

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta
dissertação será disponibilizado
somente a partir de 06/02/2027

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS JABOTICABAL**

**EXIGÊNCIAS DE LISINA DIGESTÍVEL PARA SUÍNOS
IMUNOCASTRADOS ESTIMADAS PELOS MÉTODOS DOSE-
RESPOSTA E FATORIAL**

**Anderson Borba
Zootecnista**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS JABOTICABAL**

**EXIGÊNCIAS DE LISINA DIGESTÍVEL PARA SUÍNOS
IMUNOCASTRADOS ESTIMADAS PELOS MÉTODOS DOSE-
RESPOSTA E FATORIAL**

Discente: Anderson Borba

Orientador: Prof. Dr. Luciano Hauschild

Coorientador: Prof. Dr. Danilo Alves Marçal

**Dissertação apresentada à Faculdade
de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp,
Câmpus de Jaboticabal, como parte das
exigências para a obtenção do título de
Mestre em Ciência Animal.**

B726e Borba, Anderson

Exigências de lisina digestível para suínos imunocastrados estimadas pelos métodos dose-resposta e fatorial / Anderson Borba. -- Jaboticabal, 2026

84 p. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Luciano Hauschild

Coorientador: Danilo Alves Marçal

1. Exigência de aminoácidos. 2. Método dose-resposta. 3. Método fatorial. 4. Nível ideal. 5. Percentil. I. Título.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

O projeto contempla estimar exigências nutricionais de suínos em crescimento e terminação de uma linhagem de alto potencial genético, sobre a qual há poucos os dados conhecidos. Considerando o constante avanço genético das populações modernas, a atualização dessas estimativas torna-se essencial. A integração de dois métodos clássicos, dose-resposta e fatorial, permitirá gerar resultados mais robustos e aplicáveis, capazes de contemplar a variabilidade da população e identificar o animal que melhor representa o lote. Ao investigar as curvas de crescimento, composição corporal e as exigências de lisina digestível, este estudo contribuirá para o aprimoramento de estratégias nutricionais, promovendo o uso mais eficiente dos nutrientes e fornecendo subsídios científicos para a formulação de dietas mais precisas e sustentáveis.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

The project aims to estimate the nutritional requirements of growing and finishing pigs from a high genetic potential lineage, for which limited information is currently available. Considering the continuous genetic progress of modern pig populations, updating these estimates to become essential. The integration of two classical methods, dose-response and factorial, will enable the generation of more robust and applicable outcomes, capable of capturing population variability and identifying the individual that best represents the group. By evaluating growth curves, body composition, and digestible lysine requirements, this study will contribute to the refinement of nutritional strategies, promoting more efficient nutrient utilization and providing scientific support for the formulation of more precise and sustainable diets.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: EXIGÊNCIAS DE LISINA DIGESTÍVEL PARA SUÍNOS IMUNOCASTRADOS ESTIMADAS PELOS MÉTODOS DOSE-RESPOSTA E FATORIAL

AUTOR: ANDERSON BORBA

ORIENTADOR: LUCIANO HAUSCHILD COORIENTADOR: DANILO ALVES MARÇAL

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciência Animal, área: Nutrição Animal pela Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 LUCIANO HAUSCHILD
Data: 23/02/2026 13:39:22-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. LUCIANO HAUSCHILD (Participação Presencial)
Departamento de Zootecnia / FCAV UNESP Câmpus de Jaboticabal

Documento assinado digitalmente
 INES ANDRETTA
Data: 23/02/2026 17:00:54-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. INES ANDRETTA (Participação Virtual)
Departamento de Zootecnia / Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) - Porto Alegre/RS

Documento assinado digitalmente
 NILVA KAZUE SAKOMURA
Data: 24/02/2026 18:39:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. NILVA KAZUE SAKOMURA (Participação Presencial)
Departamento de Zootecnia / FCAV UNESP Câmpus de Jaboticabal

Jaboticabal, 06 de fevereiro de 2026.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ANDERSON BORBA, nascido em São Pedro do Sul - RS, em 11 de fevereiro de 1999. Técnico em Agropecuária pelo Instituto Federal Farroupilha, Campus São Vicente do Sul - título obtido em dezembro de 2016. Ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) em 2018 - graduação concluída em julho de 2023. Bolsista de extensão pelo programa FIEX (2018 - 2019) sob orientação do Prof. Dr. Arlei Rodrigues Bonet de Quadros. Bolsista de iniciação científica pelo programa FIPE (2019 - 2020) sob orientação do Prof. Dr. Vladimir de Oliveira. Estagiário do Laboratório de Suinocultura da UFSM (2018 - 2023). Bolsista do Programa Tutorial em Zootecnia (PETZOO - UFSM) de 2020 a 2022. Bolsista de ensino pelo Colégio Politécnico da UFSM (2022 - 2023). 2º secretário (2020) e presidente (2021) do Diretório Acadêmico da Zootecnia "Octávio Rodrigues" - UFSM. Representante estudantil estadual da Associação Brasileira de Zootecnistas (ABZ) no período de 2021 - 2025. Representante discente no colegiado do curso de Zootecnia da UFSM (2019 - 2022). Membro do Grupo de Estudos Avançados em Nutrição de Peixes (GEANUP - UFSM) de 2022 a 2023. Iniciou o Mestrado em Ciência Animal na Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal, em agosto de 2023. Bolsista CAPES (2023 - 2024) e FAPESP (2024 - 2026). Orientado pelo Prof. Dr. Luciano Hauschild e coorientado pelo Prof. Dr. Danilo Alves Marçal. Realizou período de pesquisa como estudante visitante no Department of Animal and Poultry Science da University of Saskatchewan, Saskatoon - Canadá, sob supervisão do Prof. Dr. Daniel Columbus (janeiro a julho de 2025).

EPÍGRAFE

**“Quem luta com monstros deve velar por que, ao fazê-lo,
não se transforme também em monstro.
E se tu olhares, durante muito tempo, para um abismo, o abismo também olha
para dentro de ti.”**
Friedrich Nietzsche

DEDICATÓRIA

A minha mãe, Evani Remida Friedrich,
que acreditou e esteve ao meu lado com apoio incondicional,
Eu dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiro, gostaria de agradecer a minha pessoa. Diante de tantas incertezas e anseios de embarcar nessa caminhada, encarei. As ações e consequências de decisões não trilharam o caminho planejado durante o mestrado, mas sem dúvida, fez com que ele pudesse ser o que precisava no momento para evoluir em diferentes aspectos.

A minha mãe, Evani, que sei que abdicou de tantas e tantas coisas na vida para que pudéssemos ter condições e forças para obter o mínimo grau de estudo. Todas as renúncias, dificuldades e preocupações sempre foram pensando no bem para cada um dos seus filhos. Mesmo não demonstrando em palavras ou em gestos afetuosos, sempre soube que o amor esteve e estará presente no seu coração por nós. Obrigado mãe! Ao meu pai, Antônio, que mesmo distante fisicamente em minha vida, acreditou no potencial do seu filho. Aos meus irmãos Alessandra, Alexandre, e Álisson Borba, por estarem ao meu lado durante essa trajetória e depositarem confiança e pensamentos positivos em minhas escolhas e decisões. A minha madrinha Mariza, que por muitas vezes foi minha segunda mãe. Sempre com palavras de incentivo e confiança para seguir acreditando a minha trajetória acadêmica. Ao meu afilhado Théo e sobrinho Martchello, que ressignificaram a alegria e amor na forma como eu vejo a vida.

Aos meus colegas e amigos de Laboratório de Suinocultura. Em primeira instância, Danilo, Ismael, Jaira e Lorena, que me receberam tão bem na cidade e fizeram com que os primeiros momentos no grupo fossem leves e agradáveis. Muito obrigado. A Eloá, que teve paciência e resiliência em acompanhar e desenvolver o experimento em conjunto. Aos demais integrantes do grupo, Pedro, Graziela, Cleslei, Manoela, Alícia, Alini, Renatha, Larissa, Bárbara, Camillo, Eduarda e Naiara pelos conselhos, conversas, paciência, e compreensão quando não pude me fazer. Ao Diego e família, que me acolheram com alegria e zelo no meu primeiro natal e ano novo na cidade, nunca irei esquecer desse gesto. A Elisa, que mesmo discordante de tantas prerrogativas, se tornou uma pessoa que posso chamar de amiga. A toda equipe de estagiários da graduação da Unesp/FCAV e alunos externos, que principalmente quando estava como “prefeito” da granja experimental, sempre se

mostram dispostos e indagados nas atividades propostas. Obrigado por cada ajuda durante o experimento.

Ao Professor Luciano, orientador, pela confiança depositada no meu trabalho, pelas indagações e conselhos para que pudesse ir pelo caminho correto, e por compartilhar o conhecimento de uma forma simples e humilde. Ao Professor Danilo, coorientador, pela paciência e olhar singular para com as pessoas, sempre trouxe tranquilidade e serenidade durante meus passos. Ao Senhores José e Wilson, amigos que sempre estiveram disposto a orientar e ensinar de uma forma humana durante o tempo que estive na granja experimental.

Aos meus amigos que não preciso citar em nomes, pois os “de verdade” sempre estão conosco, seja em pensamentos ou vibrando com cada pequena conquista. Porém, aqui um agradecimento especial a Tássila, sabe que sempre estarei por ti, obrigado pelo carinho e amor.

A recepção e acolhimento durante o período em Saskatoon, Josiane e família, nos poucos momentos que convivi, entendi o porquê lhe chamavam de “mãe Josi”, obrigado pelo amparo, conselhos e todo suporte que teve comigo. Ao Pedro, Vivian, Suzete, Ítalo e Isis, no qual foram companheiros verdadeiros nos momentos compartilhados. Ao Marllon, pela ajuda e direcionamentos durante a minha estadia. Obrigado de coração a cada um de vocês. Ao Professor Daniel, pela oportunidade e confiança para que pudesse realizar esse sonho tão distante. Obrigado Professor.

A Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, campus Jaboticabal e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Instituição. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, projetos nº 2024/03581-9 e 2024/17596-8) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES, código de financiamento 001), e a DanBred Brasil por financiar o projeto.

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

Ao todos que fizeram parte da minha caminhada desde a graduação até os dias de hoje, contribuído para a concretização desse trabalho. Obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	viii
LISTA DE ABREVIACÕES	x
LISTA DE FIGURAS	xi
PREFÁCIO.....	xii
CAPÍTULO 1- CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1. Introdução.....	1
2. Revisão de literatura	2
2.1. Impacto do melhoramento genético e da variabilidade populacional na nutrição e viabilidade da suinocultura.....	2
2.1.1. Melhoramento genético e implicações nutricionais em suínos modernos	2
2.1.2. Variabilidade animal e desafios para a estimativa de exigências	3
2.2. Exigências nutricionais de suínos em crescimento e terminação.....	4
2.2.1. Aminoácidos na nutrição de suínos: papel central da lisina	4
2.2.2. Implicações da imunocastração sobre as exigências nutricionais de suínos	6
2.2.3. Métodos para determinar exigências em aminoácidos.....	8
2.2.3.1. Dose-resposta	8
2.2.3.2. Fatorial	10
2.2.3.3. Calibração de um modelo fatorial	12
3. Hipóteses	14
4. Objetivos	14
5. Estruturação da dissertação	14
6. Referências	15

CAPÍTULO 2 - DIGESTIBLE LYSINE REQUIREMENTS FOR IMMUNOCASTRATED GROWING AND FINISHING PIGS USING DOSE-RESPONSE AND FACTORIAL METHODS	21
Abstract.....	22
Implications	23
Introduction	24
Material and methods	26
<i>Animals, housing, and management</i>	<i>26</i>
<i>Experimental diets</i>	<i>28</i>
<i>Dose-response study.....</i>	<i>30</i>
<i>Factorial study.....</i>	<i>31</i>
Results	33
<i>Performance and body composition responses, and the optimal lysine level for pigs fed diets with different lysine levels using the dose-response method</i>	<i>34</i>
<i>Estimation of individual lysine requirements of growing and finishing pigs using the factorial method</i>	<i>37</i>
Discussion	41
<i>The ideal lysine levels for growing pigs are influenced by the animal's response</i>	<i>41</i>
<i>Individual variability in lysine requirements of growing and finishing pigs ...</i>	<i>45</i>
<i>Integration between dose-response and factorial methods to estimate lysine requirements</i>	<i>47</i>
Ethics approval.....	49
Data and model availability statement	50
Declaration of generative AI and AI-assisted technologies in the writing process	50

Author ORCIDs	<i>Erro! Marcador não definido.</i>
Declaration of interest	50
Acknowledgements.....	50
Financial support statement.....	50
References	51
CAPÍTULO 3 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal



CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado "Estimativas de curvas de crescimento, composição corporal e exigência em lisina para suínos de alto potencial genético", protocolo nº 1561/2024, sob a responsabilidade do Prof. Dr. LUCIANO HAUSCHILD, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 17 de abril de 2024.

Vigência do Projeto	01/05/2024 a 07/08/2025
Espécie / Linhagem	Suínos / Comercial
Nº de animais	90
Peso / Idade	23 – 27 kg / 63 a 73 dias
Sexo	Machos
Origem	Granja comercial – São Paulo

Jaboticabal, 17 de abril de 2024.

Helena C. D. Brito
Dr.ª Helena Cristina Delgado Brito
Coordenadora – CEUA

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias
Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n CEP 14884-900 - Jaboticabal - SP - Brasil
Tel. 16 3209-7100 - www.fcav.unesp.br



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal



ETHICS COMMISSION ON ANIMAL USE

CERTIFICATE

We certify that the research project entitled "**ESTIMATES OF GROWTH CURVES, BODY COMPOSITION AND LYSINE REQUIREMENT FOR PIGS WITH HIGH GENETIC POTENTIAL**", protocol nº. 1561/2024, under the responsibility of Dr. LUCIANO HAUSCHILD, which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the Chordata phylum, vertebrate subfile (except man), for the purposes of scientific research (or teaching) - is in accordance with the precepts of Law no. 11,794, of October 8, 2008, in Decree 6,899, of July 15, 2009, and with the rules issued by the National Council for Animal Experimentation Control (CONCEA), and was approved by the Ethics Commission on Animal Use (CEUA), from the SCHOOL OF AGRICULTURAL AND VETERINARY SCIENCES, UNESP - JABOTICABAL - SP Campus, at april 17, 2024 an ordinary meeting.

Jaboticabal, April 17, 2024.


Drª Helena Cristina Delgado Brito
Coordinator - CEUA

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias
Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n CEP 14884-900 - Jaboticabal - SP - Brasil
Tel. 15 3209-7100 - www.fcav.unesp.br

EXIGÊNCIAS DE LISINA DIGESTÍVEL PARA SUÍNOS IMUNOCASTRADOS ESTIMADAS PELOS MÉTODOS DOSE-RESPOSTA E FATORIAL

RESUMO – O avanço do melhoramento genético em suínos tem melhorado o potencial de crescimento e, consequentemente, a necessidade de atualização das estimativas de exigências nutricionais. Os métodos mais utilizados para essas estimativas são o dose-resposta (1) e o fatorial (2), porém ambos apresentam limitações. Os resultados de dose-resposta não devem ser extrapolados para outras fases ou populações, enquanto o método fatorial exige a definição de um indivíduo representativo dentro do lote. Assim, objetivou-se integrar informações de ambos os métodos para identificar o percentil populacional mais representativo e determinar os níveis ideais de lisina digestível ileal estandardizada (SID Lys) para suínos de alto potencial genético. Dois estudos foram conduzidos envolvendo 90 suínos machos durante as fases de crescimento e terminação. Os animais foram avaliados por pesagens semanais, consumo diário obtido por alimentadores automáticos inteligentes de precisão (*Automated Intelligent Precision Feeder*; AIPF) e mensuração da composição corporal (DXA) no início e final de cada fase (I, II, III e IV). No estudo 1, fase II (± 50 kg), os animais foram distribuídos em blocos casualizados com 15 repetições por tratamento. A definição dos níveis dietéticos foi baseada nos dados da própria população. O peso vivo e o consumo previstos para o dia subsequente foram estimados e integrados a equações fatoriais para gerar a exigência diária individual de SID Lys. O percentil 50 (P50) foi adotado como referência para estabelecer seis níveis dietéticos (0,52; 0,66; 0,80; 0,94; 1,08; 1,22% SID Lys) no primeiro dia da fase. No estudo 2, um subgrupo de 30 animais (0,94 e 1,08% SID Lys) foram acompanhados durante todo o período experimental (± 27 a 145 kg). Nas fases I, III e IV, os animais receberam uma dieta única que atendia à exigência populacional estimada pelo mesmo procedimento (P50). Para caracterização individual, o ganho de peso diário (GPD) e o consumo de ração diário (CRD) foram estimados por regressões ajustadas ao tempo (quadráticas nas fases I, II e III; linear na fase IV). A proteína corporal foi ajustada a partir de cinco avaliações do DXA, e a deposição diária de proteína (DP) foi obtida pela derivada da função ajustada. O GPD previsto e a relação DP/GPD foram incorporados ao modelo fatorial para estimar a exigência diária individual de SID Lys em todas as fases. A distribuição cumulativa das exigências (2) foi combinada às curvas de resposta da população (1) para estimar os níveis ótimos de SID Lys para GPD, conversão alimentar (CA) e DP, utilizando-se o modelo *Broken Line Quadrático* (BLQ), e posteriormente identificar o percentil correspondente para cada critério-resposta. O desempenho e a composição corporal foram afetados pelos níveis dietéticos de SID Lys ($P < 0,05$). O CRD, GPD, CA e a DP aumentaram não linearmente ($P < 0,05$) em função dos níveis de SID Lys. Os pontos ótimos estimados na fase II foram de 0,94%, 0,98% e 1,04% de SID Lys para otimizar o GPD, DP e CA, respectivamente. As exigências médias de SID Lys nas fases I a IV foram de 1,05; 0,91; 0,79 e 0,79%. Os percentis associados às respostas máximas foram 60% para GPD, 97% para CA e 80% para DP. Com base nesses percentis, os níveis ideais de SID Lys (%) para as fases I, III e IV foram 1,07; 0,80; 0,82% (GPD), 1,33; 0,91; 0,91% (CA) e 1,18; 0,82; 0,84% (DP). As exigências de SID Lys (g/d) nas fases I a IV foram de 14,07; 20,54; 26,06; 27,92 (GPD), 16,15; 22,72; 29,51; 30,89 (CA) e 14,78; 21,44; 27,58; 28,51 (DP). Esses resultados demonstram a viabilidade de integrar abordagens

dose-resposta e fatoriais, permitindo definir percentis populacionais representativos e estimar níveis ideais de SID Lys ao longo do crescimento e terminação de suínos de alto potencial genético.

Palavras chaves: exigência de aminoácidos, método dose-resposta, método fatorial, nível ideal, percentil.

LYSINE REQUIREMENTS FOR IMMUNOCASTRATED PIGS USING DOSE-RESPONSE AND FACTORIAL METHODS

ABSTRACT – Advances in genetic improvement in pigs have enhanced growth potential and, consequently, increased the need to update nutritional requirement estimates. The most commonly used methods for these estimations are the dose-response and factorial approaches; however, both present limitations, as dose-response results should not be extrapolated to other phases or populations, whereas the factorial method requires the definition of a representative individual within the group. Therefore, this study aimed to integrate information from both approaches to identify the most representative population percentile and to determine optimal standardized ileal digestible lysine (SID Lys) levels for high genetic potential pigs. Two studies were conducted involving 90 male pigs during the growing and finishing phases, evaluated through weekly body weight measurements, daily feed intake recorded using automated intelligent precision feeders (AIPF), and body composition assessment by dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) at the beginning and end of each phase (I, II, III, and IV). In Study 1, during Phase II (± 50 kg), animals were assigned to a randomized block design, and dietary SID Lys levels were defined based on population-derived estimates by integrating predicted body weight and feed intake into factorial equations, with the 50th percentile (P50) used as a reference to establish six dietary levels (0.52 to 1.22% SID Lys). In Study 2, a subgroup of 30 animals was followed throughout the entire experimental period (± 27 to 145 kg), receiving diets formulated to meet population requirements estimated using the same procedure. Individual average daily gain (ADG) and daily feed intake (DFI) were estimated using time-adjusted regressions, body protein was obtained from repeated DXA measurements, and daily protein deposition (PD) was derived from the fitted functions. Predicted ADG and the PD/ADG ratio were incorporated into the factorial model to estimate individual daily SID Lys requirements across phases. The cumulative distribution of factorial requirements was combined with population dose-response curves to estimate optimal SID Lys levels for ADG, feed conversion ratio (FCR), and PD using the quadratic broken-line model and to identify the corresponding population percentiles. Dietary SID Lys levels affected performance and body composition ($P < 0.05$), with DFI, ADG, FCR, and PD responding non-linearly to increasing SID Lys levels. In Phase II, optimal SID Lys levels were estimated at 0.94%, 0.98%, and 1.04% to maximize ADG and PD and to minimize FCR, respectively. Mean SID Lys requirements across Phases I to IV were 1.05, 0.91, 0.79, and 0.79%, and the percentiles associated with maximum responses were 60% for ADG, 97% for FCR, and 80% for PD. Based on these percentiles, optimal SID Lys levels (%) for Phases I, III, and IV were 1.07, 0.80, and 0.82% for ADG, 1.33, 0.91, and 0.91% for FCR, and 1.18, 0.82, and 0.84% for PD, corresponding to daily SID Lys intakes ranging from 14.07 to 30.89 g/d depending on phase and response criterion. These results demonstrate that integrating dose-response and factorial approaches is a robust strategy to define representative population percentiles and estimate optimal SID Lys requirements throughout the growth and finishing of high genetic potential pigs.

Keywords: amino acid requirements, dose-response method, factorial method, optimal level, percentile.

LISTA DE ABREVIACÕES

AA	Aminoácidos
AA	Amino acids
ADFI	Average daily feed intake
ADG	Average daily gain
AIC	Akaike information criterion
AIPF	Automatic and Intelligent Precision Feeders
BLL	Broken-line linear
BLQ	Broken-line quadratic
BW	Body weight
CV	Coefficient of variation
DFI	Daily feed intake
DFIp	Predicted daily feed intake
DXA	Dual-energy X-ray absorptiometry
FCR	Feed conversion ratio
GnRH	Hormônio liberador de gonadotrofinas
LD	Average daily lipid deposition
Lys	Lisina
Lys	Lysine
Ly _{sexig}	Daily lysine requirement
NRC	National Research Council
P	Population percentile
PD	Average daily protein deposition
QP	Quadratic polynomial
SAS	Statistical Analysis System
SID	Standardized ileal digestible
TABS	Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Resposta do animal à adição de um nutriente limitante na ração (adaptado de Sakomura e Rostagno, 2016).....	9
Figura 2. Representação gráfica das exigências individuais de suínos (cinza) (adaptado de Borba et al., 2025; dados não publicados), e concentração dietética das dietas fornecidas em um sistema de alimentação convencional com 4 fases (vermelho) sugerido pelo National Research Council (2012).	12
Figura 3. The data represent individual responses (■) and the mean response estimated by the quadratic broken-line model. Average daily gain (A; —), feed conversion ratio (B; —), and average daily protein deposition (C; —) of pigs fed diets with different levels of digestible lysine.....	38
Figura 4. Cumulative distribution of the estimated SID lysine requirement for pigs during feeding phases one (◆), two (●), three (▲), and four (■), as described in this study.....	39
Figura 5. Cumulative distribution of the requirements estimated using the factorial method (●) and the effect of different standardized ileal digestible lysine levels on average daily gain (A; —), feed conversion ratio (B; —), and average daily protein deposition (C; —) estimated using the dose-response method for the body weight range of 50 to 80 kg.....	41

PREFÁCIO

Ao longo do curso de mestrado, o autor desta dissertação desenvolveu atividades de pesquisa voltadas à experimentação *in vivo*, modelagem e estimativa de exigências nutricionais em suínos de linhagem moderna de alto potencial genético. As atividades foram conduzidas no Laboratório de Estudos em Suinocultura da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal, onde o autor ocupou a posição de discente responsável pela granja experimental no período de janeiro a dezembro de 2024.

Como parte da formação acadêmica, o autor realizou estágio de pesquisa no exterior por meio de bolsa BEPE-FAPESP no Department of Animal and Poultry Science da University of Saskatchewan, em Saskatoon, Canadá, sob supervisão do Prof. Dr. Daniel Columbus. Nesse período, desenvolveu o projeto “Effect of immunocastration on the individual amino acid requirements of high potential male pigs”, analisando estimativas de exigências nutricionais individuais e sua variabilidade em machos inteiros e imunocastrados, além de participar de atividades de pesquisa no Prairie Swine Centre.

O trabalho realizado durante o curso de mestrado resultou nas seguintes contribuições científicas:

Publicações em periódicos

1. Spagnol, R. S., Medeiros, J. M., **Borba, A.**; Schneider, L. I., Klein, D. R., Quadros, A. R. B., Gewehr, C. E., Oliveira, V. Soluble and insoluble fibre sources in weaning piglets diets. Brazilian Journal Veterinary Res. and Animal Science, v. 61, p. 212782, 2024.
2. Schneider, L. I., **Borba, A.**, Medeiros, J. M., Klein, D. R., Poletti, B., Rossi, C. A. R., Kessler, A. M., Oliveira, V. Black wattle (*Acacia mearnsii*) condensed tannin extract as feed additive in diets of weaned piglets. Ciência Rural, v. 54, p. 1/9, 2024.

Resumos publicados em eventos científicos

1. **Borba, A.**, Bosso, E. B., Marçal, D. A., Vieira, A. M., Frank, E. O., Barbosa, L. G., Sardinha, S. J., Ferreira, S. V., Columbus, D. A., Hauschild, L. A lysine dose-

response study using dietary levels established based on individual pig requirements. In: Animal Nutrition Conference of Canada, 2025, Niagara Fall, ON. Animal Nutrition Conference of Canada Proceedings, 2025.

2. Sardinha, S. J., **Borba, A.**, Bosso, E. B., Oliveira, A. F., Paulino, G. S. C., Cunha, S. V., Marçal, D. A., Hauschild, L. Estimativas de curvas de crescimento, composição corporal e exigência de lisina para suínos de alto potencial genético. In: Congresso de Iniciação Científica e Tecnológica da Unesp, 2025, Jaboticabal - SP. Anais XXXVII CIC Unesp, 2025.

3. Oliveira, A. F., Bosso, E. B., **Borba, A.**, Paulino, G. S. C., Sardinha, S. J., Cunha, S. V., Fraga, A. Z., Hauschild, L. Efeito da restrição de lisina dietética no desempenho e na composição corporal de suínos imunocastrados de alto potencial genético. In: Congresso de Iniciação Científica e Tecnológica da Unesp, 2025, Jaboticabal - SP. Anais XXXVII CIC Unesp, 2025.

4. Frank, E. O., Fraga, A. Z., **Borba, A.**, Barbosa, L. G., Lopes, B. T., Bosso, E. B., Silva, C. C. R., Franca, I., Oliveira, J., Campos, L. D., Vieira, A. M., Rodrigues, L., Melo, A. D. B., Hauschild, L. Efeitos da fonte e do nível de zinco dietético sobre o desempenho de leitões desafiados por *salmonella typhimurium* alojados em condições sanitárias precárias. In: 35° Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2025, São Paulo - SP. Anais do 35° Colégio Brasileiro de Nutrição Animal.

5. **Borba, A.**, Bosso, E. B., Campos, L. D., Frank, E. O., Barbosa, L. G., Lopes, B. T., Silva, C. C. R., Sardinha, S. J., Cunha, S. V., Vieira, A. M., Marçal, D. A., Ferreira, S. V., Shukuri, G., Hauschild, L. Estimativa das exigências de lisina para suínos em crescimento e terminação utilizando os métodos empírico e fatorial. In: Congresso Nacional ABRAVES, 2025, Belo Horizonte - MG. XXI Congresso Nacional da Abraves, 2025.

6. Bosso, E. B., **Borba, A.**, Frank, E. O., Barbosa, L. G., Lopes, B. T., Silva, C. C. R., Campos, L. D., Oliveira, A. F., Marçal, D. A., Fraga, A. Z., Ferreira, S. V., Hauschild, L. Resposta compensatória no desempenho e composição corporal de suínos machos

inteiros submetidos a restrição dietética de lisina. In: Congresso Nacional ABRAVES, 2025, Belo Horizonte - MG. XXI Congresso Nacional da Abraves, 2025.

7. Lopes, B. T., **Borba, A.**, Silva, C. A., Frank, E. O., Bosso, E. B., Santos, E. A., Campos, L. D., Almeida, F., Vieira, A. M., Marçal, D. A., Fraga, A. Z., Andretta, I., Silva, G., Satto, J. P. H., Hauschild, L. Adição dietética de um blend de ácidos orgânicos e mananoligossacarídeos para suínos em terminação em condição de desafio sanitário. In: Congresso Nacional ABRAVES, 2025, Belo Horizonte - MG. XXI Congresso Nacional da Abraves, 2025.

8. Frank, E. O., Fraga, A. Z., **Borba, A.**, Barbosa, L. G., Oliveira, J., Lopes, B. T., Bosso, E. B., Carnelos, A. C., Brunhara, P. H., Fuciolo, C. G., Rodrigues, L. A., Hauschild, L. Desempenho de leitões desmamados suplementados com diferentes fontes e níveis de zinco em condição de desafio sanitário. In: Congresso Nacional ABRAVES, 2025, Belo Horizonte - MG. XXI Congresso Nacional da Abraves, 2025.

9. Marçal, D. A., Campos, L. D., Oliveira, A. F., **Borba, A.**, Frank, E. O., Franca, I., Oliveira, J., Barbosa, L. G., Carrijo, S. S., Brunhara, P. H., Sardinha, S. J., Vieira, A. M., Hauschild, L. Balanço de energia de suínos em crescimento e terminação submetidos á estresse por calor. In: Congresso Nacional ABRAVES, 2025, Belo Horizonte - MG. XXI Congresso Nacional da Abraves, 2025.

10. Campos, L. D., Franca, I., Paulino, G. S. C., Oliveira, A. F., Sardinha, S. J., Siqueira, B. F., Marçal, D. A., Silva, C. A., Vieira, A. M., Silva, C. C. R., **Borba, A.**, Araujo, R. C., Hauschild, L. Efeitos da Suplementação com blend de capsaicina, óleos essenciais e metabólitos de levedura no desempenho e composição corporal de suínos em crescimento e terminação submetidos ao estresse por calor. In: X Congresso Latino-Americano de nutrição Animal, 2024, São Paulo - SP. Anais do X Congresso Latino-Americano de nutrição Animal, 2024.

11. Barbosa, L. G., Vieira, A. M., Frank, E. O., **Borba, A.**, Franca, I., Oliveira, J., Campos, L. D., Paulino, G. S. C., Oliveira, A. F., Sardinha, S. J., Cunha, S. V., Schneiders, J. L., Hauschild, L. A suplementação de dietas com fitase melhora o desempenho e composição corporal de leitões em fase de creche. In: X Congresso

Latino-Americano de Nutrição Animal, 2024, São Paulo - SP. Anais do X X Congresso Latino-Americano de Nutrição Animal, 2024.

12. Klockner, D., Muniz, H. C. M., Schneider, L. I., Medeiros, J. M., **Borba, A.**, Klein, D. R. Estudo da ocorrência de síndrome de segundo parto em uma unidade produtora de desmamados. In: XI Congresso Latino-Americano de Suinocultura, 2023, Foz do Iguaçu - PR. Anais XI Congresso Latino-Americano de Suinocultura, 2023.

13. Muniz, H. C. M., Abbadie, N. S., Santos, M. S., Schneider, L. I., Medeiros, J. M., **Borba, A.** Equação para estimar peso médio ao nascimento de leitões em relação ao tamanho da leitegada. In: XI Congresso Latino-Americano de Suinocultura, 2023, Foz do Iguaçu - PR. Anais XI Congresso Latino-Americano de Suinocultura, 2023.

Disciplinas cursadas (UNESP FCAV, Jaboticabal)

Avaliação Biológica dos Alimentos e Exigências Nutricionais para Não Ruminantes (segundo semestre / 2023)	120 horas
Biotecnologia Aplicada à Produção Animal (segundo semestre / 2023)	30 horas
Tópicos Especiais: Modelagem do Crescimento e Nutrição de Suínos (segundo semestre / 2023)	30 horas
Fisiologia Endócrina e Metabólica (primeiro semestre/ 2024)	90 horas
Tópicos Especiais: Estatística Aplicada à Ciência Animal (primeiro semestre/ 2024)	60 horas
Tópicos Especiais: Protein Nutrition and Metabolism for Monogastric (primeiro semestre/ 2024)	30 horas
Gestão de Projetos e Divulgação em Ciência (primeiro semestre/ 2024)	45 horas
Tópicos Especiais: São Paulo School of Advanced Science on Precision Livestock Farming (segundo semestre / 2024)	60 horas
Afecções Respiratórias dos Suínos (segundo semestre / 2024)	75 horas

CAPÍTULO 1- CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. Introdução

A intensificação da suinocultura moderna, impulsionada pelo avanço dos programas de melhoramento genético, resultou em animais com maior taxa de crescimento, elevada eficiência alimentar e expressiva capacidade de deposição de tecido magro. Esse novo perfil produtivo impôs desafios crescentes à nutrição animal, uma vez que as exigências nutricionais, particularmente em aminoácidos (AA), passaram a refletir diretamente o potencial genético dos suínos contemporâneos. Nesse contexto, a lisina (Lys) assume papel central por ser, geralmente, o primeiro aminoácido limitante em dietas convencionais e por apresentar estreita relação com a deposição de proteína corporal (van Milgen, Jaap e Dourmad, 2015). Entretanto, a formulação de dietas baseada em exigências médias fixas mostra-se cada vez mais limitada diante da elevada variabilidade biológica observada entre indivíduos, mesmo em populações geneticamente homogêneas e sob manejo padronizado, o que compromete a eficiência produtiva, econômica e ambiental dos sistemas intensivos (Pomar, Candido e Remus, 2019).

Além disso, a adoção de biotecnologias recentes, como a imunocastração, introduzem novas dinâmicas fisiológicas e produtivas que afetam diretamente o consumo alimentar, a composição corporal e as exigências nutricionais dos suínos, especialmente no que se refere à Lys (Batorek *et al.*, 2012; Dunshea *et al.*, 2013; Moore *et al.*, 2016). Tais alterações reforçam a necessidade de métodos de estimativa de exigências capazes de capturar não apenas a resposta média da população, mas também a variabilidade individual e a natureza dinâmica do crescimento animal. Métodos tradicionais, como dose-resposta e fatorial, apresentam limitações quando utilizados de forma isolada, uma vez que assumem respostas estáticas ou indivíduos médios que não representam adequadamente populações heterogêneas (Brossard *et al.*, 2009; Remus *et al.*, 2020). Assim, torna-se fundamental avançar na aplicação de abordagens integradas que permitam estimar exigências nutricionais de forma mais precisa e biologicamente consistente, fornecendo suporte científico para o

desenvolvimento de estratégias nutricionais mais eficientes, sustentáveis e alinhadas às demandas da suinocultura moderna.

References

- Andretta, I., Pomar, C., Rivest, J., Pomar, J., Lovatto, P. A., & Radünz Neto, J. (2014). 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*, 92(9), 3925–3936.
<https://doi.org/10.2527/jas.2014-7643>
- Andretta, I., Pomar, C., Rivest, J., Pomar, J., & Radünz, J. (2016). Precision feeding can significantly reduce lysine intake and nitrogen excretion without compromising the performance of growing pigs. *Animal*, 10(7), 1137–1147.
<https://doi.org/10.1017/S1751731115003067>
- Baker, D. H. (1986). Problems and Pitfalls in Animal Experiments Designed to Establish Dietary Requirements for Essential Nutrients. *The Journal of Nutrition*, 116(12), 2339–2349. <https://doi.org/10.1093/jn/116.12.2339>
- Baker, D. H., Batal, A. B., Parr, T. M., Augspurger, N. R., & Parsons, C. M. (2002). Ideal ratio (relative to lysine) of tryptophan, threonine, isoleucine, and valine for chicks during the second and third weeks posthatch. *Poultry Science*, 81(4), 485–494.
<https://doi.org/10.1093/ps/81.4.485>
- Batorek, N., Čandek-Potokar, M., Bonneau, M., & Van Milgen, J. (2012). Meta-analysis of the effect of immunocastration on production performance, reproductive organs and boar taint compounds in pigs. *Animal*, 6(8), 1330–1338.
<https://doi.org/10.1017/S1751731112000146>
- Bertolo, R. F., Moehn, S., Pencharz, P. B., & Ball, R. O. (2005). Estimate of the variability of the lysine requirement of growing pigs using the indicator amino acid oxidation

technique¹. *Journal of Animal Science*, 83(11), 2535–2542.

<https://doi.org/10.2527/2005.83112535x>

Brossard, L., Dourmad, J.-Y., Rivest, J., & van Milgen, J. (2009). Modelling the variation in performance of a population of growing pig as affected by lysine supply and feeding strategy. *Animal*, 3(8), 1114–1123. <https://doi.org/10.1017/S1751731109004546>

Brossard, L., Vautier, B., van Milgen, J., Salaun, Y., & Quiniou, N. (2014). Comparison of in vivo and in silico growth performance and variability in pigs when applying a feeding strategy designed by simulation to control the variability of slaughter weight. *Animal Production Science*, 54(12), 1939–1945. <https://doi.org/10.1071/AN14521>

Claus, R., Lacorn, M., Danowski, K., Pearce, M. C., & Bauer, A. (2007). Short-term endocrine and metabolic reactions before and after second immunization against GnRH in boars. *Vaccine*, 25(24), 4689–4696. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2007.04.009>

Cloutier, L., Pomar, C., Létourneau Montminy, M. P., Bernier, J. F., & Pomar, J. (2015). Evaluation of a method estimating real-time individual lysine requirements in two lines of growing–finishing pigs. *Animal*, 9(4), 561–568. <https://doi.org/10.1017/S1751731114003073>

Dunshea, F. R., Allison, J. R. D., Bertram, M., Boler, D. D., Brossard, L., Campbell, R., Crane, J. P., Hennessy, D. P., Huber, L., de Lange, C., Ferguson, N., Matzat, P., McKeith, F., Moraes, P. J. U., Mullan, B. P., Noblet, J., Quiniou, N., & Tokach, M. (2013). The effect of immunization against GnRF on nutrient requirements of male pigs: a review. *Animal*, 7(11), 1769–1778. <https://doi.org/10.1017/S1751731113001407>

Elsbernd, A. J., de Lange, C. F. M., Stalder, K. J., Karriker, L. A., & Patience, J. F. (2017). SID lysine requirement of immunologically and physically castrated male pigs during the grower, early and late finisher periods¹. *Journal of Animal Science*, 95(3), 1253–1263. <https://doi.org/10.2527/jas.2016.0544>

Evonik Nutrition and Care GmbH. (2021). AMINODat® 6.0: Animal nutritionists information edge. Evonik Nutrition and Care GmbH.

- Fàbrega, E., Velarde, A., Cros, J., Gispert, M., Suárez, P., Tibau, J., & Soler, J. (2010). Effect of vaccination against gonadotrophin-releasing hormone, using Improvac®, on growth performance, body composition, behaviour and acute phase proteins. *Livestock Science*, 132(1–3), 53–59. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.04.021>
- Fernández-Fígares, I., Haro, A., Lachica, M., Lara, L., Seiquer, I., & Nieto, R. (2023). Metabolic Profile of Growing Immune- and Surgically Castrated Iberian Pigs Fed Diets of Different Amino Acid Concentration. *Animals*, 13(16), 2650. <https://doi.org/10.3390/ani13162650>
- Gonçalves, M. A. D., Bello, N. M., Dritz, S. S., Tokach, M. D., DeRouchey, J. M., Woodworth, J. C., & Goodband, R. D. (2016). An update on modeling dose–response relationships: Accounting for correlated data structure and heterogeneous error variance in linear and nonlinear mixed models^{1,2}. *Journal of Animal Science*, 94(5), 1940–1950. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-0106>
- Hauschild, L., Lovatto, P. A., Pomar, J., & Pomar, C. (2012). Development of sustainable precision farming systems for swine: Estimating real-time individual amino acid requirements in growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 90(7), 2255–2263. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4252>
- Hauschild, L., Pomar, C., & Lovatto, P. A. (2010). Systematic comparison of the empirical and factorial methods used to estimate the nutrient requirements of growing pigs. *Animal*, 4(5), 714–723. <https://doi.org/10.1017/S1751731109991546>
- Heger, J., Křížová, L., Šustala, M., Nitrayová, S., Patráš, P., & Hampel, D. (2009). Individual response of growing pigs to lysine intake. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 93(5), 538–546. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2008.00837.x>
- Kamalakar, R. B., Chiba, L. I., Divakala, K. C., Rodning, S. P., Welles, E. G., Bergen, W. G., Kerth, C. R., Kuhlert, D. L., & Nadarajah, N. K. (2009). Effect of the degree and duration of early dietary amino acid restrictions on subsequent and overall pig

- performance and physical and sensory characteristics of pork¹. *Journal of Animal Science*, 87(11), 3596–3606. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1609>
- Lee, J., González-Vega, J. C., Htoo, J. K., & Nyachoti, C. M. (2021). Evaluating the standardized ileal digestible lysine requirement of 7- to 15-kg weanling pigs fed corn-soybean meal-based diets. *animal*, 15(2), 100127. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100127>
- Li, Q., & Patience, J. F. (2017). Factors involved in the regulation of feed and energy intake of pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 233, 22–33. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.01.001>
- Mahan, D. C., & Shields, R. G. (1998). Essential and nonessential amino acid composition of pigs from birth to 145 kilograms of body weight, and comparison to other studies. *Journal of Animal Science*, 76(2), 513. <https://doi.org/10.2527/1998.762513x>
- Möhn, S., Gillis, A. M., Moughan, P. J., & de Lange, C. F. (2000). Influence of dietary lysine and energy intakes on body protein deposition and lysine utilization in the growing pig. *Journal of Animal Science*, 78(6), 1510. <https://doi.org/10.2527/2000.7861510x>
- Moore, K. L., Mullan, B. P., Campbell, R. G., & Kim, J. C. (2013). The response of entire male and female pigs from 20 to 100-kg liveweight to dietary available lysine. *Animal Production Science*, 53(1), 67. <https://doi.org/10.1071/AN12074>
- Moore, K. L., Mullan, B. P., Kim, J. C., & Dunshea, F. R. (2016). Standardized ileal digestible lysine requirements of male pigs immunized against gonadotrophin releasing factor¹. *Journal of Animal Science*, 94(5), 1982–1992. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9622>
- National Research Council. (2012). *Nutrient requirements of swine* (The National Academies Press, Org.; 11th rev. ed).
- Nyachoti, C. M., Zijlstra, R. T., de Lange, C. F. M., & Patience, J. F. (2004). Voluntary feed intake in growing-finishing pigs: A review of the main determining factors and potential approaches for accurate predictions. *Canadian Journal of Animal Science*, 84(4), 549–566. <https://doi.org/10.4141/A04-001>

- Pérez-Ciria, L., Miana-Mena, F. J., Álvarez-Rodríguez, J., & Latorre, M. A. (2022). Effect of Castration Type and Diet on Growth Performance, Serum Sex Hormones and Metabolites, and Carcass Quality of Heavy Male Pigs. *Animals*, 12(8), 1004. <https://doi.org/10.3390/ani12081004>
- Pesti, G. M., Vedenov, D., Cason, J. A., & Billard, L. (2009). A comparison of methods to estimate nutritional requirements from experimental data. *British Poultry Science*, 50(1), 16–32. <https://doi.org/10.1080/00071660802530639>
- Poklukar, K., Čandek-Potokar, M., Vrecl, M., Batorek-Lukač, N., Fazarinc, G., Kress, K., Weiler, U., Stefanski, V., & Škrlep, M. (2021). The effect of immunocastration on adipose tissue deposition and composition in pigs. *animal*, 15(2), 100118. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100118>
- Pomar, C., & Rivest, J. (1996). The effect of body position and data analysis on the estimation of body composition of pigs by dual energy x-ray absorptiometry (DEXA). 46th Annual Conference of the Canadian Society of Animal Science, 26.
- Pomar, J., López, V., & Pomar, C. (2011). Agent-based simulation framework for virtual prototyping of advanced livestock precision feeding systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, 78(1), 88–97. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2011.06.004>
- Remus, A., del Castillo, J. R. E., & Pomar, C. (2020). Improving the estimation of amino acid requirements to maximize nitrogen retention in precision feeding for growing-finishing pigs. *Animal*, 14(10), 2032–2041. <https://doi.org/10.1017/S1751731120000798>
- Remus, A., Hauschild, L., Corrent, E., Létourneau-Montminy, M.-P., & Pomar, C. (2019). Pigs receiving daily tailored diets using precision-feeding techniques have different threonine requirements than pigs fed in conventional phase-feeding systems. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 10(1), 16. <https://doi.org/10.1186/s40104-019-0328-7>

- Remus, A., Hauschild, L., & Pomar, C. (2020). Simulated amino acid requirements of growing pigs differ between current factorial methods. *Animal*, 14(4), 725–730.
<https://doi.org/10.1017/S1751731119002660>
- Robbins, K. R., Saxton, A. M., & Southern, L. L. (2006). Estimation of nutrient requirements using broken-line regression analysis¹. *Journal of Animal Science*, 84(suppl_13), E155–E165. https://doi.org/10.2527/2006.8413_supplE155x
- Rostagno, H. S., & Albino, L. F. T. (2025). *Tabelas Brasileiras de Aves e Suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais* (5a ed).
- Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Hannas, M. I., Donzele, J. L., Sakomura, N. K., Perazzo, F. G., Saraiva, A., Teixeira, M. L., Rodrigues, P. B., Oliveira, R. F., Barreto, S. L. T., & Brito, C. O. (2017). *Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais* (4a edição). Universidade Federal de Viçosa.
- Santos, L. S. dos, Pomar, C., Campos, P. H. R. F., da Silva, W. C., Gobi, J. de P., Veira, A. M., Fraga, A. Z., & Hauschild, L. (2018). Precision feeding strategy for growing pigs under heat stress conditions¹. *Journal of Animal Science*, 96(11), 4789–4801.
<https://doi.org/10.1093/jas/sky343>.
- Seve, B. (1994). Alimentation du porc en croissance: intégration des concepts de protéine idéale, de disponibilité digestive des acides aminés et d'énergie nette. *INRAE Productions Animales*, 7(4), 275–291.
- Suárez-Belloch, J., Guada, J. A., & Latorre, M. A. (2015). The effect of lysine restriction during grower period on productive performance, serum metabolites and fatness of heavy barrows and gilts. *Livestock Science*, 171, 36–43.
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.11.006>
- van Milgen, J., Valancogne, A., Dubois, S., Dourmad, J.-Y., Sève, B., & Noblet, J. (2008). InraPorc: A model and decision support tool for the nutrition of growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 143(1–4), 387–405.
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.05.020>

Whittemore, C. T., & Fawcett, R. H. (1976). Theoretical aspects of a flexible model to stimulate protein and lipid growth in pigs. *Animal Science*, 22(1), 87–96.

<https://doi.org/10.1017/S0003356100035455>

Zhang, G. H., Pomar, C., Pomar, J., & Del Castilli, J. R. E. (2012). L'alimentation de précision chez le porc charcutier: estimation des niveaux dynamiques de lysine digestible nécessaires à la maximisation du gain de poids. *Journées de la Recherche Porcine*, 44, 171–176.

CAPÍTULO 3 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O avanço contínuo dos programas de melhoramento genético na suinocultura moderna tem resultado em animais com elevado potencial de crescimento e alta eficiência produtiva, o que impõe desafios crescentes à nutrição animal. Esses desafios estão diretamente relacionados à adequação das exigências nutricionais às características reais das populações atuais. Nesse contexto, torna-se evidente a necessidade de atualização constante dessas exigências, uma vez que recomendações baseadas em populações anteriores podem não refletir com precisão o desempenho produtivo e a composição corporal de linhagens modernas de alto potencial genético. No cenário nacional, essa lacuna é ainda mais relevante, diante da escassez de informações geradas a partir de populações representativas dessas linhagens. Tal condição reforça a importância de abordagens que contribuam para a formulação de dietas ajustadas à realidade produtiva. A adoção de estimativas nutricionais mais precisas assume papel central não apenas para maximizar o desempenho animal, mas também para reduzir custos de produção e minimizar o passivo ambiental associado ao uso excessivo de nutrientes.

A presente dissertação enfrentou essa problemática por meio de uma abordagem metodológica integrada, combinando diferentes métodos de estimativa das exigências nutricionais de lisina, com ênfase na integração entre as abordagens dose-resposta e fatorial. A condução de ensaios dose-resposta em uma única fase do crescimento mostrou-se uma estratégia viável e aplicável, permitindo a obtenção de informações robustas sem a necessidade de experimentação ao longo de todo o período de crescimento e terminação. Esse aspecto representa um diferencial metodológico relevante, ao reduzir custos experimentais e aumentar a viabilidade operacional da abordagem. Além disso, a utilização de dados oriundos da própria população experimental para o estabelecimento dos níveis nutricionais conferiu maior consistência às estimativas, reduzindo a dependência exclusiva de tabelas tradicionais de recomendação e aproximando os resultados das condições reais de produção.

Entre as principais contribuições desta dissertação, destaca-se a possibilidade de incorporar a variabilidade intrínseca da população nas estimativas de exigências nutricionais, mesmo em sistemas de alimentação estruturados por fases. A adoção do

conceito de animal representativo da população, definido a partir do percentil 80 para deposição diária de proteína, permitiu avançar na direção de uma nutrição alinhada aos princípios da nutrição de precisão. Esse percentil havia sido previamente indicado por estudos baseados em simulação e foi ratificado no presente estudo por meio de avaliações *in vivo*. Dessa forma, foi possível considerar não apenas valores médios, mas também a heterogeneidade existente entre os indivíduos da população. Esse enfoque reforça a necessidade de que modelos de estimativa de exigências nutricionais, especialmente quando aplicados a populações modernas de alto potencial genético, passem a incorporar de forma mais explícita a variabilidade populacional, contribuindo para estratégias de alimentação eficientes e tecnicamente fundamentadas.

Apesar da solidez metodológica e dos avanços obtidos, algumas limitações devem ser reconhecidas. A definição do percentil representativo com base em uma única fase produtiva e sua extrapolação para outras fases do crescimento requer cautela, uma vez que o animal representativo da população pode variar ao longo do desenvolvimento. Além disso, a escolha de um único animal representativo demanda critérios bem definidos, sobretudo diante das diferentes respostas avaliadas ao longo do crescimento animal, o que reforça a necessidade de análises complementares em estudos futuros. A ausência de uma avaliação econômica detalhada também se configura como uma oportunidade de aprofundamento, uma vez que a inclusão de indicadores como custo de dieta, custo por ganho de peso, margem bruta e receita líquida poderia ampliar a compreensão dos impactos práticos das estratégias nutricionais propostas. Nesse sentido, os resultados apresentados fornecem uma base consistente para o desenvolvimento de estudos futuros, contribuindo para o aprimoramento contínuo das estimativas nutricionais e para a consolidação de sistemas de alimentação mais eficientes, sustentáveis e alinhados às demandas da suinocultura moderna.