. **Genetics and Molecular Research**, v. 11, n. 4, p. 4447–4455, 2012.
- JONGBLOED, A. W.; LENIS, N. P. Alteration of nutrition as a means to reduce environmental pollution by pigs. **Livestock Production Science**, v. 31, n. 1–2, p. 75–94, mai. 1992.
- MOSENTHIN, R.; JANSMAN, A. J. M.; EKLUND, M. Standardization of methods for the determination of ileal amino acid digestibilities in growing pigs. **Livestock Science**, v. 109, n. 1–3, p. 276–281, mai. 2007.
- NIELSEN, B. L. On the interpretation of feeding behaviour measures and the use of feeding rate as an indicator of social constraint. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 63, n. 1, p. 79–91, mar. 1999.
- NIENABER, J. A.; HAHN, G. L.; EIGENBERG, R. A. Quantifying livestock responses for heat stress management: a review. **International Journal of Biometeorology**, v. 42, n. 4, p. 183–188, 29 mar. 1999.
- NRC. 2012. Nutrient requirements of swine. 11th rev. ed. **National Academies Press**, Washington, DC.
- PAIK, I.K. Strategies to reduce environmental pollution from animal manure: principles and nutritional management – A Review. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 9, n. 6, p. 615-636, 1996.
- PARSONS, D. J. et al. Real-time Control of Pig Growth through an Integrated Management System. **Biosystems Engineering**, v. 96, n. 2, p. 257–266, fev. 2007.
- POMAR, C. et al. Reducing phosphorus concentration in pig diets by adding an environmental objective to the traditional feed formulation algorithm. **Livestock Science**, v. 111, n. 1–2, p. 16–27, ago. 2007.
- POMAR, C. et al. Applying precision feeding techniques in growing-finishing pig operations. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. spe, p. 226–237, jul. 2009.

POMAR, C. et al. The impact of daily multiphase feeding on animal performance, body composition, nitrogen and phosphorus excretions, and feed costs in growing–finishing pigs. **Animal**, v. 8, n. 5, p. 704–713, 2014.

POMAR, C. et al. Modeling stochasticity: Dealing with populations rather than individual pigs. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 14, p. 257-266, 2003.

POMAR, C.; REMUS, A. Precision pig feeding: a breakthrough toward sustainability. **Animal Frontiers**, v. 9, n. 2, p. 52–59, 12 abr. 2019.

ROSTAGNO, H. S. Tabelas Brasileiras Para Aves e Suínos. 488 p., [2017].

SANTOS, L. S. DOS et al. Precision feeding strategy for growing pigs under heat stress conditions1. **Journal of Animal Science**, v. 96, n. 11, p. 4789–4801, 21 nov. 2018.

TUITOEK, K.; YOUNG, L. G. et al. The Effect of Reducing Excess Dietary Amino Acids on Growing-Finishing Pig Performance: An Evaluation of the Ideal Protein Concept1,2. p. 9, 1997.

WATHES, C. M. et al. Is precision livestock farming an engineer’s daydream or nightmare, an animal’s friend or foe, and a farmer’s panacea or pitfall? **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 64, n. 1, p. 2–10, nov. 2008.

WELLOCK, I. J.; EMMANS, G. C.; KYRIAZAKIS, I. Describing and predicting potential growth in the pig. **Animal Science**, v. 78, n. 3, p. 379–388, jun. 2004.