

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**RESPOSTA INDIVIDUAL DE SUÍNOS À INGESTÃO DE  
NÍVEIS CRESCENTES DE VALINA E ISOLEUCINA**

**Alini Mari Veira**  
Zootecnista

2017

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**RESPOSTA INDIVIDUAL DE SUÍNOS À INGESTÃO DE  
NÍVEIS CRESCENTES DE VALINA E ISOLEUCINA**

**Alini Mari Veira**

**Orientador: Prof. Dr. Luciano Hauschild**

**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 Zootecnia.**

**2017**

Veira, Alini Mari

V427r Resposta individual de suínos à ingestão de níveis crescentes de valina e isoleucina / Alini Mari Veira. -- Jaboticabal, 2017  
xiii, 61 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2017

Orientador: Luciano Hauschild

Banca examinadora: Edney Pereira da Silva, Pedro Henrique  
Watanabe

Bibliografia

1. Aminoácidos de cadeia ramificada. 2. Nutrição de precisão. 3.  
Variabilidade animal. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências  
Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.084.5:636.4

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –  
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: RESPOSTA INDIVIDUAL DE SUÍNOS À INGESTÃO DE NÍVEIS CRESCENTES DE VALINA E ISOLEUCINA

**AUTORA: ALINI MARI VEIRA**

**ORIENTADOR: LUCIANO HAUSCHILD**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em ZOOTECNIA, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. LUCIANO HAUSCHILD  
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Prof. Dr. PEDRO HENRIQUE WATANABE (Participação por Videoconferência)  
UFC / Universidade Federal do Ceará - Fortaleza/CE

Prof. Dr. EDNEY PEREIRA DA SILVA  
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 21 de fevereiro de 2017

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**Alini Mari Veira** – nascida na cidade de Bauru, estado de São Paulo em 8 de outubro de 1990. Ingressou no curso de Zootecnia na Universidade Federal do Ceará no ano de 2010. Durante a graduação, fez estágio na área de produção e nutrição de suínos, participou de projetos de pesquisa, foi membro da Empresa Junior de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, foi membro do Núcleo de Ensino e Estudos em Suinocultura da UFC de agosto de 2010 a junho de 2014, graduando-se em dezembro de 2014. Durante o período de agosto de 2012 a julho de 2014 foi bolsista de iniciação científica (CNPq) sob orientação do Prof. Dr. Pedro Henrique Watanabe. Em março de 2015 iniciou o curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP – Câmpus de Jaboticabal, sob orientação do Prof. Dr. Luciano Hauschild, apresentando esta dissertação à banca de defesa em fevereiro de 2017.

*“As nuvens mudam sempre de posição, mas são sempre nuvens no céu. Assim devemos ser todo dia, mutantes, porém leais com o que pensamos e sonhamos”.*

*Paulo Beleki*

*“Obstáculos são aquelas coisas assustadoras que você vê quando desvia seus olhos de sua meta”.*

*Henry Ford*

*A minha amada mãe, Emília, por seu infinito amor, por todo apoio em todos os momentos da minha vida, por todo o carinho, amizade, compreensão. Simplesmente, por ser a pessoa mais bondosa que eu já pude conhecer. Por me ensinar a respeitar e ajudar as pessoas (e os animais) sem esperar nada em troca. Por acreditar nos meus sonhos e permitir que eu corra atrás deles, sem medir esforços para me ajudar nesse caminho. Mais do que amo, eu sou você!*

*“Com você eu aprendi todas as lições, eu enfrentei os meus dragões e só depois me deixou voar. Mesmo o mundo querendo me derrubar, ao meu lado você sempre está para me levantar quando eu cair. Mas eu só quero lembrar que de dez vidas, onze eu te daria. Que foi vendo você que eu aprendi a lutar! Mas eu só quero lembrar antes que meu tempo acabe, para você não se esquecer, que se Deus me desse uma chance de viver outra vez, eu só queria se tivesse você!”*

*Dedico.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar a vida, por sempre me colocar no caminho certo, realizando obras maravilhosas em minha vida, mesmo que, muitas vezes, eu não possa ver com meus olhos humanos, o Senhor sempre tem o melhor para mim e me dá forças para prosseguir.

À minha família, por tudo que eu sou! Por todo apoio e amor, por aceitarem a minha ausência e ansiarem a minha presença. Por não medirem esforços para que eu pudesse estudar. Vocês são a minha certeza!

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia - Unesp Jaboticabal, pela oportunidade de realização deste curso e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa de estudos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Luciano Hauschild, pela confiança depositada em mim, por todas as oportunidades de crescimento profissional e pessoal, por todo apoio e compreensão nos momentos de incerteza, por toda sua humildade e humanidade, por ensinar à sua equipe o verdadeiro significado de liderança. Você, com toda certeza, é um exemplo a ser seguido!

À minha adorada equipe, que são, na verdade, grandes amigos. Esse trabalho não existiria sem a ajuda física, intelectual e emocional que vocês me dão diariamente. Obrigada por todos os momentos de trabalho, descontração, amizade e por tornarem momentos difíceis mais leves e engraçados. Obrigada por toda a sintonia que nosso grupo tem. Vocês são a melhor equipe!

Aos animais, por toda a pureza e por serem modelos para este estudo. Graças ao amor por eles pude conhecer a zootecnia.

Aos funcionários do setor de suinocultura, José e Wilson, e da fábrica de ração, Helinho e Lucas, por me ajudarem nas atividades do experimento, sempre com otimismo e bom humor, me confortando de que tudo daria certo.

Às minhas 'Carmelitas e Dudu', Bruna, Eduardo, Franciely, Kassia e Monique, e agregados, Caio e Lucas, minha família em Jaboticabal. Obrigada por todos os nossos dias, todos os nossos almoços e jantares de família, por todos os



aniversários e ocasiões especiais que comemoramos juntos, por todas as palavras e carinho em momentos difíceis, por todos os nossos momentos. Obrigada por dividirem a casa e o coração comigo!

Aos meus amados amigos, que mesmo longe se fazem sempre perto. Obrigada pela amizade sincera, pelas palavras confortantes, pela presença em momentos bons e ruins, por recarregarem minhas energias, por me aceitarem na vida de vocês e fazerem parte da minha, sendo uma extensão da minha família. Em especial, meus amigos Lucas e Fernanda, que me deram um dos melhores presentes, meu afilhadinho, Caio. Amo Vocês!

Ao Prof. Dr. Pedro Henrique Watanabe, meu orientador durante toda a graduação, por todos os ensinamentos, pela paciência, pela amizade, por acreditar em mim e no meu trabalho, por despertar em mim a vocação para pesquisa, pelo exemplo de profissional e ser humano. Sempre serei grata e terei grande admiração por você, Professor!

Ao Prof. Dr. Edney Pereira da Silva, por todos os ensinamentos, apontamentos e sugestões para enriquecer este trabalho.

À Dra. Nayara Tavares Ferreira, por toda contribuição e considerações feitas na banca de qualificação.

Aos amigos Rafael e Emanuela, doutorandos que acompanhei durante a iniciação científica, por tudo que me ensinaram, pela confiança, amizade e por serem grandes incentivadores para que eu seguisse na carreira acadêmica. Meus 'chefes' queridos!

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da FCAV-UNESP, por todos os ensinamentos.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal (LANA), Ana Paula, Sr. Orlando e Joice, por toda a ajuda com as análises.

Aos funcionários da Seção Técnica de Pós-Graduação, por todo o suporte.

A todos que, de alguma forma, contribuíram com este trabalho e com a minha formação acadêmica.

Muito Obrigada!

## SUMÁRIO

CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS .....	9
RESUMO .....	10
ABSTRACT .....	12
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	14
1. INTRODUÇÃO .....	14
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	15
2.1. NUTRIÇÃO DE SUÍNOS .....	15
2.2. DETERMINAÇÃO DE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS .....	16
2.3. PROBLEMÁTICA NA VARIABILIDADE ANIMAL .....	20
2.4. CARACTERIZAÇÃO DA VALINA E ISOLEUCINA .....	22
2.5. ABSORÇÃO E METABOLISMO DA VALINA E ISOLEUCINA .....	23
2.6. RELAÇÃO DA VALINA E ISOLEUCINA COM A LISINA .....	26
3. REFERÊNCIAS .....	28
CAPÍTULO 2 - ESTIMATIVA DA RELAÇÃO IDEAL DE VALINA E ISOLEUCINA COM A LISINA DIGESTÍVEL ILEAL ESTANDARDIZADA E SUA VARIABILIDADE PARA SUÍNOS DE 20 A 30 KG .....	33
RESUMO .....	34
1. INTRODUÇÃO .....	35
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	37
2.1. ANIMAIS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL .....	37
2.2. DIETAS .....	38
2.3. COLETA DE DADOS .....	44
2.4. CÁLCULOS E ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	45
3. RESULTADOS .....	46
4. DISCUSSÃO .....	53
5. CONCLUSÃO .....	56
6. AGRADECIMENTOS .....	56
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	57

## CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA



### CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

#### CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado “**Resposta individual de suínos a níveis crescentes de valina e isoleucina**”, protocolo nº 6.488/16, 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 junho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da 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 04 de maio de 2016.

Vigência do Projeto	01/07/2016 a 01/08/2016
Espécie / Linhagem	Suínos
Nº de animais	16
Peso / Idade	20 kg
Sexo	Macho
Origem	Granja

Jaboticabal, 04 de maio de 2016.

  
**Profª Drª Lizandra Amoroso**  
 Coordenadora – CEUA

## RESPOSTA INDIVIDUAL DE SUÍNOS À INGESTÃO DE NÍVEIS CRESCENTES DE VALINA E ISOLEUCINA

**RESUMO** – O ajuste da oferta de aminoácidos dos alimentos às exigências nutricionais dos animais e sua variabilidade são importantes para que ocorra a melhor eficiência de utilização desses nutrientes. Estudos para determinar a variabilidade na relação dos aminoácidos valina e isoleucina com a lisina são escassos para suínos em crescimento. Diante disso, foram realizados dois ensaios de balanço de nitrogênio (BN) para estimar a relação ideal de valina (Val) e de isoleucina (Ile) com a lisina (Lys) digestível ileal estandardizada (DIE) e suas variabilidades para suínos dos 20 a 30 kg de peso vivo. Em cada ensaio foram utilizados oito suínos machos castrados de alto potencial genético com peso médio inicial de  $20,80 \pm 1,30$  kg para a avaliação da relação Val:Lys DIE e  $21,90 \pm 1,66$  kg para a avaliação da relação Ile:Lys DIE. Dentro de cada ensaio, sete dietas com diferentes relações de Val:Lys DIE e Ile:Lys DIE foram avaliadas. O fornecimento das diferentes relações de Val:Lys DIE e Ile:Lys DIE foi em níveis crescentes (Val:Lys DIE: 0,56 a 0,74; Ile:Lys DIE: 0,43 a 0,61) com troca de dieta a cada três dias para cada indivíduo (unidade experimental). Os suínos foram alojados em gaiolas de metabolismo por 28 dias, sendo sete dias de adaptação e 21 dias de experimento. A retenção de nitrogênio (RN) em função da relação Val:Lys DIE e Ile:Lys DIE foi avaliada por indivíduo (modelo linear response plateau, LRP) e grupo (LRP e o modelo quadrático response plateau, QRP). O  $R^2$  do modelo LRP aplicado a cada indivíduo variaram de 0,55 a 0,85 para a relação Val:Lys DIE e de 0,58 a 0,95 para Ile:Lys DIE. Os pontos de máxima do modelo LRP foram diferentes entre os indivíduos, apresentando uma variabilidade de 9% para relação Val:Lys DIE e de 13% para a relação Ile:Lys DIE. Em relação a RN, a variabilidade foi 33% entre indivíduos do ensaio da Val:Lys DIE e de 35% para Ile:Lys DIE. Na estimativa da relação ideal de Val:Lys DIE para grupo de indivíduos, o modelo LRP estimou um valor de 0,67 e o QRP de 0,70, representando uma diferença de 5%. Para a relação Ile:Lys DIE, o modelo LRP estimou um valor de 0,55 e o QRP de 0,62, resultando em uma diferença de 13%. A relação ideal para suínos de 20 a 30 kg de peso vivo

variou de 0,62 a 0,68 para Val:Lys DIE e de 0,52 a 0,60 para Ile:Lys DIE. A relação ideal estimada para otimizar a RN da população foi de 0,70 para Val:Lys DIE e 0,62 para Ile:Lys DIE.

**Palavras-chave:** aminoácidos de cadeia ramificada, nutrição de precisão, variabilidade animal.

## INDIVIDUAL RESPONSE OF SWINE TO INGESTION OF GROWING LEVELS OF VALINA AND ISOLEUCINA

**ABSTRACT** – The adjustment of the amino acid supply from foods to the nutritional requirements of the animals and their variability are important for a better nutrient utilization efficiency. Studies to determine the variability in the ratio of amino acids valine and isoleucine to lysine are scarce for growing pigs. Two nitrogen (N) balance tests were performed to estimate the ideal ratio of valine (Val) and isoleucine (Ile) to standardized ileal digestible lysine (SID) and its variability for swine from 20 to 30 kg live weight. In each test, eight castrated male pigs of high genetic potential with an initial mean weight of  $20.80 \pm 1.30$  kg were used to evaluate the SID Val: Lys ratio and  $21.90 \pm 1.66$  kg for the evaluation of the SID Ile: Lys. Within each test, seven diets with different SID Val: Lys and SID Ile: Lys ratios were evaluated. The supply of the different SID Val: Lys and SID Ile: Lys ratios was increasing (SID Val: Lys: 0.56 to 0.74; SID Ile: Lys: 0.43 to 0.61) with diet change every three days for each individual (experimental unit). The pigs were housed in metabolism cages for 28 days, being seven days of adaptation and 21 days of experiment. Nitrogen retention (NR) as a function of SID Val: Lys and SID Ile: Lys was evaluated by individual (*linear response plateau*, LRP) and group (LRP and *quadratic response plateau*, QRP). The  $R^2$  of the LRP model applied to each individual ranged from 0.55 to 0.85 for the SID Val: Lys ratio and from 0.58 to 0.95 for SID Ile: Lys. The maximum points of the LRP model were different among the individuals, presenting a variability of 9% for SID Val: Lys ratio and 13% for the SID Ile: Lys ratio. In relation to NR, the variability was 33% between individuals of the SID Val: Lys test and 35% for SID Ile: Lys test. In the estimation of the ideal relation of SID Val: Lys for group of individuals, the LRP model estimated a value of 0.67 and the QRP of 0.70, representing a difference of 5%. For the SID Ile: Lys ratio, the LRP model estimated a value of 0.55 and the QRP of 0.62, resulting in a 13% difference. The ideal ratio for pigs weighing 20 to 30 kg varied from 0.62 to 0.68 for SID Val: Lys and from 0.52 to 0.60 for SID Ile: Lys. The ideal relation estimated to optimize the NR of the population was 0.70 for SID Val: Lys and 0.62 for SID Ile: Lys.

**Key-words:** branched chain amino acids, precision nutrition, animal variability.

## **CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS**

### **1. Introdução**

O Brasil possui um plantel reprodutivo de 1.720.255 matrizes suínas, tendo produzido 39.263.964 suínos para abate (ABCS, 2016), resultando em 3,6 milhões de toneladas de carne em 2015 (ABPA, 2016). A questão ambiental é um fator que se tornou preocupante na suinocultura. Um rebanho com 41 milhões de animais pode excretar aproximadamente 316 mil toneladas de nitrogênio e 44 mil toneladas de fósforo por ano. Para determinar essas estimativas assumiu-se uma excreção média de nitrogênio de 88 g/animal/dia e de fósforo de 29 g/animal/dia (LOVATTO et al., 2005). Na suinocultura industrial e semi-industrial, os custos com alimentação representam mais de 70% dos custos de produção (FIALHO et al., 2009).

Nesse contexto, estratégias alimentares estão sendo desenvolvidas para ajudar os produtores a aperfeiçoarem seus sistemas de produção, contribuindo para melhorar a suinocultura em relação à rentabilidade, competitividade e os padrões ambientais. Essas estratégias podem, por meio da melhora na eficiência de utilização dos nutrientes, reduzir custos, maximizar a produtividade e atender determinadas legislações ambientais (JEAN DIT BAILLEUL et al., 2000). Uma alternativa simples é o ajuste da oferta de nutrientes dos alimentos às exigências nutricionais dos animais é importante para que ocorra a melhor eficiência de utilização desses nutrientes.

As exigências nutricionais de um animal podem ser definidas como a quantidade de nutrientes necessária para atingir objetivos específicos de produção (FULLER, 2004). Na nutrição de suínos, os métodos mais utilizados para determinar as exigências nutricionais são o método dose-resposta e o fatorial. No dose-resposta a exigência é determinada com base na resposta de animais alimentados com rações contendo níveis crescentes de um determinado nutriente. O método fatorial, parte do princípio de que a exigência nutricional requerida é a soma das quantidades de nutrientes necessárias para a manutenção de processos fisiológicos vitais, crescimento e produção (SAKOMURA & ROSTAGNO, 2016). Esses métodos têm sido utilizados para estimar as exigências de uma população com base em um único indivíduo ou na resposta da população, respectivamente. No entanto, as exigências



nutricionais não podem ser estimadas a partir da resposta da população ou de um único indivíduo. A resposta de um indivíduo à ingestão de um nutriente é diferente da resposta da população em forma e magnitude (POMAR et al., 2003). Dessa forma, métodos que contemplem a determinação de exigências para indivíduos ou considerem a variabilidade no estabelecimento de programas nutricionais podem permitir um avanço importante dentro do conceito de nutrição de precisão.

Estudos para obter valores individuais da resposta à ingestão de um nutriente foram realizados e demonstram que existe variação da resposta entre os indivíduos (HEGER et al., 2002; 2007a; 2007b; KAMPMAN-VAN DE HOEK et al., 2014; ISOLA, 2015). No entanto, estudos para determinar a variabilidade na relação dos aminoácidos valina e isoleucina com a lisina são escassos para suínos em crescimento. Esses aminoácidos são, respectivamente, o quinto e o sexto aminoácido limitante em rações a base de milho e farelo de soja com proteína bruta reduzida. Diante disso, objetivou-se com a presente dissertação avaliar a resposta individual de suínos em crescimento, alimentados com rações contendo níveis crescentes dos aminoácidos valina e isoleucina para estimar a relação ideal desses aminoácidos com a lisina digestível ileal estandardizada e sua variabilidade entre os indivíduos. No capítulo 1, buscou-se realizar uma revisão de literatura abordando o conceito de resposta individual versus população em relação à ingestão e importância dos aminoácidos valina e isoleucina na nutrição de suínos em crescimento. Essa revisão irá embasar a compreensão do capítulo 2, no qual está descrito o experimento científico propriamente dito e a discussão dos resultados obtidos.

## **2. Revisão de literatura**

### **2.1. Nutrição de suínos**

O Brasil é o quarto maior produtor de carne suína do mundo, com uma produção de 3,6 mil t no ano de 2015, estando atrás apenas da China (56,4 mil t), da União Europeia (23 mil t) e dos Estados Unidos (11,2 mil t). Na exportação o Brasil também aparece em quarto lugar, exportando 15,2% da produção total, cerca de 555 mil t de carne no ano de 2015 (ABPA, 2016). A produção de carne suína é

majoritariamente destinada ao consumo doméstico, onde 84,8% da produção foi absorvida pelo mercado interno, resultando em um consumo *per capita* de 15,1 Kg por habitante no ano de 2015 (ABPA, 2016). Esse consumo ainda é baixo comparado com outros países e fica atrás das carnes bovinas e de frango. Enquanto a carne de frango está presente em 42% da aquisição familiar de carnes, a carne suína representa 13% (ABPA, 2016). No entanto, em 2015, a carne suína tornou-se mais competitiva em relação à carne bovina e de frango, devido à redução do valor do suíno em relação a outras carnes (ABCS, 2016).

Na suinocultura brasileira, para manter os índices de produção e exportação, bem como a qualidade do produto final, utilizam-se grandes volumes de grãos para alimentar os animais. Isso tem resultado em alto custo com alimentação, representando cerca de 70% dos custos de produção. As rações fornecidas aos animais apresentam alto valor nutricional e são formuladas através de programação linear visando o mínimo custo, muitas vezes, não levando em consideração a eficiência de utilização dos nutrientes. Isso pode resultar no excesso de nutrientes, consequentemente na elevada excreção de nitrogênio e fósforo no meio ambiente. Nesse contexto, aumentar a eficiência de utilização dos nutrientes pelos animais é uma importante estratégia para reduzir os custos com a alimentação, reduzir a excreção de elementos poluidores, aumentando a rentabilidade e a competitividade da carne suína.

Dentre os nutrientes necessários na nutrição de suínos, a proteína é um dos nutrientes mais onerosos e tem grande participação nas exigências nutricionais dos animais, sendo digerida e posteriormente absorvida em forma de aminoácidos. O ajuste da oferta de aminoácidos dos alimentos às exigências nutricionais dos animais é importante para que ocorra a melhor eficiência de utilização desses nutrientes. Dessa forma, uma determinação precisa das exigências de aminoácidos é necessária para atender manutenção e deposição de proteína (JONDREVILLE & DOURMAD, 2005).

## 2.2. Determinação de exigências nutricionais

Os métodos mais utilizados para determinar as exigências nutricionais dos animais monogástricos tem sido o método dose-resposta e fatorial. O método dose-

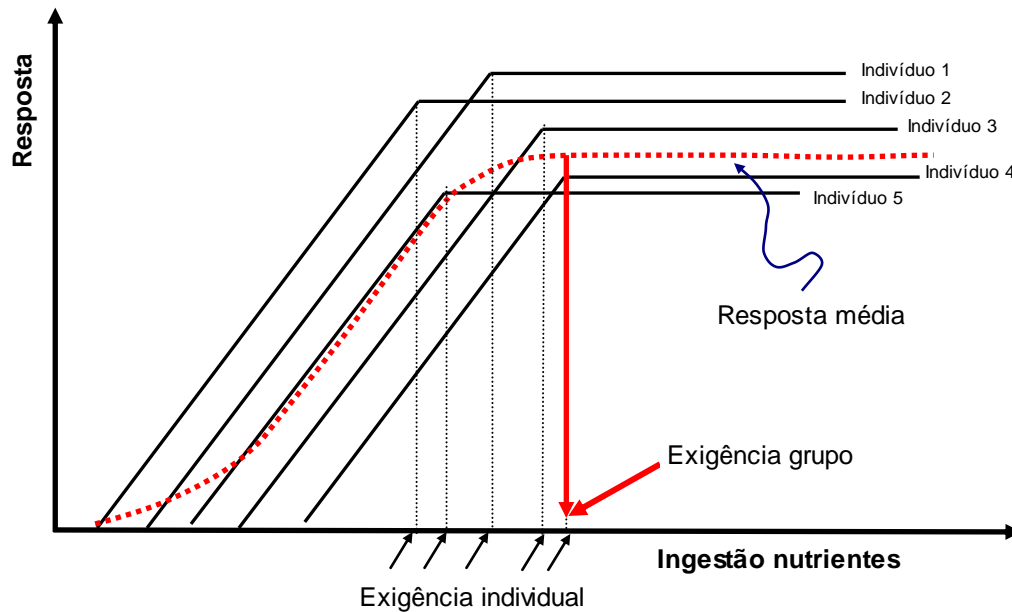
resposta determina as exigências com base na resposta de um grupo de animais alimentados com rações contendo níveis crescentes do nutriente estudado. O fatorial estima as exigências nutricionais pelo cálculo das demandas por nutrientes para as principais funções metabólicas do animal, divididas em funções de manutenção e crescimento (POMAR & DIT BAILLEUL, 1999; SAKOMURA & ROSTAGNO, 2016).

No método dose-resposta com a adição de um nutriente limitante na ração, mantendo níveis adequados dos demais nutrientes a resposta do animal (ex: ganho de peso) aumenta até que sua exigência seja atendida (EUCLYDES & ROSTAGNO, 2001). A resposta pode ser ajustada por meio de função matemática linear ou curvilínea, sendo dividida em quatro fases: inicial, resposta linear, estabilidade e toxidez. Na fase inicial, o acréscimo do nutriente garante a manutenção do animal, seguindo para fase de resposta linear. Nessa fase a resposta do animal ao acréscimo do nutriente aumenta linearmente até a fase de estabilidade, onde a resposta se mantém constante, podendo diminuir, representando assim a fase de toxidez, onde o nível do nutriente pode causar uma queda na resposta do animal (SAKOMURA & ROSTAGNO, 2016).

Como critério resposta podem ser utilizados o ganho de peso, conversão alimentar, deposição proteica corporal, balanço de nitrogênio, concentrações plasmáticas e taxa de oxidação (OWENS & PETTIGREW, 1989). A resposta é proveniente de cada animal da população, sendo influenciada por diferentes fatores, tais como potencial genético, intervalo e duração do período de avaliação, bem como o critério resposta que é utilizado para estimar o nível ótimo da população (HAUSCHILD et al., 2010).

A linearidade entre o aumento na ingestão do nutriente e as respostas, e posteriormente a estabilidade das respostas tem sido o modelo mais utilizado para descrever a resposta animal (SAKOMURA & ROSTAGNO, 2016). Contudo, esse modelo é mais adequado para descrever indivíduos e não a população, visto que a resposta da população é curvilínea (Figura 1). Essa resposta individual pode ser aplicada a uma população por meio de funções matemáticas curvilíneas. Essa resposta curvilínea é indicada para descrever a resposta da população, por apresentar a curvilinearidade natural da população para diferentes níveis do

nutriente teste ofertados aos animais em um determinado período de tempo (POMAR et al., 2003; WELLOCK et al., 2004).

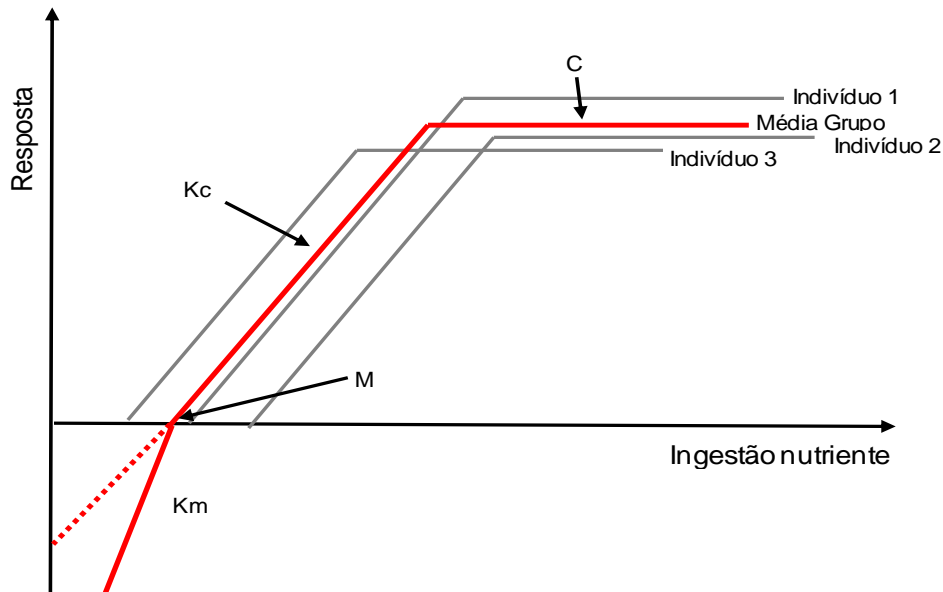


**Figura 1** – Figura representativa de respostas individuais e da média de animais alimentados com diferentes níveis de um nutriente (HAUSCHILD, 2010).

No método dose-resposta, os resultados obtidos devem ser utilizados com cuidado em populações que apresentam diferentes graus de heterogeneidade (POMAR et al., 2013). Por estimar um único nível do nutriente em um período pré-estabelecido, o método dose-resposta oferece diferentes estimativas se o intervalo do estudo for diferente. E também por estimar um único nível ideal do nutriente pela média da população, essa exigência não pode ser utilizada para cada indivíduo (HAUSCHILD et al., 2010).

No método fatorial, as exigências são estimadas pela soma das exigências para manutenção e produção (FULLER & CHAMBERLAIN, 1982), fundamentando-se no princípio de que os animais necessitam dos nutrientes para a manutenção dos processos fisiológicos, crescimento e reprodução (SAKOMURA & ROSTAGNO, 2016). Para a aplicação do método fatorial é necessário o conhecimento dos parâmetros que expressam as exigências dos nutrientes e energia para manutenção, das exigências para o crescimento e da eficiência de utilização desses nutrientes e

energia (Figura 2). A informação quantitativa sobre a eficiência dos nutrientes e energia é essencial, para a estimativa das necessidades destes nutrientes (SANDBERG et al., 2005). Por considerar essa eficiência, esse método permite explicar as modificações no metabolismo ao longo do tempo, além de possibilitar a correção de fatores ambientais adversos que afetem a resposta animal.



**Figura 2** - Parâmetros do método fatorial utilizados para estimar as exigências nutricionais ( $E = M/k_m + pC/k_c$ ). M: nível do nutriente para atender a manutenção;  $K_m$ : eficiência de utilização de um nutriente para atender a manutenção;  $p$  é a proporção do nutriente que está presente no componente C; C é nível do nutriente necessário para atender o crescimento;  $K_c$  é a eficiência de utilização de um nutriente para atender o crescimento (HAUSCHILD, 2010).

Apesar de descrever com precisão as necessidades para manutenção e crescimento dos animais, o método fatorial baseia-se no indivíduo médio da população ou animal referência. As exigências estimadas fazem referência a um ponto específico (idade ou peso vivo) dentro de um período de tempo, geralmente de um dia (HAUSCHILD, 2010). Quando o objetivo é estimar um nível que permite maximizar a resposta dos animais em uma fase alimentar, o mesmo deve ser estimado com base no ponto que corresponde ao início da fase. Dessa forma,

depois de estimado o nível ideal, o intervalo de peso ou dias sobre os quais as dietas são fornecidas aos animais não são considerados (HAUSCHILD et al., 2010). Portanto, as mudanças que ocorrem durante o crescimento do animal não são avaliadas.

Os métodos atuais para avaliar a resposta animal à ingestão de um determinado nutriente não consideram as diferenças entre as populações, as diferenças entre os animais de uma população e as mudanças que poderão aparecer durante o curso do crescimento ao estimar um nível ideal de um nutriente. Adicionalmente, alguns trabalhos têm demonstrado resultados importantes do impacto da variabilidade entre indivíduos da população nas respostas de desempenho (FERGUSON & GOUS, 1997; BERTOLO et al., 2005; MOEHN et al., 2008) e nas exigências nutricionais de suínos em crescimento (POMAR 1995; LECLERCQ & BEAUMONT, 2000). Nesse sentido, é importante avançar em estudos que permitam estimar exigências nutricionais levando em consideração a variação individual. Essas estimativas são de extrema importância para serem aplicadas em modelos estocásticos de simulação de crescimento e exigências nutricionais.

### 2.3. Problemática na variabilidade animal

A programação linear é a ferramenta mais utilizada na formulação de dietas, onde o objetivo principal é maximizar ou minimizar um parâmetro (PATIENCE et al., 2005). No Brasil comumente são usados os programas lineares de custo mínimo na formulação das dietas. A grande desvantagem neste método de formulação é que a excreção de nutrientes e a variabilidade animal não são consideradas (JEAN DIT BAILLEUL et al., 2001). Com o objetivo de reduzir a excreção de elementos poluidores, aumentar a resposta animal e os lucros para o produtor a nutrição de precisão é uma ferramenta que pode ser utilizada. Esse conceito considera aspectos de variabilidade inter e intra-animal (WATHES et al., 2008). Essa variabilidade resulta das diferenças intrínsecas entre os animais, tais como genética, idade, ambiente, peso e estado sanitário, bem como de diferenças extrínsecas que afetam o ambiente físico e social, tais como o acesso ao alimento e água, temperatura, umidade e exposição à patógenos. Cada animal reage de diferente maneira a esses fatores, o que pode aumentar a variabilidade (WELLOCK et al., 2004).

O conceito de nutrição de precisão visa tornar os sistemas de produção de suínos mais sustentáveis, fornecendo alimento com a composição exata de nutrientes no momento certo para cada indivíduo de acordo com o seu padrão de consumo de alimento e crescimento (POMAR et al., 2009). Adicionalmente, vem ao encontro de estudos que demonstram a importância de considerar a variabilidade inter e intra-animais na avaliação da resposta biológica e nos programas nutricionais (KNAP, 2000; POMAR et al., 2003; HAUSCHILD et al., 2010; ISOLA, 2015; ANDRETTA et al., 2016).

Um método para obter respostas individuais a ingestão de um nutriente foi proposto por HEGER et al. (2002; 2007a; 2007b), que se baseia em ensaios consecutivos de balanço de nitrogênio utilizando níveis crescentes de um nutriente estudado para cada dia. Nesses estudos foram encontrados coeficientes de variação entre os indivíduos de 7,4% na ingestão de aminoácidos sulfurados (HEGER et al., 2007a), 8,1% na ingestão de metionina (HEGER et al., 2007a) e 12% na ingestão de treonina (HEGER et al., 2007b) para a máxima retenção de nitrogênio. Bertolo et al., (2005) avaliando a resposta de cada animal pela técnica de oxidação de aminoácidos estimaram a exigências individuais para lisina com uma variação de 9,8% entre animais. Utilizando a mesma técnica, Moehn et al., (2008) observaram uma variação de 7% nas exigências em metionina.

Outra metodologia utilizada para obtenção de valores individuais é a proposta por Kampman-Van de Hoek et al. (2014). Nesse estudo foi realizado um ensaio dose-resposta para determinar a variabilidade na exigência de lisina para suínos em crescimento. Contudo, diferente dos anteriores foi utilizado duas estratégias de alimentação, níveis crescentes e níveis decrescentes de ingestão de lisina com troca de dieta a cada três dias para cada indivíduo. Nesse estudo foi observado uma variabilidade de 4,9% entre os animais que receberam ingestão de níveis crescentes e de 3,0% para ingestão de níveis decrescentes. Estes procedimentos são simples e apresentam baixo custo e, além disso, permitem explorar a problemática da variabilidade animal nas exigências nutricionais. Contudo, o proposto por Kampman-Van de Hoek et al. (2014), diferente dos demais, os quais envolvem o uso elevado de ingredientes purificados, pode ser a mais apropriada para estimar exigência para ser extrapolada em uma condição de produção. Apesar de haver trabalhos que

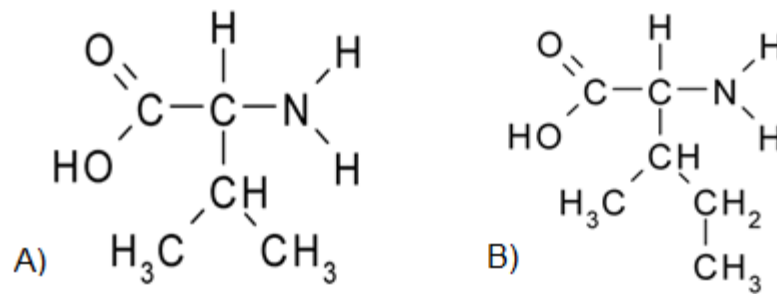
abordam a variabilidade em suínos, poucos estão sendo realizados com objetivo de avaliar o efeito da variação entre indivíduos sobre as estimativas da relação ideal de valina e isoleucina com a lisina para suínos dos 20 a 30 kg de peso vivo.

#### 2.4. Caracterização da valina e isoleucina

O uso de dietas com baixo nível de proteína, redução de 2 a 4%, suplementada com os quatro principais aminoácidos limitantes, lisina, metionina, treonina e triptofano, mantém o desempenho dos animais (KERR et al., 2003; DENG et al., 2007b; ROUX et al., 2011), reduz custos com alimentação (KERR et al., 1995) e minimiza a excreção de nitrogênio no meio ambiente (DENG et al., 2007a; PRANDINI et al., 2013). Contudo, reduções mais elevadas na proteína implicam que os próximos aminoácidos limitantes devem ser suplementados. A valina e isoleucina são aminoácidos essenciais para animais monogástricos sendo, respectivamente, o quinto e sexto aminoácido limitante em dietas para suínos à base de milho e farelo de soja (FIGUEROA et al., 2003). Esses aminoácidos, juntamente com a leucina, possuem uma estrutura de cadeia ramificada única tendo como principal função a síntese proteica (HTOO & WILTAFSKY, 2011).

Os aminoácidos podem ser agrupados de acordo com suas afinidades, papel na nutrição animal, ou ainda, com base no destino catabólico do esqueleto de carbono presente em sua estrutura (D'MELLO, 2003). A valina, ácido  $\alpha$ -amino-isovalerianico ou ácido 2-amino-3-metil-butanóico, é um aminoácido glicogênico, alifático, hidrofóbico que se encontra, quase sempre, no interior das proteínas (Figura 3). O farelo de soja, a farinha de pescados e carnes são as principais fontes desse aminoácido para alimentação animal. A valina é comumente fabricada em escala industrial na forma de pó a partir de processos fermentativos em que é gerado o isômero L-valina, apresentando uma digestibilidade de 100% e sua equivalência proteica é de 72%. A isoleucina, ácido 2-amino-3-metil-n-valérico ou ácido 2-amino-3-metil-pentanóico, é um aminoácido glicogênico e cetogênico, alifático, hidrofóbico que é encontrado, principalmente, no interior de proteínas e enzimas (Figura 3). A isoleucina cristalina ainda não é produzida em grande escala para alimentação animal, sendo muito utilizada na indústria de alimentação humana e farmacêutica como isômero L-isoleucina.





**Figura 3.** Estrutura do aminoácido valina (A) e isoleucina (B).

### 2.5. Absorção e metabolismo da valina e isoleucina

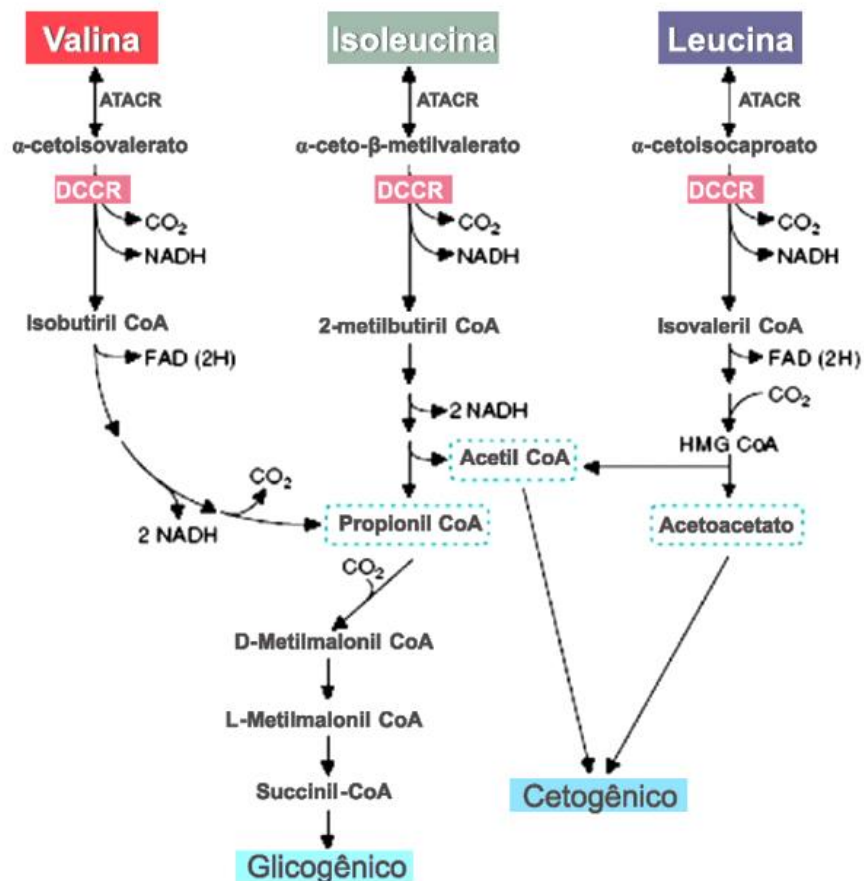
A absorção de aminoácidos envolve a interação de uma série de etapas que tem início com a digestão das proteínas no estômago e termina com o transporte de aminoácidos e peptídeos através da membrana basolateral do intestino delgado. No estômago o pepsinogênio após entrar em contato com o ácido clorídrico e ser convertida na sua forma ativa (pepsina) realiza a primeira quebra de proteínas em polipeptídios. Esses no intestino delgado serão reduzidos a peptídeos menores por meio de proteases pancreáticas (D'MELLO, 2003).

No intestino delgado os polipeptídeos ficam em contato com as proteases pancreáticas. O tripsinogênio pancreático é secretado no intestino pelo pâncreas em uma forma inativa, sendo ativado pela enzima enteroquinase (D'MELLO, 2003). A tripsina ativa as demais enzimas precursoras proteolíticas pancreáticas. Essas endopeptidases (tripsina, quimiotripsina e a elastase) agem nas ligações peptídicas no interior da molécula de proteína produzindo peptídeos que são substratos para as carboxipeptidases. Essas carboxipeptidases removem um único aminoácido da extremidade carboxil do peptídeo, resultando na hidrólise dos polipeptídeos em dipeptídeos e algumas proteínas maiores. A absorção ocorre a partir do lúmen intestinal, através de um mecanismo de transporte ativo mediado pelo Na<sup>+</sup>, ocorrendo uma digestão ainda maior devido às enzimas presentes na borda em escova e no citoplasma dos enterócitos (NELSON & COX, 2014). Essas enzimas peptidases incluem as aminopeptidases e várias dipeptidases que reduzem o restante dos polipeptídios a tripeptídeos, dipeptídeos e aminoácidos livres. Os

dipeptídeos e tripeptídeos são facilmente transportados através dos microvilos para dentro das células epiteliais. No citosol dessas células, peptidases adicionais hidrolisam em aminoácidos, que então passam através da membrana basolateral para o sistema venoso portal seguindo até o fígado para ser transportado aos demais tecidos (NELSON & COX, 2014).

O passo inicial na degradação da maioria dos aminoácidos envolve uma reação de transaminação que, quando acoplada com a ação da glutamato desidrogenase, resulta na produção de amônia. O fígado é o local primário para reações deste tipo, permitindo a degradação da maioria dos aminoácidos. A amônia pode ser reutilizada ou, devido à sua toxicidade, convertida em ureia ou ácido úrico no fígado antes da excreção através dos rins (D'MELLO, 2003). No entanto, o principal local para transaminação dos aminoácidos de cadeia ramificada é no músculo esquelético (HARPER et al., 1984), devido a presença mais ativa do sistema enzimático para a oxidação dos aminoácidos de cadeia ramificada neste local.

A aminotransferase de aminoácidos de cadeia ramificada (ATACR) aceita os três aminoácidos como substratos, produzindo glutamato e os respectivos cetoácidos de cadeia ramificada em uma reação reversível. A leucina é convertida em  $\alpha$ -cetoisocaproato (KIC), a isoleucina em  $\alpha$ -ceto- $\beta$ -metilvalerato (KMV) e a valina em  $\alpha$ -cetoisovalerato (KIV), sendo transportados para o fígado para serem metabolizados (Figura 4; ROGERO & TIRAPEGUI, 2008). Após a transaminação no músculo esquelético, ocorre no fígado a descarboxilação oxidativa pela enzima desidrogenase de cetoácidos de cadeia ramificada (DCCR) em uma reação irreversível (ROGERO & TIRAPEGUI, 2008). Os produtos da descarboxilação passam por vários processos metabólicos resultando na síntese de acetil-CoA, propionil-CoA, succinil-CoA e acetoacetato (ROGERO & TIRAPEGUI, 2008).



**Figura 4.** Catabolismo dos aminoácidos de cadeia ramificada. ROGERO & TIRAPEGUI (2008) modificado de BRODY (1999). Aminotransferase de aminoácidos de cadeia ramificada (ATACR); Desidrogenase de cetoácidos de cadeia ramificada (DCCR).

Na síntese proteica, os aminoácidos de cadeia ramificada têm grande efeito anabólico no músculo esquelético. Esses aminoácidos exercem seus efeitos durante a fase de iniciação da tradução do RNA-mensageiro em proteína. O mecanismo pelo qual os aminoácidos de cadeia ramificada estimulam a tradução de proteínas está relacionado ao fato do aumento da concentração intracelular desses aminoácidos promoverem a ativação de uma proteína quinase denominada: alvo da rapamicina em mamíferos (mammalian target of rapamycin - *mTOR*). O *mTOR* estimula a síntese proteica principalmente por meio de três proteínas regulatórias chaves: a proteína quinase ribossomal, a proteína 1 ligante do fator de iniciação eucariótico, e o fator de iniciação eucariótico (ANTHONY et al., 2000).

## 2.6. Relação valina e isoleucina com a lisina

Determinar a exigência de um aminoácido individualmente é extremamente complexo, pois inúmeros fatores podem interferir na absorção e metabolismo desse aminoácido (MENDOZA et al., 2001). Diante disso, uma alternativa que pode auxiliar na formulação de dietas com um perfil aminoacídico adequado é a utilização do conceito de proteína ideal. Embora a absorção e metabolismo dos aminoácidos possam variar de acordo com as condições em que o animal é submetido, as relações entre os aminoácidos permanecem razoavelmente estáveis. Assim, ao se estimar a exigência nutricional para determinado aminoácido, basta ajustar as exigências dos demais aminoácidos pela relação entre os mesmos com a lisina (HACKENHAAR & LEMME, 2005).

A lisina é utilizada como aminoácido referência em função de ser um aminoácido demandado, quase que exclusivamente, para a síntese proteica, não sofrendo transaminação para a síntese de aminoácidos não essenciais. Isso assegura uma alta correlação entre a digestibilidade ileal verdadeira e a disponibilidade deste aminoácido (SAKOMURA et al., 2014). As exigências de aminoácidos essenciais são geralmente expressas relativas à lisina digestível ileal estandardizada. A maioria dos estudos determinando a relação da valina e isoleucina com a lisina são referentes a leitões desmamados (NRC, 2012). Os estudos com suínos em crescimento além de escassos têm apresentado variação nas relações estimadas para esses aminoácidos (Tabela 1 e 2).

**Tabela 1** - Relação de Valina:Lisina digestível recomendada de acordo com o peso corporal.

Referências	Peso Corporal (Kg)	Valina:Lisina Digestível
	5 a 7	95
NRC (2012)	7 a 11	86
	11 a 25	78
	25 a 50	64
	15 a 30	69
ROSTAGNO et al., (2011)	30 a 70	69
	BAREA et al., (2009)	12 a 25

MILLET et al., (2010)	8 a 25	68
VINYETA et al., (2011)	9 a 25	70

Adaptado de NRC (2012), Rostagno et al., (2011), Barea et al., (2009), Millet et al., (2010), Vinyeta et al., (2011).

**Tabela 2** - Relação Isoleucina:Lisina digestível recomendada de acordo com o peso corporal.

Referências	Peso Corporal (Kg)	Isoleucina:Lisina Digestível
	5 a 7	77
NRC (2012)	7 a 11	69
	11 a 25	63
	25 a 50	51
ROSTAGNO et al., (2011)	15 a 30	55
	30 a 70	55
WILTAFSKY et al., (2009)	8 a 25	54
VAN MILGEN et al., (2012)	8 a 25	50

Adaptado de NRC (2012), Rostagno et al., (2011), Wiltafsky et al., (2009), Van Milgen et al., (2012).

Essa variabilidade pode ser proveniente de diferenças entre os estudos no que se refere a fatores intrínsecos, tais como peso corporal, genótipo, idade e sexo, e extrínsecos, como temperatura, densidade da população entre outros (NOBLET & QUINIOU, 1999). Todos esses fatores influenciam diretamente na variabilidade entre indivíduos de uma população e conseqüentemente na determinação da exigência ideal de um nutriente. O conhecimento dessa variabilidade entre indivíduos da população mesmo do ponto de vista genético pode fornecer subsídios importantes na otimização das respostas biológicas, econômicas e ambientais e no estabelecimento de programas nutricionais mais precisos. Diante disso, objetivou-se com a presente dissertação avaliar a resposta individual de suínos em crescimento, alimentados com rações contendo níveis crescentes dos aminoácidos valina e isoleucina para estimar a relação ideal desses aminoácidos com a lisina digestível ileal estandardizada e sua variabilidade entre os indivíduos.

### 3. REFERÊNCIAS

ABCS. Mapeamento da Suinocultura Brasileira. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas; Associação Brasileira dos Criadores de Suínos. Brasília, DF, 2016.

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal - Relatório anual. 2016.

ANDRETTA, I.; POMAR, C.; RIVEST, J.; POMAR, J.; & RADÜNZ, J. Precision feeding can significantly reduce lysine intake and nitrogen excretion without compromising the performance of growing pigs. **Animal**, v. 10, n. 07, p. 1137-1147, 2016.

ANTHONY, J.C.; YOSHIZAWA, F.; ANTHONY, T.G.; VARY, T.C.; JEFFERSON, L.S.; KIMBALL, S.R. Leucine stimulates translation initiation in skeletal muscle of postabsorptive rats via a rapamycin-sensitive pathway. **Journal of Nutrition**, v.130, n.10, p.2413-2419, 2000.

BAREA, R.; BROSSARD, L.; FLOC'H, L.; PRIMOT, Y.; MELCHIOR, D.; VAN MILGEN, J. The standardized ileal digestible valine-to-lysine requirement ratio is at least seventy percent in postweaned piglets. **Journal of Animal Science**, 87(3), 935-947. 2009.

BERTOLO, R. F.; MOEHN, S.; PENCHARZ, P. B.; BALL, R.O. Estimate of the variability of the lysine requirement of growing pigs using the indicator amino acid oxidation technique. **Journal of Animal Science**, 83:2535–2542. 2005.

BRODY, T. Nutritional biochemistry. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1999, 658p.

DENG, D.; HUANG R. L.; LI, T. J.; WU, G. Y.; XIE, M. Y.; TANG, Z. R.; YIN, Y. L. Nitrogen balance in barrows fed low-protein diets supplemented with essential amino acids. **Livestock Science**, 109:220–223. 2007a.

DENG, D.; LI, A. K.; CHU, W. Y.; HUANG, R. L.; LI, T. J.; KONG, X. F.; YIN, Y. L. Growth performance and metabolic responses in barrows fed low-protein diets supplemented with essential amino acids. **Livestock Science**, 109:224–227. 2007b.

D'MELLO, J. F. Amino acids in animal nutrition. CABI, 2003.

EUCLYDES, R.F.; ROSTAGNO, H.S. Estimativa dos níveis nutricionais via experimentos de desempenho. In: I WORKSHOP LATINO-AMERICANO AJINOMOTO BIOLATINA, Foz do Iguaçu, Anais... Foz do Iguaçu. p.77-88 excretion. **Feedstuffs** 71(17): 12-19, 2001.

FERGUSON, N. S.; GOUS, R. M. The influence of heat production on voluntary food intake in growing pigs given protein-deficient diets. **Animal**, v. 64, n. 02, p. 365-378, 1997.

FIALHO, E. T.; SILVA, H. O.; ZANGERONIMO, M. G.; AMARAL, N. D. O.; RODRIGUES, P. B.; CANTARELLI, V. D. S. Alimentos alternativos para suínos. Lavras/Brazil: UFLA/FAEPE, 232, 2009.

FIGUEROA, J.L.; LEWIS, A.J.; MILLER, P.S.; FISCHER, R.L.; DIEDRICHSEN, R.M. Growth, carcass traits, and plasma amino acid concentrations of gilts fed low-protein diets supplemented with amino acids including histidine, isoleucine, and valine. **Journal of Animal Science**, 81:1529–1537. 2003.

FULLER, M.F.; CHAMBERLAIN, A.G. Protein requirements of pigs. In: HARESIGN, W. Protein requirements of pigs. In: HARESIGN, W. Recent Advances in Animal Nutrition. ed. London, U.K.: Butterwoths, p. 175-186, 1982.

FULLER, M. F. The encyclopedia of farm animal nutrition. CABI, 2004.

HACKENHAAR, L.; LEMME, A. Como reduzir o nível de proteína em dietas de frangos de corte, garantindo desempenho e reduzindo custos. In: Simpósio Goiano de Avicultura, 7., 2005.

HARPER, A.E.; MILLER, R.H.; BLOCK, K.P. Branched chain amino acid metabolism. **Revista de Nutrição**, v.4, p.409-454, 1984.

HAUSCHILD, L. **Modelagem individual e em tempo real das exigências nutricionais de suínos em crescimento**. 2010. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul. 2010.

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.

HEGER J., KRIZOVA L., SUSTALA M., NITRAYOVA S., PATRAS P., HAMPEL A. Assessment of statistical models describing individual and group response of pigs to threonine intake. **Journal of Animal and Feed Science**, 16, 420-432, 2007a.

HEGER J., KRIZOVA L., SUSTALA M., NITRAYOVA S., PATRAS P., HAMPEL D. Individual response of growing pigs to sulphur amino acid intake. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, 92, 18-28, 2007b.

HEGER, J.; PHUNG, T.; KŘÍŽOVÁ, L. Efficiency of amino acid utilization in the growing pig at suboptimal levels of intake: lysine, threonine, sulphur amino acids and tryptophan. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, 93, 538-546, 2002.

HTOO, J.; WILTAFSKY, M. K. Roles, metabolism y antagonismos de aminoácidos de cadena ramificada em la nutrición animal. **Amino News**, v. 16, n. 1, p. 25-32, 2011.

ISOLA, R.D.G. **Resposta individual à ingestão de treonina para suínos em fase de crescimento**. 2015. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Departamento de

Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, São Paulo. 2015.

JEAN DIT BAILLEUL, P.; BERNIER, J. F.; VAN MILGEN, J. ; VAN SAUVANT, D.; POMAR, C. The utilization of prediction models to optimize farm animal production systems: the case of a growing pig model. In: MCNAMARA, J. P. et al. *Modelling Nutrient Utilization in Farm Animals*. ed. Wallingford, UK: CABI International, p. 379-392, 2000.

JEAN DIT BAILLEUL, P.; RIVEST, J.; DUBEAU, F; POMAR, C. Reducing nitrogen excretion in pigs by modifying the traditional least cost formulation algorithm. **Livestock Science**, v.72, p.199-211, 2001.

JONDREVILLE, C.; DOURMAD, J.Y. Le phosphore dans la nutrition des porcs. **Productions Animales**, v.18, n.3, p.183–192, 2005.

KAMPMAN-VAN DE HOEK, E.; GERRITS, W. J. J.; VAN DER PEET-SCHWERING, C. M. C.; JANSMAN, A. J. M.; VAN DEN BORNE, J. J. G. C. A simple amino acid dose–response method to quantify amino acid requirements of individual meal-fed pigs. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 10, p. 4788-4796, 2014.

KERR, B. J., F. K. MCKEITH, and R. A. EASTER. Effect on performance and carcass characteristics of nursery to finisher pigs fed reduced crude protein, amino acid-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, 73:433–440. 1995.

KERR, B. J., L. L. SOUTHERN, T. D. BIDNER, K. G. FRIESEN, AND R. A. EASTER. Influence of dietary protein level, amino acid supplementation, and dietary energy levels on growing finishing pig performance and carcass composition. **Journal of Animal Science**, 81:3075–3087. 2003.

KNAP, P. W. Stochastic simulation of growth in pigs: relations between body composition and maintenance requirements as mediated through protein turn-over and thermoregulation. **Animal Science**, v.71, p.11-30, 2000.

LECLERCQ, B.; BEAUMONT, C. Etude par simulation de la réponse des troupeaux de volailles aux apports d'acides aminés et de protéines. **Productions Animales**, v.13, p.47-59, 2000.

LOVATTO, P. A. et al. Modelagem da ingestão, retenção e excreção de nitrogênio e fósforo pela suinocultura brasileira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.2348-2354, 2005.

MENDOZA, M.; COSTA, P. T. C.; KATZER, L. H. Desempenho de frangos de corte, sexados, submetidos a dietas formuladas pelos conceitos de proteína bruta versus proteína ideal. **Ciência Rural**, 31(1), 111-115. 2001.

MOEHN, S.; SHOVELLER, A.K.; RADEMACHER, M.; BALL, R.O. An estimate of the methionine requirement and its variability in growing pigs using the indicator amino acid oxidation technique. **Journal of Animal Science**, 86:364–369. 2008.



MILLET, S.; DE BOEVER, J.; ALUWÉ, M.; SEGERS, L.; PRIMOT, Y.; DE PAEPE, M.; DE BRABANDER, D. Optimal ileal digestible valine-to-lysine ratio for the performance of piglets. In: EAAP – 61st Annual meeting, Heraklion. 2010.

NELSON, D.L.; COX, M.M. Principios de Bioquímica: Lehninger. Omega, 2014.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of swine. 11.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2012.

NOBLET, J.; QUINIOU, N. Principaux facteurs de variation du besoin en acides aminés du porc en croissance. **Techni-Porc**, v.22, p.9-16, 1999.

OWENS, F.N.; PETTIGREW, J.E. Subdividing amino acid requirements into portions for maintenance and growth. In: FRIEDMAN, M. Absorption and utilization of amino acids. **CRC Press**, v.1, p.15-30, 1989.

POMAR, C. A systematic approach to interpret the relationship between protein intake and deposition and to evaluate the role of variation on production efficiency in swine. In: SYMPOSIUM ON DETERMINANTS OF PRODUCTION EFFICIENCY IN SWINE, 1995. Proceedings...1995. p.361-375.

POMAR, C.; DIT BAILLEUL, P.J. Determinación de las Necesidades Nutricionales de los Cerdos de Engorde: Límites de los Métodos Actuales. XV Curso de Especialización AVANCES EN NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN ANIMAL, 1999.

POMAR, C.; HAUSCHILD, L.; ZHANG, G.-H.; POMAR, J.; LOVATTO, P. A. Applying precision feeding techniques in growing-finishing pig operations. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 226-237, 2009.

POMAR, C.; KYRIAZAKIS, I.; EMMANS, G. C.; KNAP, P.W. Modeling stochasticity: Dealing with populations rather than individual pigs. **Journal of Animal Science**, v.81, p.E178-186, 2003.

POMAR, C.; RIVEST, J.; HAUSCHILD, L.; ANDRETTA, I.; CLOUTIER, L.; LETOURNEAU-MONTMINY, M.P.; BERNIER, J.F.; POMAR, J. 2013. Estimating real-time energy and nutrient requirements of growing-finishing pigs. In: International symposium: modelling in pig and poultry production, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Jaboticabal, p.18–20. 2013.

PRANDINI, A. L. D. O., S. SIGOLO, M. MORLACCHINI, E. GRILLI, and L. FIORENTINI. Microencapsulated lysine and low-protein diets: Effects on performance, carcass characteristics and nitrogen excretion in heavy growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, 91:4226–4234. 2013.

ROGERO, M.M; TIRAPÉGUI, J. Aspectos atuais sobre aminoácidos de cadeia ramificada e exercício físico. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 44, n. 4, p. 17-20, 2008.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. ; GOMES, P.C. ; OLIVEIRA, R.F. ; LOPES, D.C. ; FERREIRA, A.S. ; BARRETO, S.L.T. ; EUCLIDES, R.F.

Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 2011.

ROUX, M. L., A. L. DONSBROUGH, A. M. WAGUESPACK, S. POWELL, T. D. BIDNER, R. L. PAYNE, and L. L. SOUTHERN. Maximizing the use of supplemental amino acids in corn-soybean meal diets for 20- to 45-kilogram pigs. **Journal of Animal Science**, 89:2415–2424. 2011.

SANDBERG, F.B.; EMMANS, G.C.; KYRIAZAKIS, I. Partitioning of limiting protein and energy in the growing pig: testing quantitative rules against experimental data. **British Journal of Nutrition**:93, 213-224, 2005.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 262 p, 2016.

SAKOMURA, N., SILVA, J., COSTA, F., FERNANDES, J., & HAUSCHILD, L. (2014). Nutrição de Não ruminantes. Jaboticabal, SP: Editora Funep. 2014.

VAN MILGEN, J.; GLOAGUEN, M.; LE FLOC'H, N.; BROSSARD, L.; PRIMOT, Y.; CORRENT, E. Meta-analysis of the response of growing pigs to the isoleucine concentration in the diet. **Animal**, 6(10), 1601-1608. 2012.

VINYETA, E.; GERRITSEN, R.; ROVERS, M.; CORRENT, E. Valine requirements of weaned piglets. **Journées de la Recherche Porcine**, 43, 131-132. 2011.

WATHES, C. M.; KRISTENSEN, H. H.; AERTS, J. M.; BERCKMANS, D. 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.In Press, Corrected Proof, 2008.

WELLOCK, I. J.; EMMANS, G. C.; KYRIAZAKIS, I. Modeling the effects of stressors on the performance of populations of pigs. **Journal of Animal Science**, v.82, p.2442-2450, 2004.

WILTAFSKY, M. K.; SCHMIDTLEIN, B.; ROTH, F. X. Estimates of the optimum dietary ratio of standardized ileal digestible valine to lysine for eight to twenty-five kilograms of body weight pigs. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 8, p. 2544-2553, 2009.

**CAPÍTULO 2 - ESTIMATIVA DA RELAÇÃO IDEAL DE VALINA E ISOLEUCINA  
COM A LISINA DIGESTÍVEL ILEAL ESTANDARDIZADA E SUA VARIABILIDADE  
PARA SUÍNOS DE 20 A 30 KG**

Este capítulo é apresentado de acordo com as normas da **Revista Brasileira de Zootecnia**.

1 **Estimativa da relação ideal de valina e isoleucina com a lisina digestível ileal**

2 **estandardizada e sua variabilidade para suínos de 20 a 30 kg**

3 **Estimation of the standardized ileal digestible valine and isoleucine to lysine required**

4 **and its variability for 20 to 30 kilogram pigs**

5  
6 **Alini Mari Veira<sup>\*</sup>, Luciano Hauschild, Jaqueline de Paula Gobi, Dani Perondi, Luan**

7 **Sousa dos Santos**

8  
9 Faculdade de Ciências Agrárias, UNESP – Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal,  
10 Departamento de Zootecnia, Laboratório de Estudos em Suinocultura. Via de Acesso Paulo Donato  
11 Castellane, 14884-900, Jaboticabal, São Paulo, Brazil.

12 <sup>\*</sup>Autor para correspondência. Tel.: +55 1632097100 Ramal 7443.

13 Endereço de email: [alini.mari@hotmail.com](mailto:alini.mari@hotmail.com) (A.M. Veira) [lhauschild@gmail.com](mailto:lhauschild@gmail.com) (L. Hauschild).

14  
15 **RESUMO:** Foram realizados dois ensaios de balanço de nitrogênio (BN) para estimar a  
16 relação ideal de valina (Val) e de isoleucina (Ile) com a lisina (Lys) digestível ileal  
17 estandardizada (DIE) e suas variabilidades para suínos dos 20 a 30 kg de peso vivo. Em cada  
18 ensaio foram utilizados oito suínos machos castrados de alto potencial genético com peso  
19 médio inicial de  $20,80 \pm 1,30$  kg para a avaliação da relação Val:Lys DIE e de  $21,90 \pm 1,66$   
20 kg para a avaliação da relação Ile:Lys DIE. Dentro de cada ensaio, sete dietas com diferentes  
21 relações Val:Lys DIE e Ile:Lys DIE foram avaliadas. O fornecimento das diferentes relações  
22 de Val:Lys DIE e Ile:Lys DIE foi em níveis crescentes (Val:Lys DIE: 0,56 a 0,74; Ile:Lys  
23 DIE: 0,43 a 0,61) com troca de dieta a cada três dias para cada indivíduo (unidade  
24 experimental). Os suínos foram alojados em gaiolas de metabolismo por 28 dias, sendo sete  
25 dias de adaptação e 21 dias de experimento. A retenção de nitrogênio (RN) em função da

26 relação Val:Lys DIE e Ile:Lys DIE foi avaliada por indivíduo (modelo *linear response*  
27 *plateau*, LRP) e grupo (LRP e o modelo *quadrático response plateau*, QRP). O  $R^2$  do modelo  
28 LRP aplicado a cada indivíduo variou de 0,55 a 0,85 para a relação Val:Lys DIE e de 0,58 a  
29 0,95 para Ile:Lys DIE. Os pontos de máxima do modelo LRP foram diferentes entre os  
30 indivíduos, apresentando uma variabilidade de 9% para relação Val:Lys DIE e de 13% para a  
31 relação Ile:Lys DIE. Em relação a RN, a variabilidade foi 33% entre indivíduos do ensaio da  
32 Val:Lys DIE e de 35% para Ile:Lys DIE. Na estimativa da relação ideal de Val:Lys DIE para  
33 grupo de indivíduos, o modelo LRP estimou um valor de 0,67 e o QRP de 0,70,  
34 representando uma diferença de 5%. Para a relação Ile:Lys DIE, o modelo LRP estimou um  
35 valor de 0,55 e o QRP de 0,62, resultando em uma diferença de 13%. A relação ideal para  
36 suínos de 20 a 30 kg de peso vivo variou de 0,62 a 0,68 para Val:Lys DIE e de 0,52 a 0,60  
37 para Ile:Lys DIE. A relação ideal estimada para otimizar a RN da população foi de 0,70 para  
38 Val:Lys DIE e 0,62 para Ile:Lys DIE.

39

40 **PALAVRAS-CHAVE:** aminoácidos de cadeia ramificada, dose-resposta, proteína bruta  
41 reduzida, variabilidade animal.

42

## 43 1. INTRODUÇÃO

44 O uso de dietas com baixo nível de proteína (redução de 2 a 4%) suplementada com os  
45 quatro principais aminoácidos (AA) limitantes (lisina, metionina, treonina e triptofano)  
46 mantém o desempenho dos animais (Kerr et al., 2003; Deng et al., 2007b; Roux et al., 2011),  
47 e reduz custos com alimentação (Kerr et al., 1995) e minimiza a excreção de nitrogênio (N)  
48 no meio ambiente (Deng et al., 2007a; Prandini et al., 2013). Contudo, reduções mais  
49 elevadas na proteína implicam que as exigências dos próximos AA limitantes devem ser

50 atendidas. A valina (Val) e isoleucina (Ile) são consideradas, respectivamente, o quinto e  
51 sexto AA limitante em dietas com milho e farelo de soja para suínos (Figuroa et al., 2003).

52 Os aminoácidos Val e Ile são considerados essenciais para animais monogástricos e  
53 possuem uma estrutura de cadeia ramificada única tendo como principal função a síntese e  
54 regulação proteica (Htoo & Wiltafsky, 2011). As exigências de AA essenciais são geralmente  
55 expressas relativas à lisina (Lys) digestível ileal estandardizada (DIE), uma vez que esse AA é  
56 tido como referência no conceito de proteína ideal, pois é demandado, quase que  
57 exclusivamente, para a síntese proteica. Isso assegura uma alta correlação entre a  
58 digestibilidade e a disponibilidade deste AA. No entanto, a maioria dos estudos determinando  
59 a relação da Val e Ile com a Lys são referentes a leitões desmamados (NRC, 2012). Os  
60 estudos com suínos em crescimento têm apresentado variação nas relações estimadas para  
61 esses AA (Lewis & Nishimura, 1995; Gaines et al., 2011; Waguespack et al., 2012).

62 Essa variabilidade pode ser proveniente de diferenças entre os estudos no que se refere a  
63 fatores intrínsecos, tais como peso corporal, genótipo, idade e sexo, e extrínsecos, como  
64 temperatura, densidade da população entre outros (Noblet & Quiniou, 1999). Todos esses  
65 fatores influenciam diretamente na variabilidade entre indivíduos de uma população e  
66 conseqüentemente na determinação da exigência ideal de um nutriente. O conhecimento dessa  
67 variabilidade entre indivíduos da população mesmo do ponto de vista genético pode fornecer  
68 subsídios importantes na otimização das respostas biológicas, econômicas e ambientais e no  
69 estabelecimento de programas nutricionais mais precisos.

70 Alguns trabalhos têm demonstrado resultados importantes do impacto da variabilidade  
71 entre indivíduos da população nas respostas de desempenho (Ferguson & Gous, 1997; Bertolo  
72 et al., 2005; Moehn et al., 2008) e nas exigências nutricionais de suínos em crescimento  
73 (Pomar 1995; Leclercq & Beaumont, 2000). Apesar de haver trabalhos que vêm ao encontro

74 dessa abordagem, poucos estão sendo realizados com objetivo de avaliar o efeito da variação  
75 entre indivíduos sobre as estimativas da relação ideal de Val e Ile: Lys. Portanto, objetivou-se  
76 com o presente estudo estimar a relação ideal de valina e isoleucina digestível com a lisina e  
77 sua variabilidade para suínos de 20 a 30 kg de peso vivo.

78

## 79 **2. MATERIAL E MÉTODOS**

80 O experimento foi realizado na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da  
81 Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Jaboticabal. Este  
82 experimento foi autorizado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais desta universidade  
83 (protocolo nº 6.488/16).

### 84 **2.1. Animais e Delineamento Experimental**

85 Foram realizados dois ensaios dose-resposta de balanço de nitrogênio (BN) para estimar  
86 a relação ideal de valina (Val) e de isoleucina (Ile) com a lisina (Lys) digestível ileal  
87 estandardizada (DIE) e sua variabilidade para suínos de 20 a 30 kg de peso vivo. Em cada  
88 ensaio foram utilizados oito suínos machos castrados de alto potencial genético com peso  
89 médio inicial de  $20,80 \pm 1,30$  kg para o estudo da Val e de  $21,90 \pm 1,66$  kg e para o da Ile.  
90 Dentro de cada estudo, os animais foram distribuídos em um delineamento inteiramente ao  
91 acaso com sete tratamentos (diferentes relações de Val ou Ile com a Lys DIE) e oito  
92 repetições, onde cada indivíduo foi considerado uma unidade experimental. Os suínos foram  
93 alojados em gaiolas do tipo Pekas (1968) e mantidos em ambiente com temperatura  
94 controlada ( $24 \pm 2^\circ\text{C}$ ) por 28 dias, sendo sete dias de adaptação às gaiolas e alimento e 21  
95 dias de experimento. No período de adaptação os animais receberam durante cinco dias uma  
96 dieta que atendia as exigências nutricionais para a fase e nos últimos dois dias foram  
97 alimentados com dietas contendo as relações mais baixas dentro de cada estudo (Val:Lys

98 DIE=0,56 e Ile:Lys DIE=0,43). No período experimental, o fornecimento das diferentes  
99 relações de aminoácido teste com a Lys aumentou de forma crescente (Val:Lys DIE: 0,56 a  
100 0,74; Ile:Lys DIE: 0,43 a 0,61) com troca de dieta a cada três dias para cada indivíduo, de  
101 acordo com o método proposto por (Kampman-Van De Hoek et al., 2014).

## 102 **2.2. Dietas**

103 A exigência nutricional dos animais foi estabelecida de acordo com NRC (2012) para  
104 suínos dos 20 aos 30 kg de peso vivo. As dietas foram formuladas seguindo a relação de  
105 proteína ideal preconizada pelo NRC (2012) e foram isonutritivas, exceto para os aminoácidos  
106 teste. No estudo com a Val as dietas foram formuladas para atender as relações de 0,56; 0,59;  
107 0,62; 0,65; 0,68; 0,71 e 0,74, e para a Ile as relações foram de 0,43; 0,46; 0,49; 0,52; 0,55;  
108 0,58 e 0,61. Em todas as dietas a relação dos demais AA essenciais foi estabelecida em  
109 relação à Lys. O nível de Lys foi reduzido em 5% para garantir como o segundo AA limitante  
110 nas dietas. O conteúdo total de aminoácidos do milho e farelo de soja utilizados na  
111 formulação foi analisado utilizando cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) (Tabela  
112 1). A partir destes valores, para estimar o AA digestível ileal standardizado foram utilizados  
113 os coeficientes de digestibilidade ileal preconizados por Rostagno et al. (2011) (Tabelas 2 e  
114 3). Foram utilizados os AA industriais ácido glutâmico e L-glicina, a fim de manter um teor  
115 adequado de proteína bruta na dieta. Este procedimento foi utilizado na formulação a fim de  
116 evitar a deficiência de nitrogênio para a síntese dos aminoácidos não essenciais (Corzo et al.,  
117 2005).

118 A ração foi ofertada aos animais duas vezes ao dia (07h30min e 15h30min). O consumo  
119 de ração foi controlado por meio do peso vivo (PV) metabólico, exigência de energia  
120 metabolizável para manutenção e energia metabolizável presente na ração, utilizando a equação  
121 preconizada pelo ARC (1981): quantidade de ração (kg/dia) =  $(109 \text{ kcal} \cdot \text{PV}^{0,75} \cdot 2,5) / 3.300$



122 kcal. Diariamente o PV foi ajustado assumindo um ganho de peso diário de 0,450 kg. A água  
 123 foi fornecida *ad libitum*.

124

**Tabela 1.** Composição nutricional analisada dos ingredientes experimentais

Item	Ingrediente	
	Farelo de soja	Milho
Matéria seca <sup>1</sup>	88,57	88,29
Proteína Bruta <sup>1</sup>	44,35	7,97
Isoleucina <sup>2</sup>	2,06	0,28
Leucina <sup>2</sup>	3,27	0,93
Lisina <sup>2</sup>	2,93	0,22
Metionina <sup>2</sup>	0,62	0,15
Metionina + cistina <sup>2</sup>	1,27	0,29
Treonina <sup>2</sup>	1,70	0,25
Triptofano <sup>2</sup>	0,63	0,06
Valina <sup>2</sup>	2,26	0,40

<sup>1</sup>Espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS)

<sup>2</sup>Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC)

125

126



suínos (kcal/kg)							
Proteína bruta (%)	14,610	14,610	14,610	14,610	14,610	14,610	14,610
Fibra bruta (%)	2,364	2,364	2,364	2,364	2,364	2,364	2,364
Fósforo disponível (%)	0,380	0,380	0,380	0,380	0,380	0,380	0,380
Cálcio (%)	0,760	0,760	0,760	0,760	0,760	0,760	0,760
Cloro (%)	0,318	0,318	0,318	0,318	0,318	0,318	0,318
Potássio (%)	0,487	0,487	0,487	0,487	0,487	0,487	0,487
Sódio (%)	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Lys <sup>2</sup> DIE (%) <sup>3</sup>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Thr <sup>2</sup> DIE (%) <sup>3</sup>	0,630	0,630	0,630	0,630	0,630	0,630	0,630
Met <sup>2</sup> DIE (%) <sup>3</sup>	0,320	0,320	0,320	0,320	0,320	0,320	0,320
Met + Cys <sup>2</sup> DIE (%) <sup>3</sup>	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559
Ile <sup>2</sup> DIE (%) <sup>3</sup>	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550
Leu <sup>2</sup> DIE (%) <sup>3</sup>	1,092	1,092	1,092	1,092	1,092	1,092	1,092
Phe + Tyr <sup>2</sup> DIE (%) <sup>3</sup>	0,967	0,967	0,967	0,967	0,967	0,967	0,967
Trp <sup>2</sup> DIE (%) <sup>3</sup>	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180
Val <sup>2</sup> DIE (%) <sup>3</sup>	0,560	0,590	0,620	0,650	0,680	0,710	0,740
Arg <sup>2</sup> DIE (%) <sup>3</sup>	0,789	0,789	0,789	0,789	0,789	0,789	0,789
His <sup>2</sup> DIE (%) <sup>3</sup>	0,312	0,312	0,312	0,312	0,312	0,312	0,312

<sup>1</sup>Suplemento vitamínico e mineral (por kg de dieta): Vit. A (5.250 UI); Vit. D3 (750 UI); Vit. E (11 UI); Vit. K3 (1,5 mg); Vit. B1 (1 mg); Vit. B2 (2,4 mg); Vit. B6 (1 mg); Niacina (30 mg); Ac. Pantotênico (8,1 mg); Ácido fólico (0,53 mg); Biotina (0,05 mg); Vit. B12 (16,5 mcg); Cobre (13,5 mg); Iodo (0,19 mg); Manganês (37,5 mg); Selênio (0,15 mg); Zinco (72 mg); Ferro (72 mg); Cobalto (0,19 mg)





His <sup>2</sup> DIE (%) <sup>3</sup>	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
---------------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

<sup>1</sup>Suplemento vitamínico e mineral (por kg de dieta): Vit. A (5.250 UI); Vit. D3 (750 UI); Vit. E (11 UI); Vit. K3 (1,5 mg); Vit. B1 (1 mg); Vit. B2 (2,4 mg); Vit. B6 (1 mg); Niacina (30 mg); Ac. Pantotênico (8,1 mg); Ácido fólico (0,53 mg); Biotina (0,05 mg); Vit. B12 (16,5 mcg); Cobre (13,5 mg); Iodo (0,19 mg); Manganês (37,5 mg); Selênio (0,15 mg); Zinco (72 mg); Ferro (72 mg); Cobalto (0,19 mg)

<sup>2</sup>Lys: lisina; Thr: treonina; Met: metionina; Met + Cys: metionina + cistina; Ile: isoleucina; Leu: leucina; Phe + Tyr: fenilalanina + tirosina; Trp: triptofano; Val: valina; Arg: arginina; His: histidina

<sup>3</sup>Valores das concentrações dos aminoácidos DIE foram estimados utilizando os coeficientes de digestibilidade ileal estandardizada propostos por ROSTAGNO et al., (2011)

128

### 129 **2.3. Coleta de dados**

130 Para coleta de fezes foi adotado o método de coleta total, sendo realizadas duas coletas  
 131 diárias, a primeira após o arraçoamento da manhã e a segunda após o arraçoamento da tarde, a  
 132 fim de evitar perdas por volatilização do nitrogênio. As fezes foram acondicionadas em sacos  
 133 plásticos devidamente identificados, pesadas e armazenadas em freezer. Não foi utilizado  
 134 nenhum tipo de marcador nas rações. O início do período de coleta foi determinado como  
 135 sendo 24h após o primeiro fornecimento da ração com a relação Val:Lys DIE e Ile:Lys DIE a  
 136 ser testada e o fim como sendo 72h após a primeira coleta. Ao final do experimento, as fezes  
 137 coletadas durante os três dias de coleta para cada relação Val:Lys DIE e Ile:Lys DIE foram  
 138 descongeladas, homogeneizadas e colocadas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72h  
 139 com objetivo de retirar toda água livre para posteriores análises químico-bromatológicas.

140 A coleta de urina foi realizada uma vez ao dia, sempre no período da manhã. A urina foi  
141 coletada em baldes plásticos contendo 20 ml de solução de HCl 6 N, no intuito de evitar  
142 proliferações bacterianas e possíveis perdas de nitrogênio. A mensuração do volume de urina  
143 produzido por cada animal foi feita com proveta retirando-se uma alíquota de 20% do volume  
144 total (Sakomura & Rostagno, 2016), que foi armazenada em garrafa plástica devidamente  
145 identificada e mantida em freezer a  $-20^{\circ}\text{C}$ . Ao final do experimento, a urina coletada durante  
146 os três dias para cada relação Val:Lys DIE e Ile:Lys DIE foram descongeladas,  
147 homogeneizadas e armazenadas em freezer a  $-20^{\circ}\text{C}$  para posteriores análises químicas.

148 A análise do teor de matéria seca foi realizada nas amostras de rações e fezes conforme  
149 metodologia da AOAC (1990). Análise do nitrogênio total foi realizada nas amostras de  
150 rações, fezes e urina no equipamento LECO/FP-528 (método de Dumas). Ambas foram  
151 realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da FCAV – UNESP Jaboticabal.

152

#### 153 **2.4. Cálculos e análise estatística**

154 A excreção fecal de N foi calculada com base na digestibilidade aparente de N estimado  
155 pelo método da coleta total (Sakomura & Rostagno, 2016). A retenção de N (RN) foi  
156 calculada pela ingestão de N no período menos o N urinário do período menos as perdas  
157 fecais de N no período.

158 Para análise estatística, inicialmente foram utilizados os gráficos Box-plot para observar  
159 a distribuição e coerência biológica dos dados. Em seguida os dados foram analisados quanto  
160 a pressuposição de normalidade, por meio do teste de Cramer-von Mises, contido no  
161 procedimento univariate (PROC UNIVARIATE) do software estatístico SAS (Statistical  
162 Analysis Systems, Statistical Package Ver. 9.0, SAS Institute, Cary, NC). Para avaliar a  
163 resposta da RN para a relação Val:Lys DIE e Ile:Lys DIE, o modelo *linear response plateau*

164 (LRP) foi ajustado aos dados de cada indivíduo e para todos os indivíduos. O modelo  
165 *quadrático response plateau* (QRP) foi ajustado para os dados de todos os indivíduos. Foi  
166 utilizado o procedimento NLIN do software SAS para ajustar os modelos. Posteriormente  
167 foram submetidos a análise residual para determinar a exatidão de ajuste do modelo.

168 O modelo LRP descreveu a resposta de RN em função das diferentes relações de  
169 Val:Lys DIE e Ile:Lys DIE nas dietas de acordo com as seguintes equações:

$$170 Y = L + U \times (R - X), \text{ quando } X < R, \text{ ou } Y = L, \text{ quando } X \geq R$$

171 Onde: L é o *plateau*, U é a inclinação da linha ascendente, R é o ponto de quebra da  
172 resposta em função de X, que representa as diferentes relações Val:Lys DIE ou Ile:Lys DIE  
173 na dieta.

174 O modelo QRP descreveu a resposta de RN em função das diferentes relações de  
175 Val:Lys DIE e Ile:Lys DIE de acordo com a seguinte equação:

$$176 Y = L + U \times (R - X)^2, \text{ quando } X < R, \text{ ou } Y = L, \text{ quando } X \geq R$$

177 Onde: L é o *plateau*, U é a inclinação da curva ascendente, R é o ponto de quebra da  
178 resposta em função de X, que representa as diferentes relações Val:Lys DIE ou Ile:Lys DIE  
179 na dieta.

180

### 181 3. RESULTADOS

182 Os animais apresentaram bom estado de saúde, portanto o consumo de alimento  
183 observado foi semelhante ao consumo estimado. O peso corporal final para o ensaio dose  
184 resposta que testou o aminoácido valina foi de  $31,82 \pm 1,59$  kg e para isoleucina foi de  $32,73$   
185  $\pm 1,62$  kg, resultando em ganho médio diário de  $0,525 \pm 0,025$  kg e  $0,515 \pm 0,011$  kg,  
186 respectivamente.

187 Os coeficientes de variação entre as dietas para o ensaio da relação Val:Lys DIE foram



188 de 40% para a ingestão de valina, 36% para a ingestão de N, 48% para o conteúdo urinário de  
 189 N, 24% para o conteúdo fecal de N e 54% para retenção de N (Tabela 4). Para o ensaio com a  
 190 relação Ile:Lys DIE os coeficientes de variação foram de 44% para a ingestão de isoleucina,  
 191 30% para a ingestão de N, 42% para o conteúdo urinário de N, 29% para o conteúdo fecal de  
 192 N e 50% para retenção de N (Tabela 5).

193

**Tabela 4.** Valores médios do balanço de nitrogênio em suínos alimentados com dietas contendo diferentes relações de valina (Val): lisina (Lys) digestível ileal estandardizada (DIE)<sup>1</sup>

Val:Lys DIE	Val ingerida <sup>2</sup>	N ingerido <sup>2</sup>	N Urina <sup>2</sup>	N Fezes <sup>2</sup>	N Retido <sup>2</sup>
0,56	13,79 ± 0,63	57,38 ± 2,64	10,70 ± 1,47	22,43 ± 5,05	24,24 ± 3,79
0,59	15,22 ± 0,65	61,52 ± 2,66	9,85 ± 1,11	28,67 ± 6,65	23,00 ± 6,56
0,62	16,70 ± 0,68	74,12 ± 3,03	10,24 ± 1,07	26,44 ± 5,00	37,43 ± 6,39
0,65	18,25 ± 0,70	76,97 ± 2,97	9,81 ± 1,18	27,22 ± 4,63	39,93 ± 4,72
0,68	19,85 ± 0,72	76,76 ± 3,20	11,35 ± 2,15	26,48 ± 3,61	38,91 ± 3,73
0,71	21,51 ± 0,75	79,66 ± 2,78	14,22 ± 2,41	26,59 ± 3,67	38,84 ± 3,37
0,74	23,22 ± 0,77	89,86 ± 2,99	20,60 ± 2,75	29,45 ± 3,78	39,80 ± 4,58
EPM <sup>3</sup>	1,03	3,09	1,08	0,55	2,37

<sup>1</sup>Valores médios correspondentes ao período de três dias de cada ração

<sup>2</sup>Valores correspondentes a três dias (g)

<sup>3</sup>Erro padrão da média

194

**Tabela 5.** Valores médios do balanço de nitrogênio em suínos alimentados com dietas

contendo diferentes relações de isoleucina (Ile): lisina (Lys) digestível ileal estandardizada (DIE)<sup>1</sup>

<b>Ile:Lys DIE</b>	<b>Ile ingerida<sup>2</sup></b>	<b>N ingerido<sup>2</sup></b>	<b>N Urina<sup>2</sup></b>	<b>N Fezes<sup>2</sup></b>	<b>N Retido<sup>2</sup></b>
0,43	11,00 ± 0,61	61,04 ± 3,40	11,57 ± 2,27	33,38 ± 5,06	18,65 ± 5,52
0,46	12,30 ± 0,64	67,96 ± 3,57	9,84 ± 0,94	30,13 ± 5,58	27,98 ± 5,56
0,49	13,66 ± 0,67	69,09 ± 3,43	10,81 ± 2,83	25,36 ± 4,70	32,92 ± 6,00
0,52	15,08 ± 0,71	70,32 ± 3,31	9,89 ± 1,94	24,69 ± 4,08	35,73 ± 3,49
0,55	16,55 ± 0,74	76,73 ± 3,44	13,32 ± 3,22	26,09 ± 4,51	37,31 ± 4,76
0,58	18,09 ± 0,77	82,20 ± 3,51	14,22 ± 3,52	23,62 ± 3,50	44,36 ± 1,87
0,61	19,69 ± 0,80	86,54 ± 3,53	19,77 ± 6,37	25,76 ± 4,25	41,01 ± 3,66
EPM <sup>2</sup>	0,94	2,73	0,97	1,03	2,42

<sup>1</sup>Valores médios correspondentes ao período de três dias de cada ração

<sup>2</sup>Valores correspondentes a três dias (g)

<sup>3</sup>Erro padrão da média

195

196 O R<sup>2</sup> do modelo LRP de cada indivíduo variou de 0,55 a 0,85 (CV 15%) (Tabela 6) para  
 197 a relação Val:Lys DIE e de 0,58 a 0,95 (CV 17%) (Tabela 7) para Ile:Lys DIE. Os pontos de  
 198 máxima dos modelos LRP foram diferentes entre os indivíduos. No modelo LRP para todos  
 199 os animais do ensaio com o aminoácido valina (Figura 1), a relação Val:Lys DIE foi estimada  
 200 em 0,66 (ponto de máxima). Contudo, no LRP ajustados para cada indivíduo, o maior valor  
 201 foi de 0,68 para Val:Lys DIE o qual representa a quantidade de Val para permitir que o  
 202 animal mais exigente expresse seu potencial de RN. O menor valor foi de 0,62, o que  
 203 corresponde a uma diferença de 9% de ingestão para permitir a resposta máxima de todos os

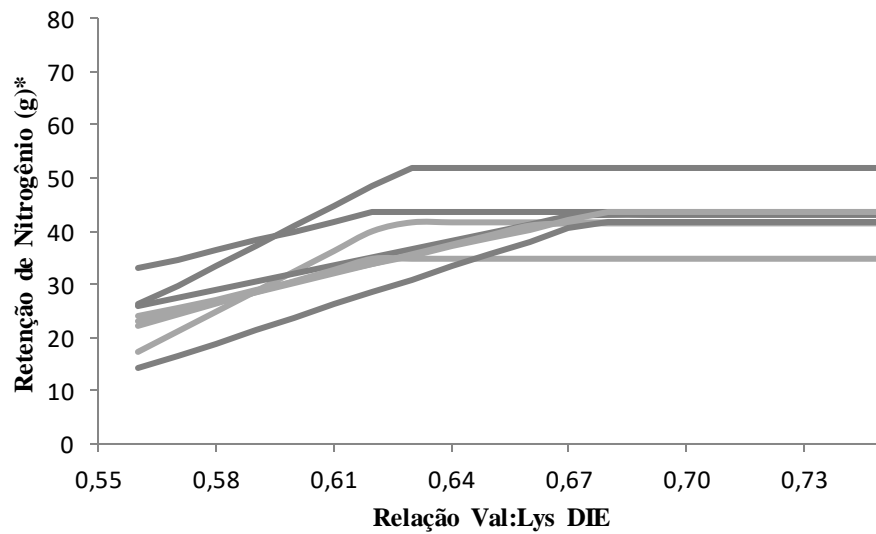
204 indivíduos. Com relação a RN, o maior valor de platô foi de 52,03 g/período e o menor de  
 205 34,78 g/período, representando uma diferença de 33%.

206

**Tabela 6.** Parâmetros dos modelos *linear response plateau* (LRP) que relacionam a retenção de N (RN) com a relação valina (Val): lisina (Lys) digestível ileal estandardizada e os valores calculados da inclinação (*U*), ponto de quebra (*R*) e *plateau* (*L*).

<b>Animal</b>	<b><i>U</i></b>	<b><i>R</i></b>	<b><i>L</i></b>	<b><math>R^2</math></b>
1	-240,4	0,6743	41,5520	0,847
2	-164,7	0,6800	43,6404	0,761
3	-370,5	0,6299	52,0335	0,733
4	-180,0	0,6623	41,4420	0,794
5	-175,9	0,6200	43,4376	0,730
6	-210,6	0,6200	34,7860	0,549
7	-153,3	0,6719	43,0343	0,573
8	-379,3	0,6243	41,6403	0,627
Todos	-190,6	0,6635	43,2517	0,526

207



208

209 **Figura 1.** Modelo *Linear Response Plateau* (LRP) da retenção de nitrogênio (RN) em função  
 210 da relação Val:Lys DIE em suínos de 20 a 30 kg. \*Retenção de Nitrogênio em g por um  
 211 período de três dias.

212

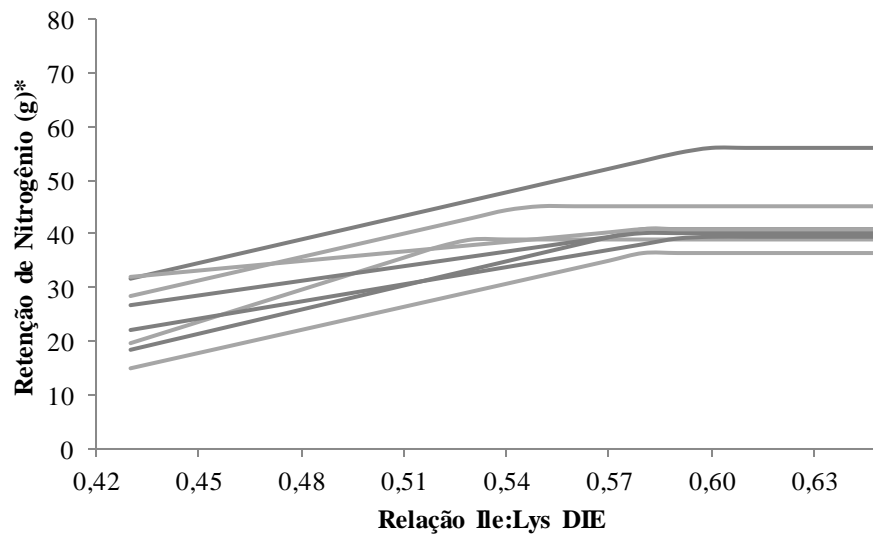
213 No modelo LRP para todos os animais do ensaio com o aminoácido Ile (Figura 2), a  
 214 relação Ile:Lys DIE foi estimada em 0,55 (ponto de máxima). Contudo, no LRP ajustado para  
 215 cada indivíduo, o maior valor foi de 0,60 para Ile:Lys DIE, o qual representa a quantidade de  
 216 Ile para permitir que o animal mais exigente expresse seu potencial de RN. O menor valor foi  
 217 de 0,52, o que correspondendo a uma diferença de 13% de ingestão para permitir a resposta  
 218 máxima de todos os indivíduos. Com relação a RN, o maior valor de platô foi de 56,04  
 219 g/período e o menor de 36,44 g/período, representando uma diferença de 35%.

220

**Tabela 7.** Parâmetros dos modelos *linear response plateau* (LRP) que relacionam a retenção de N (RN) com a relação isoleucina (Ile): lisina (Lys) digestível ileal estandardizada e os valores calculados da inclinação (*U*), ponto de quebra (*R*) e *plateau* (*L*).

Animal	<i>U</i>	<i>R</i>	<i>L</i>	<i>R</i> <sup>2</sup>
1	-59,2	0,5800	40,8986	0,716
2	-149,9	0,5800	40,8358	0,817
3	-143,2	0,5800	36,4477	0,863
4	-106,6	0,5931	39,4860	0,582
5	-145,5	0,5450	45,1640	0,948
6	-90,8	0,5779	40,1620	0,589
7	-199,2	0,5270	38,9727	0,899
8	-146,3	0,5966	56,0400	0,826
Todos	-153,6	0,5481	40,8965	0,473

221

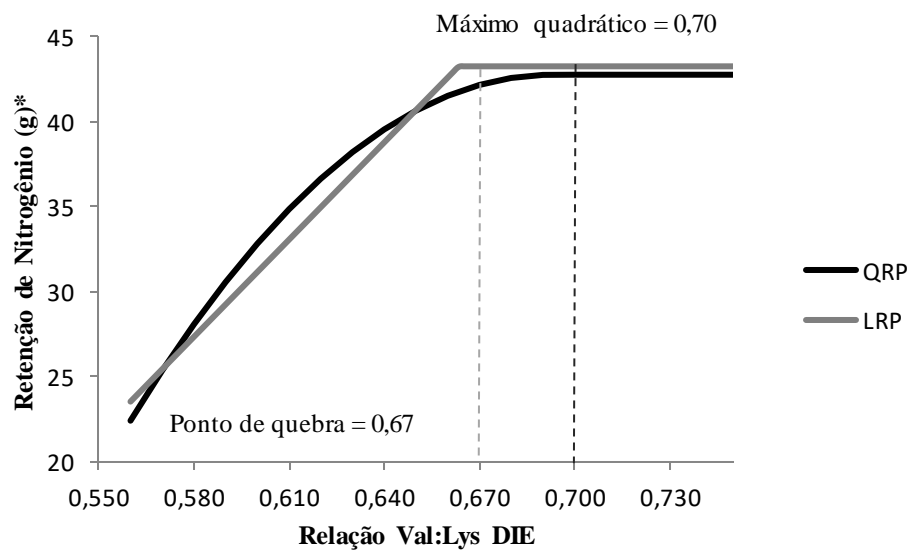


222

223 **Figura 2.** Modelo *Linear Response Plateau* (LRP) da retenção de nitrogênio (RN) em função  
 224 da relação Ile:Lys DIE em suínos de 20 a 30 kg.\*Retenção de Nitrogênio em g por um  
 225 período de três dias.

226

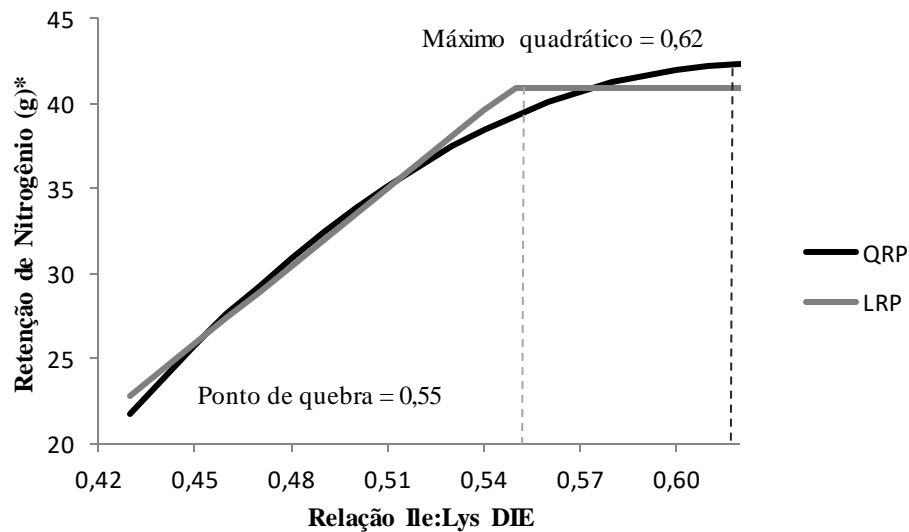
227 No modelo QRP para todos os animais do ensaio com o aminoácido Val (Figura 3), a  
 228 relação Val:Lys DIE foi estimada em 0,69 (ponto de quebra), enquanto que no LRP foi de  
 229 0,67, representando uma diferença de 5% entre os modelos. Para o ensaio com o aminoácido  
 230 Ile, o modelo QRP para todos os animais estimou que a relação Ile:Lys DIE foi de 0,62,  
 231 enquanto que no LRP foi de 0,54, representando uma diferença de 13% entre os modelos.  
 232



233

234 **Figura 3.** Modelo *Linear Response Plateau* (LRP) e Modelo *Quadrático Response Plateau*  
 235 (QRP) em função da relação Val:Lys DIE em suínos de 20 a 30 kg. A relação Val:Lys DIE  
 236 determinada pelo modelo *Linear Response Plateau* (LRP) foi 0,67 [ $Y = 43,2517 - 190,6 \times$   
 237  $(0,6700 - X)$ ] ( $R^2=0,53$ ), onde Y é a retenção de nitrogênio e X é a relação Val:Lys DIE. A  
 238 relação Val:Lys DIE determinada pelo modelo *Quadrático Response Plateau* (QRP) foi 0,70  
 239 [ $Y = 42,7564 - 1.154,2 \times (0,7000 - X)^2$ ] ( $R^2=0,511$ ), onde Y é a retenção de nitrogênio e X é  
 240 a relação Val:Lys DIE. \*Retenção de Nitrogênio em g por um período de três dias.

241



242

243 **Figura 4.** Modelo *Linear Response Plateau* (LRP) e Modelo *Quadrático response Plateau*  
 244 (QRP) em função da relação Ile:Lys DIE em suínos de 20 a 30 kg. A relação Ile:Lys DIE  
 245 determinada pelo modelo *Linear Response Plateau* (LRP) foi 0,55 [ $Y = 40,8965 - 153,6 \times$   
 246  $(0,5500 - X)$ ] ( $R^2=0,473$ ), onde Y é a retenção de nitrogênio e X é a relação Ile:Lys DIE. A  
 247 relação Ile:Lys DIE determinada pelo modelo *Quadrático Response Plateau* (QRP) foi 0,62  
 248 [ $Y = 42,3295 - 543,0 \times (0,6200 - X)^2$ ] ( $R^2=0,496$ ), onde Y é a retenção de nitrogênio e X é a  
 249 relação Ile:Lys DIE. \*Retenção de Nitrogênio em g por um período de três dias.

250

#### 251 4. DISCUSSÃO

252 O ganho de peso não foi considerado como uma variável resposta a ser avaliada no  
 253 presente estudo. No entanto, os animais apresentaram um ganho de peso adequado para uma  
 254 categoria de desempenho superior (NRC, 2012). O consumo de ração, por sua vez, foi  
 255 controlado para minimizar o desperdício de ração, melhorando assim a precisão na estimativa  
 256 do BN.

257 Para uma definição precisa da resposta individual, cada uma das diferentes rações  
 258 (níveis de AA teste) foram oferecidas por três dias consecutivos para cada suíno. Isso foi

259 realizado para que todos os indivíduos recebessem todos os tratamentos, sendo possível medir  
260 a resposta de um mesmo animal sob as mesmas condições fisiológicas. O tempo adotado foi  
261 estabelecido com base na resposta do N urinário que atinge um novo equilíbrio dentro de três  
262 dias após a adição do aminoácido na dieta que esta limitando a deposição de proteína (Brown  
263 & Cline, 1974; Fuller et al., 1989). Dessa forma, no presente estudo a resposta foi mensurada  
264 através da retenção de N no mesmo indivíduo ao ingerir quantidades crescentes de valina ou  
265 isoleucina. Os resultados demonstram que a metodologia é consistente, pois a retenção de N  
266 observada de cada indivíduo aumentou linearmente com o aumento da ingestão do AA teste  
267 até se atingir a máxima resposta. Dessa forma esse método é uma solução para um dos  
268 principais problemas (tempo de duração experimental) de realizar um estudo dose-resposta  
269 para indivíduos em fase de crescimento. Geralmente a técnica de balanço de N exige de cinco  
270 a sete dias para cada nível do aminoácido em teste. Nessa condição fica evidente que as  
271 condições fisiológicas não vão ser idênticas durante todo esse período experimental.

272 A diferença entre a quantidade de N ingerida e a quantidade excretada permite calcular  
273 o balanço de N do animal para determinar a retenção de N. O N retido pode ser utilizado nos  
274 processos de síntese e degradação de proteínas, onde a diferença entre as mesmas determina a  
275 deposição de proteína corporal. A retenção de N apresentou uma variabilidade de 33% entre  
276 os indivíduos para o ensaio da relação Val:Lys DIE e 35% para Ile:Lys DIE. Isto indica que a  
277 taxa de deposição de proteína máxima também varia consideravelmente entre os indivíduos,  
278 mesmo quando os animais apresentam características homogêneas (genética, peso, etc) e são  
279 avaliados nas mesmas condições ambientais e sanitárias.

280 A variabilidade pode ser resultado das diferenças entre os animais no que se refere a  
281 idade, ambiente e peso. Cada animal reage de diferente maneira a esses aspectos o que pode  
282 aumentar a variabilidade entre os animais (Wellock et al., 2004). Os resultados do  $R^2$  indicam



283 que o modelo se ajustou bem aos dados. No entanto, os pontos de máxima dos modelos LRP  
284 foram diferentes entre os indivíduos, indicando que existe variabilidade para a relação  
285 Val:Lys DIE de 9% e de 13% para Ile:Lys DIE. Heger et al. (2007a) encontraram uma  
286 variabilidade entre os indivíduos de 7,4% na ingestão de aminoácidos sulfurados, 8,1% na  
287 ingestão de metionina e 12% na ingestão de treonina (Heger et al., 2007b) para a máxima  
288 retenção de N. No geral, isso indica a relação a exigência de AA tem apresentado variação de  
289 7,4 a 13%.

290 A relação ideal de Val:Lys DIE estimada pelo modelo LRP foi de 0,67, enquanto que  
291 pelo modelo QRP foi de 0,70. Sendo, o último, consistente com os valores recomendados por  
292 Rostagno et al. (2011) para suínos na fase inicial, crescimento e terminação. A relação  
293 preconizada pelo NRC (2012) para suínos de 25 a 50 kg é de 0,64, enquanto que para suínos  
294 de 11 a 25 kg é de 0,78. A relação ideal de Ile:Lys DIE estimada pelo modelo LRP foi de  
295 0,54, sendo semelhante à relação preconizada por Rostagno et al. (2011), que é de 0,55 e  
296 acima da relação preconizada pelo NRC (2012), que é de 0,51 para suínos de 25 a 50 kg.  
297 Enquanto que a estimativa pelo modelo QRP para relação ideal Ile:Lys DIE foi de 0,62, sendo  
298 consistente com a relação preconizada pelo NRC (2012) para suínos de 11 a 25 kg.

299 O modelo LRP é muito utilizado para estimativa de valores quando se trata de ensaios  
300 dose resposta. Pack (1996) afirma que o ajuste de dados pelo modelo LRP proporciona bom  
301 ajuste estatístico, no entanto não considera os aspectos fisiológicos do animal, podendo  
302 subestimar o nível ótimo do nutriente quando se trata de população. Apesar de o modelo LRP  
303 estimar o nível ótimo, o mesmo não considera os aumentos que poderiam justificar melhorias  
304 adicionais na resposta (Sakomura & Rostagno, 2016).

305 O modelo QRP, sobre o ponto de vista biológico, é mais utilizado do que o modelo  
306 linear, pois permite estimar o nível de nutriente em que a resposta animal é a máxima

307 possível. Esse modelo descreve de forma detalhada os pequenos acréscimos na resposta  
308 animal, que em situações práticas, pode ser de grande utilidade quando o objetivo é  
309 determinar a concentração adequada de nutriente na dieta. No entanto, o mesmo pode  
310 superestimar a resposta do animal (Euclides & Rostagno, 2001). Para evitar esse problema,  
311 alguns pesquisadores aplicam o intervalo de confiança de 95% do nível máximo ou mínimo  
312 do nutriente, estimado pela equação quadrática (Sakomura & Rostagno, 2016).

313 A importância da variabilidade entre-animais tem se confirmado em estudos há várias  
314 décadas (Lucas, 1960). Contudo, poucos trabalhos estão sendo realizados com objetivo de  
315 avaliar o efeito da variação entre-indivíduos sobre as estimativas na exigência de aminoácidos  
316 (Pomar et al., 2003). O método de avaliação das respostas individuais utilizado no presente  
317 estudo permitiu confirmar a existência da variação na retenção de N para diferentes relações  
318 de Val:Lys e Ile:Lys DIE. Portanto, os resultados apresentados nesse estudo no que se refere a  
319 respostas de indivíduos a diferentes relações de Val:Lys e Ile:Lys DIE são de extrema  
320 importância. Essas informações da variabilidade entre-indivíduos podem ser utilizadas no  
321 aprimoramento de modelos estocásticos, além do desenvolvimento de estratégias e programas  
322 nutricionais e genéticos mais precisos.

323

## 324 **5. CONCLUSÃO**

325 A relação ideal de para suínos de 20 a 30 kg de peso vivo variou de 0,62 a 0,68 para  
326 Val:Lys DIE e de 0,52 a 0,60 para Ile:Lys DIE. A relação ideal estimada para otimizar a  
327 retenção de N da população foi de 0,70 para Val:Lys DIE e 0,62 para Ile:Lys DIE.

328

## 329 **6. AGRADECIMENTOS**

330 Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo  
331 (FAPESP) pelo financiamento do projeto (2012/03781-0) e a Coordenação de  
332 Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

333

## 334 **7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

335 AOAC. Official Methods of Analysis (15 Ed.). 1990. Arlington, VA: Association of Official  
336 Analytical Chemists.

337 ARC. The nutrient requirements of pigs. 1981. Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough,  
338 England.

339 BERTOLO, R. F.; MOEHN, S.; PENCHARZ, P. B.; BALL, R.O. 2005. Estimate of the  
340 variability of the lysine requirement of growing pigs using the indicator amino acid  
341 oxidation technique. *Journal of Animal Science*, 83:2535–2542.

342 BROWN, J. A.; CLINE, T. R. 1974. Urea excretion in the pig: an indicator of protein quality  
343 and amino acid requirements. *The Journal of Nutrition*, 104(5), 542-545.

344 CORZO, A.; FRITTS, C. A.; KIDD, M. T.; KERR, B. J. 2005. Response of broiler chicks to  
345 essential and non-essential amino acid supplementation of low crude protein diets.  
346 *Journal of the Animal Feed Science and Technology*, 118(3), 319-327.

347 DENG, D.; HUANG, R. L.; LI, T. J.; WU, G. Y.; XIE, M. Y.; TANG, Z. R.; YIN, Y. L.  
348 2007a. Nitrogen balance in barrows fed low-protein diets supplemented with essential  
349 amino acids. *Livestock Science*, 109:220–223.

350 DENG, D.; LI, A. K.; CHU, W. Y.; HUANG, R. L.; LI, T. J.; KONG, X. F.; YIN, Y. L.  
351 2007b. Growth performance and metabolic responses in barrows fed low-protein diets  
352 supplemented with essential amino acids. *Livestock Science*, 109:224–227.

- 353 EUCLYDES, R. F.; ROSTAGNO, H. S. 2001. Estimativa dos níveis nutricionais via  
354 experimentos de desempenho. In: I WORKSHOP LATINO-AMERICANO  
355 AJINOMOTO BIOLATINA, Foz do Iguaçu, Anais... Foz do Iguaçu. p.77-88 excretion.  
356 Feedstuffs 71(17): 12-19.
- 357 FERGUSON, N. S.; GOUS, R. M. 1997. The influence of heat production on voluntary food  
358 intake in growing pigs given protein-deficient diets. *Animal*, v. 64, n. 02, p. 365-378.
- 359 FIGUEROA, J. L.; LEWIS, A. J.; MILLER, P. S.; FISCHER, R. L.; DIEDRICHSEN, R. M.  
360 2003. Growth, carcass traits, and plasma amino acid concentrations of gilts fed low-  
361 protein diets supplemented with amino acids including histidine, isoleucine, and valine.  
362 *Journal of Animal Science*, 81:1529–1537.
- 363 FULLER, M.F.; MCWILLIAM, R.; WANG, T.C.; GILES L.R. 1989. The optimum dietary  
364 amino acid pattern for growing pigs. *British Journal of Nutrition*, v.62, n.2, p.225– 267.
- 365 GAINES, A. M.; KENDALL, D. C.; ALLEE, G. L.; USRY, J. L.; KERR, B. J. 2011.  
366 Estimation of the standardized ileal digestible valine-to-lysine ratio in 13-to 32-kilogram  
367 pigs. *Journal of Animal Science*, 89:736–742.
- 368 HEGER, J.; KRIZOVA, L.; SUSTALA, M.; NITRAYOVA, S.; PATRAS, P.; HAMPEL, D.  
369 2007a. Assessment of statistical models describing individual and group response of  
370 pigs to threonine intake. *Journal of Animal and Feed Science*, 16, 420-432.
- 371 HEGER, J.; KRIZOVA, L.; SUSTALA, M.; NITRAYOVA, S.; PATRAS, P.; HAMPEL, D.  
372 2007b. Individual response of growing pigs to sulphur amino acid intake. *Journal of*  
373 *Animal Physiology and Animal Nutrition*, 92, 18-28.
- 374 HTOO, J.; WILTAFSKY, M. K. 2011. Roles, metabolism y antagonismos de aminoácidos de  
375 cadena ramificada em la nutrición animal. *Amino News*, v. 16, n. 1, p. 25-32.

- 376 KAMPMAN-VAN DE HOEK, E.; GERRITS, W. J. J.; VAN DER PEET-SCHWERING, C.  
377 M. C.; JANSMAN, A. J. M.; VAN DEN BORNE, J. J. G. C. 2014. A simple amino acid  
378 dose–response method to quantify amino acid requirements of individual meal-fed pigs.  
379 *Journal of Animal Science*, v. 91, n. 10, p. 4788-4796.
- 380 KERR, B. J.; MCKEITH, F. K.; EASTER, R. A. 1995. Effect on performance and carcass  
381 characteristics of nursery to finisher pigs fed reduced crude protein, amino acid-  
382 supplemented diets. *Journal of Animal Science*, 73:433–440.
- 383 KERR, B. J.; SOUTHERN, L. L.; BIDNER, T. D.; FRIESEN, K. G.; EASTER, R. A. 2003.  
384 Influence of dietary protein level, amino acid supplementation, and dietary energy  
385 levels on growing finishing pig performance and carcass composition. *Journal of*  
386 *Animal Science*, 81:3075–3087.
- 387 LECLERCQ, B.; BEAUMONT, C. 2000. Etude par simulation de la réponse des troupeaux  
388 de volailles aux apports d'acides aminés et de protéines. *Productions Animales*, v.13,  
389 p.47-59.
- 390 LEWIS, A. J.; NISHIMURA, N. 1995. Valine requirement of the finishing pig. *Journal of*  
391 *Animal Science*, 73:2315–2318.
- 392 LUCAS, I. A. M. Problems of the science of pig feeding. In: Proc. Conf. Agric. Res. Workers  
393 and Agric. Economists, 1960, London, UK. London, UK: Pig Industry Development  
394 Authority, 1960. p. 32-50.
- 395 MOEHN, S.; SHOVELLER, A.K.; RADEMACHER, M.; BALL, R.O. 2008. An estimate of  
396 the methionine requirement and its variability in growing pigs using the indicator amino  
397 acid oxidation technique. *Journal of Animal Science*, 86:364–369.
- 398 NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of swine. 11.ed.  
399 Washington, D.C.: National Academy Press, 2012.

- 400 NOBLET, J.; QUINIOU, N. 1999. Principaux facteurs de variation du besoin en acides  
401 aminés du porc en croissance. *Techni-Porc*, v.22, p.9-16.
- 402 PACK, M. Models used to estimate nutrient requirements with emphasis in economic aspects.  
403 In: *Simpósio Internacional Sobre Exigências Nutricionais de aves e Suínos*. 1996,  
404 Viçosa, Anais... Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1996. P.43-54.
- 405 PEKAS, J.C. 1968. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic  
406 studies. *Journal of Animal Science*, 27(5):1303-1306.
- 407 POMAR, C. A systematic approach to interpret the relationship between protein intake and  
408 deposition and to evaluate the role of variation on production efficiency in swine. In:  
409 SYMPOSIUM ON DETERMINANTS OF PRODUCTION EFFICIENCY IN SWINE,  
410 1995. *Proceedings...1995*. p.361-375.
- 411 POMAR, C.; KYRIAZAKIS, I.; EMMANS, G. C.; KNAP, P.W. 2003. Modeling  
412 stochasticity: Dealing with populations rather than individual pigs. *Journal of Animal*  
413 *Science*, v.81, p.E178-186.
- 414 PRANDINI, A. L. D. O.; SIGOLO, S.; MORLACCHINI, M.; GRILLI, E.; FIORENTINI, L.  
415 2013. Microencapsulated lysine and low-protein diets: Effects on performance, carcass  
416 characteristics and nitrogen excretion in heavy growing–finishing pigs. *Journal of*  
417 *Animal Science*, 91:4226–4234.
- 418 ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L. ; GOMES, P. C. ; OLIVEIRA, R.  
419 F. ; LOPES, D. C. ; FERREIRA, A. S. ; BARRETO, S. L. T. ; EUCLIDES, R. F.  
420 Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências  
421 nutricionais. 3. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 2011.
- 422 ROUX, M. L.; DONSBOUGH, A. L.; WAGUESPACK, A. M.; POWELL, S.; BIDNER, T.  
423 D.; PAYNE, R. L.; SOUTHERN, L. L. 2011. Maximizing the use of supplemental

- 424 amino acids in corn-soybean meal diets for 20- to 45-kilogram pigs. *Journal of Animal*  
425 *Science*, 89:2415–2424.
- 426 SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. Métodos de pesquisa em nutrição de  
427 monogástricos. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 262 p, 2016.
- 428 WAGUESPACK, A. M.; BIDNER, T. D.; PAYNE, R. L.; SOUTHERN, L. L. 2012. Valine  
429 and isoleucine requirement of 20- to 45-kilogram pigs. *Journal of Animal Science*,  
430 90:2276–2284.
- 431 WELLOCK, I. J.; EMMANS, G. C.; KYRIAZAKIS, I. 2004. Modeling the effects of  
432 stressors on the performance of populations of pigs. *Journal of Animal Science*, v.82,  
433 p.2442-2450.