

Artigo Número 86

FATORES QUE INFLUENCIAM NA EXIGÊNCIA DE LISINA PARA SUÍNOS

Gladstone Brumano¹ e Gustavo Gattás²

Introdução

O desenvolvimento da nutrição animal, mediante aos avanços no conhecimento do metabolismo protéico, melhor avaliação nutricional dos alimentos, e produção dos aminoácidos industriais (sintéticos), possibilitou a otimização das formulações das dietas animais, visando atender as exigências nutricionais em proteínas e aminoácidos com menor custo de produção e menor impacto ambiental (Suida, 2001).

A atual proposta da nutrição animal é que cada aminoácido essencial seja expresso como relação ou percentagem de um aminoácido referência. Isso possibilita estimar a exigência de todos os aminoácidos quando a exigência do aminoácido referência estiver estabelecida, permitindo manter proporcionalidade entre todos os aminoácidos da dieta.

A lisina, além de ser o aminoácido referência na formulação de rações para suínos, é também o primeiro aminoácido limitante em dietas à base de milho e soja, sendo seguida pela treonina, metionina e o triptofano, como segundo, terceiro e quarto limitante, respectivamente (Johnston et al., 2000).

Este aminoácido (lisina) é utilizado como referência por possuir as seguintes características: é um aminoácido estritamente essencial, não havendo nenhuma via de síntese endógena; possui metabolismo orientado principalmente para deposição de proteína corporal; a análise laboratorial, para a determinação dos seus níveis nos ingredientes, rações e tecidos são precisas; o conhecimento de sua exigência para todas as fases de produção animal encontra-se disponível; a sua suplementação é economicamente viável nas dietas de suínos e é o primeiro aminoácido limitante em dietas de suínos (Batterham, 1990).

Outro conceito importante, vinculado ao conceito de aminoácido referência, é o de proteína ideal. A proteína ideal trata-se do balanço ideal de aminoácidos da dieta, capaz de prover, sem deficiências nem excessos, as exigências de todos os aminoácidos necessários à perfeita manutenção e crescimento da espécie. O conceito prevê a relação entre os aminoácidos essenciais e a lisina, considerada como padrão (100) em virtude de ser utilizada basicamente para a síntese protéica, sendo o componente principal do tecido magro de suínos. Além disso, existem muitas informações sobre a concentração e a digestibilidade da lisina nos alimentos. Assim, uma vez que a necessidade de lisina tenha sido estabelecida, as relações dos outros aminoácidos com a lisina, definidas pela proteína ideal, podem ser usadas para calcular as necessidades dos outros aminoácidos essenciais.

Segundo Yen et al (1986), quando da formulação de rações experimentais, o mais adequado seria utilizar o conceito de proteína ideal, ou seja, a mudança na concentração da lisina da ração, por exemplo, deve ser acompanhada por uma alteração proporcional

¹ Doutor em Zootecnia, gbrumano@yahoo.com.br

² Doutor em Zootecnia

dos demais aminoácidos essenciais, evitando com isso, variações nas respostas dos animais.

Assim, fica clara a importância da lisina na nutrição de suínos, não só por ser um aminoácido essencial e referência, mas também por influenciar todo padrão aminoácido das dietas. Em função desses fatos, a lisina vem sendo o aminoácido mais estudado ao longo dos últimos anos. Entretanto, ainda assim existe uma grande variação entre os trabalhos em relação à exigência desse aminoácido para os suínos. Essa variação se deve a diferentes fatores, tais como: genótipo, sexo, idade, condições ambientais, padrão de consumo e desafio imunológico. Esses fatores podem influenciar aspectos importantes relacionados ao crescimento dos suínos como a eficiência em que os animais utilizam os aminoácidos e a sua capacidade máxima de deposição de carne magra na carcaça (Souza, 1997).

Desta forma, nesta revisão, serão abordados temas referentes aos principais fatores que influenciam a exigência de lisina para suínos.

Sexo

O sistema de produção comercial de cevados suínos pode ser dividido em três grupos distintos em função do sexo, que devem ser considerados separadamente para efeito de cálculos de exigências nutricionais. Tais grupos são: machos inteiros, machos castrados e fêmeas. De modo geral, os diferentes grupos sexuais apresentam desempenho e características de carcaça diferenciados (Ekstrom, 1991), tornando-se evidente que as exigências nutricionais devem ser estabelecidas de acordo com o sexo do animal. Entretanto, os efeitos do sexo não estão evidenciados na primeira fase de crescimento, sendo que as principais diferenças de sexo apresentam-se próximo dos 30 kg de peso vivo e durante a fase de crescimento e terminação.

Miyada (1996), considera que as diferenças sexuais no padrão de crescimento dos suínos dependem do estágio de desenvolvimento do animal, uma vez que tais diferenças são resultantes de mudanças endócrinas, sendo que geralmente não há alterações em termos de exigências nutricionais e desempenho em função do sexo antes dos 50 kg de peso. Entretanto, assim que o suíno atinge 70 kg de peso, as alterações em função do sexo passam a ser marcantes, tanto em nível de exigências nutricionais, como também em nível de desempenho. Já Campbell et al. (1988) e Pupa et al. (2002) relataram que as diferenças nas exigências nutricionais, segundo o sexo, começam a ocorrer a partir de 35 e 30 kg, respectivamente.

Animais na fase inicial de crescimento parecem não possuir exigências nutricionais diferenciadas, de acordo com o sexo. Moretto et al. (1998), trabalhando com leitões, dos 15 aos 30 kg, não verificaram variação na exigência de lisina entre machos inteiros e fêmeas.

De acordo com Cromwell et al. (1993), as diferenças nas exigências de lisina em função do sexo são verificadas principalmente nas fases de crescimento e terminação. Donzele et al. (1992 a,b) recomendaram 0,89 e 0,91% de lisina para machos inteiros e fêmeas, respectivamente, dos 30 aos 60 kg.

De acordo com Cromwell et al. (1993) e Souza (1997) os machos inteiros e as fêmeas, normalmente, são mais exigentes em lisina que os machos castrados devido à menor capacidade destes em incorporar aminoácidos aos tecidos musculares, em virtude da ausência de hormônios sexuais. De modo geral, machos castrados ganham peso mais rapidamente e apresentam maior consumo que as fêmeas, porém, essas ganham peso

mais eficientemente, apresentam menos gordura e maior porcentagem de músculo na carcaça. Em função das diferenças no consumo diário de ração e partição de nutrientes para ganho de peso (relação tecido muscular:tecido adiposo), as fêmeas podem exigir uma maior concentração de lisina na ração em comparação aos machos castrados.

Com base em revisão de literatura, Xue et al. (1997) relataram que machos inteiros apresentam maiores exigências de proteína e lisina dietética quando comparados a fêmeas e machos castrados, respectivamente. Trabalhando com suínos de similar potencial genético, na fase de crescimento (30 a 60 kg), Fontes et al. (1999) obtiveram melhor resposta de desempenho de fêmeas no nível de 1,19% de lisina digestível, enquanto, Fontes et al. (2000) com suínos na fase de terminação (60 a 95 kg), definiram como 0,90% de lisina digestível a exigência de fêmeas.

De acordo com os dados contidos em Rostagno et al. (2005) fica demonstrado que a exigência de lisina em g/dia para machos castrados está próxima a exigência de lisina para as fêmeas, independente do peso. Entretanto, em relação às exigências de lisina em porcentagem fica evidenciada, para os suínos com peso superior a 30 kg, que as fêmeas demandam maior porcentagem de lisina na ração que os machos castrados (Tabela 1). Isso, possivelmente, é em função da maior capacidade de consumo de ração pelos machos castrados em comparação às fêmeas. Stahly et al. (1991) sugeriram que devido a menor capacidade de ingestão de dieta, as fêmeas suínas necessitam de uma maior quantidade de lisina/kg de dieta para otimizar o acréscimo de proteína em comparação aos machos castrados.

As exigências diárias de lisina devem ser estabelecidas com base no ganho diário de proteína ou tecido magro, pois existe uma dissociação importante entre o consumo de lisina e energia e seus efeitos sobre as deposições de proteína e lipídeos (kessler, 1998).

Animais com alto potencial para retenção protéica (em torno dos 100 g/dia) usualmente apresentam capacidade de ingestão de alimento e, conseqüentemente, de energia, superior às demandas para crescimento do tecido magro, o que resultaria em aumento na deposição de gordura corporal. Isto é mais evidente em machos castrados que, mesmo apresentando maior consumo de energia, apresentam taxas de retenção protéica similares às das fêmeas (kessler, 1998).

Quiniou et al. (1999), relataram uma superioridade de machos inteiros em depositar proteína corporal, seguidos pelas fêmeas e por último machos castrados. Noblet et al. (1994) verificaram que os machos inteiros apresentaram maior taxa de deposição de proteína do que as fêmeas e os machos castrados, enquanto os machos castrados depositaram mais gordura, seguidos pelas fêmeas e pelos machos inteiros (Tabela 2).

A composição corporal de um suíno em crescimento, dos 20 aos 100 kg de peso, pode ser expressa na forma de relações alométricas do tipo $Y = aX^b$, onde Y é o componente a ser estimado, X é o peso do suíno em jejum (peso vivo = 1,05 peso do suíno em jejum) e b é a taxa de crescimento do componente em questão (Whittemore, 1998). A taxa de deposição de proteína é maior em machos inteiros do que nos castrados, o inverso acontecendo com relação à taxa de deposição de gordura, com as marrãs ocupando posições intermediárias (Tabela 3) (Whittemore, 1998; Quiniou et al., 1999).

A castração dos machos causa uma redução na deposição diária de proteína e em um aumento de lipídios quando alimentados *ad libitum* que tem como conseqüência uma diminuição das necessidades diárias de lisina, um incremento das necessidades energéticas e uma diminuição da relação Lis/ED (Noblet & Quiniou, 2001).

Tabela 1 – Exigência de lisina digestível para suínos machos castrados e fêmeas de alto potencial genético com desempenho superior.

Peso (kg)	Exigência de Lisina Digestível		Variação (%)
	Machos castrados	Fêmeas	
7 - 15	1,33 %	1,33 %	0
15 - 30	1,145 %	1,16 %	- 1,29
	12,59 g/dia	12,47 g/dia	+ 0,95
30 - 50	1,028 %	1,101 %	- 6,63
	19,12 g/dia	19,81 g/dia	- 3,48
50 - 70	0,953 %	1,036 %	- 8,01
	23,17 g/dia	23,317 g/dia	- 0,63
70 - 100	0,810 %	0,858 %	- 5,59
	23,90 g/dia	21,35 g/dia	+ 10,67
100 - 120	0,661 %	---	---
	20,49 g/dia	---	---

FONTE: Adaptado de Rostagno et al. (2005), - variação a favor das fêmeas; + variação a favor dos machos

Tabela 2 – Efeito do sexo de suínos dos 25 aos 90 kg sobre o desempenho e sobre a exigência de lisina digestível.

Sexo	Large White		
	Machos	Fêmeas	Castrados
Consumo de ED, MJ/d	27,6	28,3	30,9
Ganho de peso, g/dia	890	745	770
Ganho de proteína, g/dia	141	115	117
Ganho de peso em proteína, %	15,9	15,6	15,2
Ganho de lipídio, g/dia	177	176	221
Exigência de lisina			
g/dia	16,0	13,3	13,4
g/MJ ED	0,58	0,47	0,44
% da dieta	0,78	0,63	0,58
Coeficiente alométrico para ganho em proteína	1,01	0,99	0,98
Coeficiente alométrico para ganho em lipídio	1,36	1,43	1,62

FONTE: Adaptado de Noblet et al., 1994

Tabela 3 - Componentes químicos corporais do suíno em crescimento em relação ao peso do corpo vazio (peso vivo - conteúdo do trato digestivo), usando a relação $Y = aX^b$, onde Y é o componente e x o peso do corpo vazio (kg)

Componentes corporais	Machos inteiros			Machos castrados			Fêmeas		
	a	b	Y=(X=100)	a	b	Y=(X=100)	a	b	Y=(X=100)
Proteína	0,193	0,963	16,30	0,281	0,850	14,10	0,210	0,927	15,00
Água	0,928	0,862	49,15	1,241	0,778	44,70	1,010	0,830	46,16
Lipídeos	0,020	1,520	21,92	0,013	1,670	28,44	0,016	1,630	26,11
Cinzas	0,049	0,923	3,44	0,050	0,896	3,23	0,046	0,923	3,28

FONTE: Adaptado de Whittemore, 1998

Gattás et al. (dados não publicados), estudando níveis de lisina digestível (0,65; 0,75; 0,85; 0,95 e 1,05%) para suínos machos castrados e fêmeas dos 60 aos 100 dias de vida, verificaram efeito distinto sobre os parâmetros de desempenho e de carcaça em função do sexo dos animais. Estes pesquisadores concluíram que a exigência de lisina digestível para os machos castrados e para as fêmeas é de, respectivamente, 0,94% e 1,05%. Estes autores também verificaram que as fêmeas exigiram 5,6% a mais de lisina em g/dia em comparação aos machos castrados (19,51 vs. 18,40 g/dia de lisina digestível). Fica evidenciado que as fêmeas exigem uma maior concentração de lisina na ração em função da sua menor capacidade de consumo voluntário e maior capacidade em incorporar aminoácidos aos tecidos musculares.

As diferenças sexuais quanto aos padrões de crescimento dos suínos dependem do estágio de desenvolvimento do animal, uma vez que elas resultam das mudanças endócrinas que acompanham o desenvolvimento sexual e o potencial de crescimento (Fuller, 1996).

Segundo Pupa et al. (2001), as diferenças que ocorrem entre os sexos são mais marcantes durante a fase de crescimento e de terminação, especialmente nas fêmeas, que atingem o platô de sua capacidade de deposição de proteína mais cedo que os machos.

A regulação do crescimento dos suínos inclui a participação de um complexo hormonal, destacando o hormônio do crescimento (GH), insulina, fatores de crescimento ligados à insulina (IGF 1 e 2), hormônios da tireóide, glicocorticóides, adrenalina, andrógenos e estrógenos. Os principais efeitos destes hormônios sobre o crescimento são apresentados na Tabela 4. Os IGFs estimulam e mediam muitos dos hormônios envolvidos na promoção do crescimento, especialmente o GH, e representam a principal influência hormonal sobre o ganho diário dos tecidos muscular e adiposo (Whittemore, 1998).

A atuação destes hormônios pode explicar em parte as diferenças na taxa de deposição de proteína e lipídios entre os suínos.

Estudos têm demonstrado diferenças, entre as categorias sexuais de suínos, quanto ao modo de ação dos hormônios envolvidos no crescimento, principalmente, do GH, dos IGFs e dos hormônios gonadais. A secreção de GH é, geralmente, maior em machos inteiros do que em fêmeas (Ford e Klindt, 1989).

As concentrações plasmáticas de IGF-I em machos inteiros, castrados e fêmeas somente diferem a partir de uma determinada idade, a qual segundo Clapper et al. (2000) corresponde a 84 dias.

Tabela 4 – Efeito dos principais hormônios associados com o crescimento

	Tecido adiposo	Tecido muscular		
		Síntese	Degradação	Ganho líquido
GH	-	+		+
IGF's	+	+	-	+
Hormônios da tireóide	-	+	+	+
Insulina	+	+	-	+
Catecolaminas	-	+	-	+
Estrógenos e andrógenos	+	+		+
Glicocorticóides	-	-	-	-
Absorção de nutrientes	+	+	-	+

FONTE: Adaptado de Whittemore, 1998

Anteriormente Owens et al. (1999) haviam verificado concentrações plasmáticas de IGF-I maiores em machos inteiros do que em marrãs ou machos castrados a partir de treze semanas de idade, enquanto os níveis plasmáticos de IGF-II foram geralmente mais altos em machos castrados do que em machos inteiros ou marrãs.

Considerando que o IGF-I estimula a deposição de aminoácidos e glicose nos tecidos (Tomas et al., 1992), concentrações plasmáticas diferentes deste hormônio explicam as diferenças na taxa de crescimento apresentadas por machos inteiros, machos castrados e fêmeas.

Andrógenos e estrógenos exercem seus efeitos anabólicos por diferentes mecanismos. Enquanto receptores específicos para andrógenos estão presentes no tecido muscular, receptores para estrógenos não têm sido registrados na musculatura esquelética suína, estando suas ações relacionadas ao efeito estimulante sobre a liberação de GH e, adicionalmente de IGF-1.

A ausência destes hormônios sexuais em machos castrados, além de aumentar o consumo de alimento, causa uma menor capacidade de incorporação de aminoácidos aos tecidos musculares (Xue, 1997).

Idade e Peso

Com relação ao crescimento dos suínos, o modelo de curva sigmóide é o mais aceito para explicar o ganho de peso dos suínos, em função da idade. Fases de aceleração e desaceleração, unidas por um período de crescimento linear antecedem um platô à maturidade. Segundo De Lange et al. (2001), a taxa de crescimento aumenta até cerca de 50 kg de peso corporal, é relativamente constante entre 50 e 80 kg, passando a diminuir até próxima de zero quando o animal atinge o peso à maturidade. Este comportamento está relacionado à capacidade que o animal tem de depositar,

principalmente, proteína e lipídios (Figura 1). Fases de aceleração e desaceleração, unidas por período de crescimento linear antecedem um platô à maturidade. A deposição de proteína e lipídios, quando os animais têm em média 150 dias de idade, mantém uma relação de 1:1 aproximadamente até os 100 kg de peso. A partir daí, a massa de gordura excede à de proteína, o que tem justificado a idade de abate entre 130 e 170 dias de idade (Figura 2).

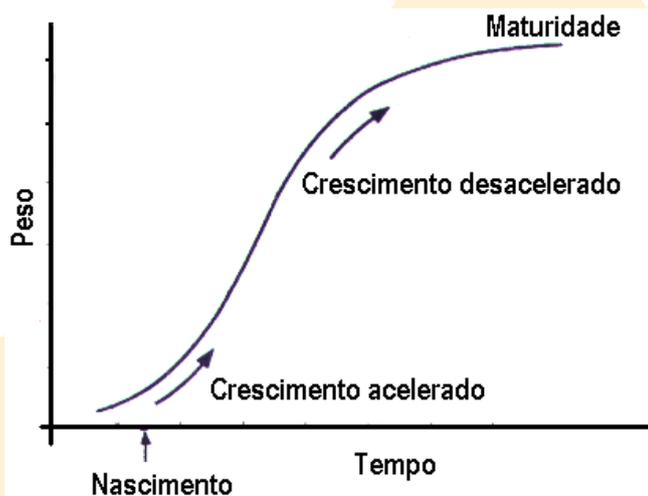


Figura 1 — Ganho de peso corporal em razão da idade (Whittemore, 1998).

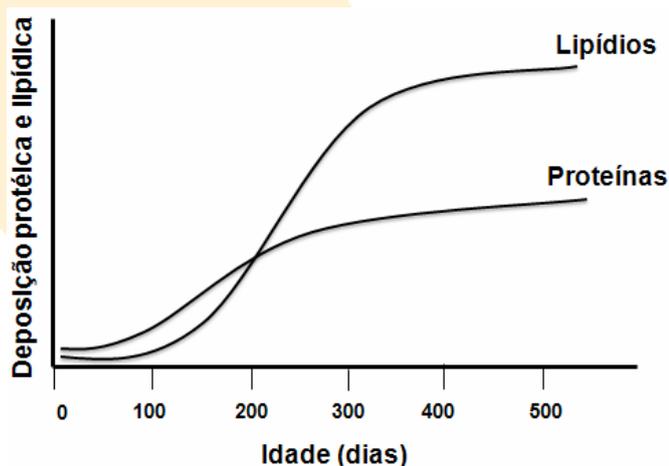


Figura 2 — Ganho de tecido muscular e lipídico de acordo com a idade (kyriazakis, 1999).

O crescimento de tecido magro e, por conseguinte, as exigências de lisina em g/dia, seguem o modelo curvilíneo do ganho de peso dos suínos. Em termos absolutos, o crescimento de tecido magro é pequeno no início, aumentando rapidamente, alcançando o máximo entre os 40 e 75 kg de peso corporal, para então diminuir com diferentes intensidades (Schinckel et al., 1996).

Por outro lado, as exigências de lisina, em porcentagem da ração, diminuem à medida que o animal aumenta de idade ou peso devido a diferenças na capacidade voluntária de alimento entre os animais nas diferentes fases de crescimento. Suínos na fase inicial de crescimento apresentam menor capacidade voluntária de alimento, daí exigirem rações mais concentradas em aminoácidos do que animais na fase de terminação.

O NRC (1998) faz recomendações de aminoácidos para suínos destinados ao abate, em seis diferentes intervalos de peso, entre os três e 120 kg. Apenas a partir de 50 kg, o NRC (1998) recomenda exigências diferentes, segundo o sexo dos animais. Rostagno et al. (2005) preconiza exigências de aminoácidos iguais para suínos machos castrados e fêmeas dos quatro aos 15 kg, considerando a partir dos 15 kg, cinco faixas de peso para machos castrados e quatro intervalos de peso para fêmeas, com diferentes exigências de aminoácidos (Tabela 1).

Abreu (2005), trabalhando com suínos machos castrados de alto potencial genético para deposição de carne magra na carcaça, em três períodos: 15 a 30 kg; 30 a 60 kg e 60 a 95 kg, verificou diferenças nas exigências de lisina digestível em função do peso dos animais. Houve uma diminuição na exigência de lisina em porcentagem da ração e um aumento no consumo de lisina em g/dia, em função do aumento de peso dos animais (Tabela 5). Isso pode ser explicado em função do modelo curvilíneo de crescimento do tecido magro e a capacidade voluntária de consumo de ração dos animais.

Tabela 5 – Exigência de lisina digestível, em porcentagem da ração e em gramas por dia, em função do peso dos suínos.

Peso	Exigência de lisina digestível	
	% da ração	g/dia
15 – 30 kg	1,12	12,03
30 – 60kg	1,10	21,11
60 – 95 kg	0,94	26,48

FONTE: Adaptado de Abreu (2005)

GENÉTICA

As características genéticas dos suínos têm mudado significativamente nas últimas décadas. No princípio a seleção genética teve como base apenas os critérios produtivos, como a obtenção de animais com maiores velocidades de crescimento. Atualmente, são enfocados também outros critérios, relacionados à qualidade da carcaça, como a quantidade e a qualidade da carne e gordura produzidas. Assim, a moderna suinocultura trabalha com animais de linhagens especializadas para produção de maior rendimento de carne na carcaça.

A taxa de crescimento magro dos suínos é influenciada pelo consumo de energia. De acordo com Schinckel & Eistein (2000), a deposição de proteína, em função do consumo de energia aumenta até atingir um platô, o qual é determinado pelo potencial genético do animal. Quando o limite genético de deposição de músculos é atingido, o consumo em excesso de energia irá promover a deposição de gordura na carcaça (Bellaver & Viola, 1997).

A resposta de deposição de tecido magro em função do consumo de energia só será eficientemente obtida se o aporte de aminoácidos for suficiente para permitir a expressão genética do animal. A lisina dietética tem sido considerada o nutriente que mais influencia a deposição de proteína pelos suínos em crescimento. Isto se deve à sua constância na proteína corporal e sua destinação metabólica preferencial para a deposição de tecido magro (Kessler, 1998).

Segundo Pupa et al. (2001), linhagem com alta capacidade para a síntese de tecido magro, tem maior exigência de lisina disponível por kcal de energia digestível que linhagens de menor capacidade de deposição de tecido magro. O genótipo não só afeta a capacidade de deposição de tecido magro, mas também, tem influência na eficiência de deposição de proteína e no peso vivo a que se atinge o platô de deposição de carne magra. Como exemplo, temos recomendação de lisina total, digestível e % Mcal/ ED para fêmeas segundo o genótipo e a sua faixa de peso (Tabela 6).

Tabela 6 - Recomendação de lisina total, digestível e % Mcal/ ED para fêmeas segundo o genótipo e a sua faixa de peso.

15 – 30 kg	Potencial genético		
	Baixo	Médio	Alto
% Mcal / ED	0,244	0,282	0,365
% Lisina total	0,84	1,08	1,26
% Lisina Digestível	0,68	0,96	1,13
30 – 60 kg			
% Mcal / ED	0,218	0,300	0,347
% Lisina total	0,75	1,02	1,16
% Lisina Digestível	0,66	0,90	1,05
60 – 100 kg			
% Mcal / ED	0,210	0,247	0,302
% Lisina total	0,72	0,83	1,00
% Lisina Digestível	0,58	0,73	0,90

FONTE: Pupa et al. (2001)

Stahly et al. (1994), trabalhando com suínos dos 22 aos 109 kg, com baixo, médio e alto potencial genético para eficiência alimentar e deposição de carne magra, demonstraram que os animais de alto potencial exigem níveis mais elevados de lisina na ração para maximizar o desempenho e a deposição de carne na carcaça. Da mesma forma, Gasparotto et al. (2001), trabalhando com dois grupos genéticos de suínos em

crescimento, um melhorado e outro comum, encontraram exigência de lisina total de 1,00 e 0,75%, respectivamente.

Segundo Knabe (1996), a maior exigência de aminoácidos de suínos em crescimento-terminação com alta taxa de deposição de carne é devida à maior síntese protéica e a mais alta exigência de aminoácidos para manutenção, em razão de sua maior massa muscular e ao menor consumo de alimento.

De acordo com Noblet et al. (1994), suínos derivados de intensa seleção (linha sintética), a composição de ganho de peso varia pouco com aumento do peso vivo, e conseqüentemente a exigência de lisina. Por outro lado, animais de baixo potencial genético apresentam níveis crescente de ganho de gordura e reduzido ganho de proteína em função do aumento do peso corporal (Figura 3), com influência na exigência de lisina, que reduz mais acentuadamente para estes animais (Figura 4 e Tabela 7).

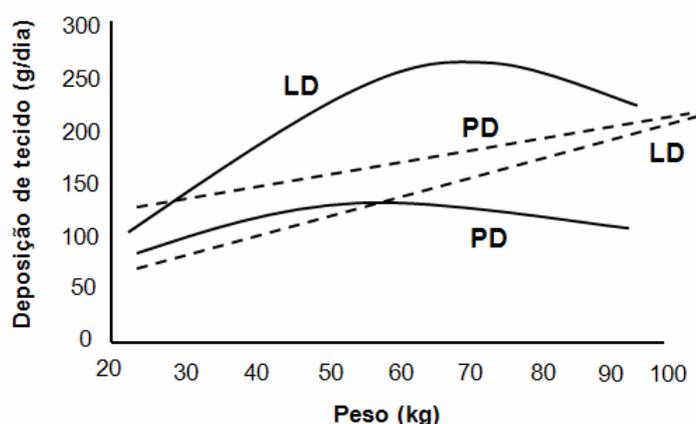


Figura 3 – Deposição de proteína (PD) e deposição de lipídio (LD) em suínos Large White castrados (-----) e suínos de linhagem comercial castrados (- - -) (Noblet et al., 1994).

Com relação ao efeito de genótipo, pode ser concluído que a exigência de lisina é maior para suínos selecionados para deposição de carne magra, ou mais precisamente, quando a relação de ganho de peso lipídio/proteína está reduzida.

Sistema Imune

O desenvolvimento da moderna suinocultura vem sendo caracterizado pela intensificação dos processos de criação, pelo aumento nos volumes de produção e pela demanda de maximização da eficiência técnico-econômica do investimento. Na medida em que se concretizou essa tendência da atividade suinícola pela intensificação e pelo crescimento em escala, fez-se necessário o desenvolvimento e a aplicação de técnicas que combatessem com eficácia o crescente desafio sanitário que, invariavelmente,

acompanha os modelos de produção animal intensiva. Embora fossem direcionadas para propósitos específicos, todas essas técnicas tinham por objetivo comum reduzir o grau de contato dos animais produzidos com diversos agentes potencialmente patogênicos.

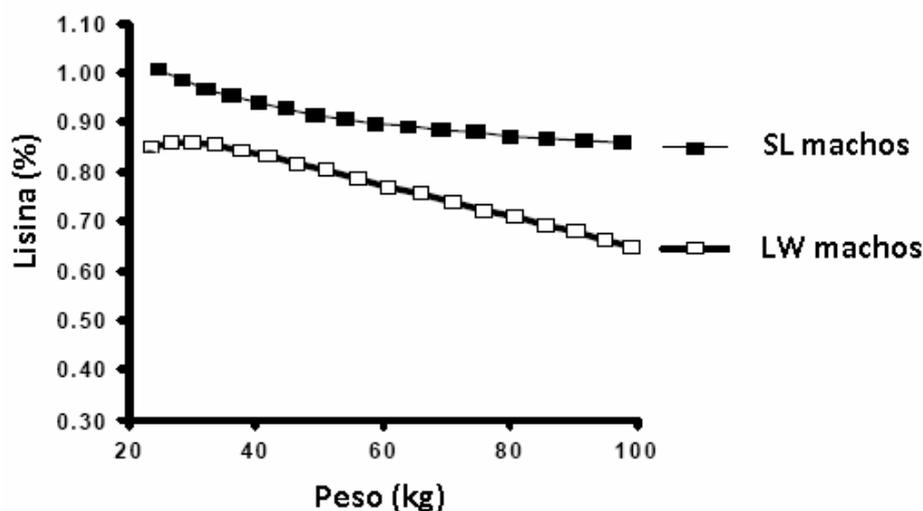


Figura 4 – Efeito do peso corporal (BW) e do genótipo sobre a exigência de lisina digestível (LW – Large White; SL – Linha Sintética) (Noblet et al., 1994).

Tabela 7 – Efeito da genética sobre o desempenho e exigência de lisina digestível dos 25 aos 90 kg de peso corporal

Genótipo	Linha Sintética	Large White
Sexo	Macho	Macho
Consumo de ED, MJ/d	26.8	27.6
Ganho PC, g/d	960	890
Ganho PTN, g/d	161	141
PTN no ganho de PC, %	16.8	15.9
Ganho de gordura, g/d	140	117
Exigência de Lisina		
g por dia	18.2	16.0
g por MJ ED	0.68	0.58
% da dieta	0.91	0.78
Coef. ganho de PTN	1.05	1.01
Coef. ganho de gordura	1.29	1.36

FONTE: Noblet et al. 1994

A correlação entre o estado de saúde e o desempenho zootécnico dos animais já é há muito reconhecida, mas foi só recentemente que as complexas interações entre o sistema imune e outros sistemas fisiológicos começaram a ser compreendidas (Johnson, 1997).

Existe a compreensão atual de que a resposta imune e a inflamação podem modificar as necessidades de alguns nutrientes (ex: aminoácidos), decorrentes das alterações metabólicas, e nesse sentido têm se intensificado os estudos no sentido de se estabelecer às exigências nutricionais dos suínos nestas situações.

Ao transferirmos a condição de estresse imunológico para o cenário da produção animal, há evidências científicas suficientes para concluir que a ativação do sistema imune resulta em prejuízo efetivo a diversas respostas zootécnicas estudadas (Williams et al. 1997a,b,c). Essa redução nos índices produtivos, observada durante e após o estresse imunológico, é coordenada pela liberação de mediadores protéicos, denominados citocinas. A resposta geral do sistema imune a um desafio antigênico é iniciada através da secreção de uma ampla variedade desses componentes mediadores. A liberação dessas citocinas ativa os componentes humoral (anticorpos) e celular (células fagocíticas) da resposta imune, além de alterar diversos processos endócrinos no organismo animal (Stahly, 1998).

Um dos fenômenos de grande importância que ocorre durante a resposta imune é o redirecionamento de nutrientes para atender a demanda de combate ao estímulo antigênico (Dee, 1999). Diversos nutrientes são mobilizados e deixam de atender funções produtivas anabólicas (deposição de proteína muscular, produção de leite) para atender à demanda sinalizada pelo sistema imune. O efeito pirogênico (febre), por exemplo, faz com que ocorra um aumento de 10 a 15% na taxa metabólica basal para cada 1°C de elevação na temperatura corporal. Essas mudanças metabólicas, mediadas pelas citocinas, fazem com que a glicose seja mobilizada em tecidos periféricos e direcionada para os sítios de geração da resposta imune. Além da mobilização de glicose, diversos outros eventos ocorrem para atender à demanda metabólica da resposta imune. Aminoácidos são mobilizados para a síntese aumentada de citocinas, imunoglobulinas, células de defesa, proteínas de fase aguda e outras demandas protéicas da resposta imune. Além disso, há um aumento na taxa de desaminação de aminoácidos para a produção de substrato suficiente para a gliconeogênese, visando atender à maior demanda por carboidratos de fácil utilização e, assim, suprir a necessidade energética do sistema imune ativado (Shurson & Johnston, 1998).

O simples fato de animais doentes não demonstrarem bom crescimento já é há muito tempo reconhecido. Está também constatado que o principal fator determinante dessa redução no desempenho ponderal é o baixo consumo, resultante da anorexia manifestada tipicamente no curso de uma doença (Kelley et al., 1993).

Além dos efeitos sobre o consumo voluntário, estão comprovadas diversas interferências das citocinas sobre outros sistemas fisiológicos, levando ao catabolismo muscular (proteólise), aumento na gliconeogênese, incremento da síntese hepática de proteínas de fase aguda, aumento na excreção de nitrogênio, inibição na síntese de hormônios anabólicos pela adeno-hipófise, entre muitos outros. Essa amplitude de ações interativas, mediadas pela rede citocínica, auxilia na compreensão dos mecanismos pelos quais os animais doentes têm seu desempenho negativamente afetado (Kelley et al, 1993; Webel et al, 1997). Na ocorrência de doenças infecciosas, os processos inflamatórios desencadeados podem resultar em diminuição no ganho de peso e na eficiência alimentar (Van Heutgen et al., 1994).

Diferentes trabalhos têm demonstrado os efeitos da ativação do sistema imune sobre o desempenho e características de carcaças dos suínos (van Heutgen et al. 1994;

Stahly et al. 1994). Avaliando o impacto da ativação do sistema imune sobre o desempenho de 96 suínos desmamados aos 21 dias de idade, van Heutgen et al. (1994) utilizaram a injeção de 200 mg/Kg de LPS (lipopolissacarídeos) como meio de ativação antigênica aguda, em dois momentos distintos do período de crescimento. Esses autores observaram redução de consumo durante os três dias seguintes à ativação aguda do sistema imune, chegando a 23% de redução após a primeira ativação com LPS. A eficiência alimentar foi reduzida em 45% e 15% da primeira para a segunda injeções antigênicas, respectivamente. A redução na magnitude do efeito é justificada pelos autores como sendo resultado do desenvolvimento de tolerância imunológica. Nesse experimento, os autores postulam ainda que a piora na conversão alimentar seria provavelmente, causada pelo aumento nas exigências de manutenção. Os suínos imunologicamente ativados teriam maior demanda nutricional para manutenção por apresentarem taxas de metabolismo basal aumentadas, em função da intensa atividade do sistema imune e de outros órgãos por ele acionados na resposta imunofisiológica. Já Stahly et al. (1995), demonstraram o efeito da ativação crônica do sistema imune sobre o desempenho e característica de carcaça dos suínos (Tabela 8).

Tabela 8 - Efeitos da ativação do sistema imune (ASI) sobre o desempenho e características de carcaças de suínos, dos 5 aos 30 kg

Característica	Ativação do sistema imune		Alteração (%)
	Baixa	Alta	
Consumo de ração (g/dia)	932	819	12,1
Ganho de peso (g/dia)	590	427	27,6
Conversão alimentar (g/g)	1,58	1,92	21,5
Proteína corporal (%)	15,7	13,8	12,1

FONTE: Adaptado de Stahly et al. (1995).

A composição em aminoácidos difere sensivelmente entre proteínas teciduais e aquelas ligadas a outras funções biológicas, dessa forma, as exigências não irão alterar-se de forma similar para os diferentes aminoácidos essenciais. Isso se explica pelo fato de a rede citocínica ser capaz de afetar anabolicamente alguns tecidos, como o fígado, enquanto em outros, como o músculo, promover o catabolismo. A lisina, por exemplo, é um componente majoritário de proteínas da musculatura (6,5 a 7,0%), mas é relativamente menos importante em proteínas com funções biológicas de manutenção (2,4%). Já com os aminoácidos sulfurados ocorre exatamente o contrário. Logo, aminoácidos como lisina e metionina irão ter seus requerimentos afetados sempre de forma distinta (Stahly, 1998).

Além da síntese de proteínas, determinados aminoácidos não essenciais estão envolvidos em importantes rotas metabólicas. Em situações especiais em que a síntese de um aminoácido não essencial é insuficiente para cobrir as necessidades de síntese de um metabólico importante, seria melhor considerá-los como condicionalmente essenciais (Obled, 2004). Cisteína, arginina e glutamina são os mais mencionados como condicionalmente essenciais nos estados inflamatórios

A ativação imunológica reduz a capacidade de deposição de proteína na carcaça. Como a exigência dietética de aminoácidos é fruto do potencial de deposição protéica

diária, conclui-se que a ativação imune reduz as exigências de ingestão diárias de alguns aminoácidos, como a lisina.

Em uma série de ensaios, Williams et al. (1997a,b,c) evidenciaram que os efeitos negativos sobre a deposição de proteína, decorrente da ativação do sistema imune, são consequência da alteração do metabolismo protéico do que da redução do consumo de alimento pelos animais. Isto faz com que essas alterações sejam provavelmente mais acentuadas nos animais com padrão genético superior.

Os dados contidos na tabela 9 ilustram o impacto da ativação imune no desempenho de suínos, dos 6 aos 27 Kg de peso vivo, submetidos a diferentes níveis de lisina.

Tabela 9 - Interações entre lisina dietética, grau de ativação do sistema imune (ASI), desempenho e deposição de proteína e gordura na carcaça de suínos, dos 6 aos 27 kg

		Níveis de lisina na dieta			
		0,6	0,9	1,20	1,50
Consumo de ração (g/dia)	↓ ASI	896	1025	1052	1002
	↑ ASI	889	954	889	911
Ganho de peso (g/dia)	↓ ASI	400	556	644	663
	↑ ASI	357	495	510	504
Eficiência alimentar (g/kg)	↓ ASI	445	544	613	662
	↑ ASI	395	522	581	565
Deposição de proteína (g/d)	↓ ASI	47,6	77,8	100,7	110,8
	↑ ASI	40,3	67,3	80,3	79,4
Deposição de gordura (g/d)	↓ ASI	106,6	101,7	86,4	79,3
	↑ ASI	97,3	90,0	69,0	71,0

FONTE: Adaptado de Williams et al. (1997a). Onde: ↓ ou ↑ ASI (baixa ou alta ativação crônica do sistema imune).

Observou-se efeito significativo da ativação imune sobre o ganho de peso diário e a eficiência alimentar, sendo que também foi significativo o efeito sobre o consumo de ração. Houve interação significativa entre nível de lisina e nível de ativação do sistema imune sobre o ganho de peso e a eficiência alimentar. Essa interação entre sistema imune e nível de lisina evidencia que animais com alta ou baixa ativação crônica do sistema imune reagem diferentemente a níveis crescentes de lisina. Os suínos com baixa ativação crônica responderam positivamente a maiores níveis de lisina (1,50% de Lis, com ingestão diária de 14,7 g) do que aqueles necessários para maximizar a resposta zootécnica dos suínos com alta ativação imune crônica (1,20% de Lis, com 8,8 g de ingestão diária). Esse resultado, juntamente com os dados de composição do ganho de peso (deposição de proteína, lipídeos e outros nutrientes), permitiram concluir sobre uma maior exigência nutricional de lisina dos suínos com baixa ativação imune e que isso

ocorreu em função de maior potencial intrínseco de deposição protéica desse grupo em relação aos suínos de alta resposta imune.

A ação da rede citocínica, desencadeada pela ativação do sistema imune, é o principal fator determinante do catabolismo observado no tecido muscular (Baker et al., 1999; Webel et al., 1997; Williams et al., 1997a,b,c). Esse catabolismo muscular libera aminoácidos para a síntese acelerada de proteínas de fase aguda e de outros componentes da resposta imune. Analisando um determinado genótipo e sexo, a ativação imunológica reduz a capacidade de deposição protéica na carcaça. Como a exigência dietética de aminoácidos é fruto do potencial de deposição protéica diária, conclui-se que a ativação imune reduz as exigências de ingestão diária de alguns desses aminoácidos, como a lisina (Baker et al., 1999).

Na Tabela 10 são sumarizados os dados obtidos por Williams et al. (1997 a,b,c), de eficiência alimentar e da estimativa de exigência de lisina (g/dia) para máxima eficiência alimentar de suínos de diferentes pesos corporais e com baixo e alto grau de ativação do sistema imunológico.

Tabela 10 - Impacto da ativação do sistema imune (ASI) sobre a eficiência alimentar e sobre a estimativa de exigência de lisina (g/dia) para maximizar a eficiência alimentar em suínos de diferentes pesos corporais.

Peso (kg)	ASI	Eficiência alimentar	Exigência de lisina (g/dia)	Alteração nas exigências (%)
7	↓ ASI	0,958	7,9	27,8
	↑ ASI	0,686	5,7	
25	↓ ASI	0,587	18,8	17,0
	↑ ASI	0,500	15,6	
32	↓ ASI	0,537	17,1	17,5
	↑ ASI	0,434	14,1	
60	↓ ASI	0,390	21,9	26,5
	↑ ASI	0,333	16,1	
88	↓ ASI	0,315	19,9	15,6
	↑ ASI	0,288	16,8	
102	↓ ASI	0,297	19,3	16,6
	↑ ASI	0,250	16,1	
Média				20,2

FONTE: Adaptado de Williams (1998)

Entretanto, ainda é comum a prática de incrementar os níveis de lisina ou proteína dietética em situações de estresse imunológico. Fica cada vez mais evidente que essa prática pode representar desperdício de recursos, uma vez que esses animais estão impedidos de responder a esses aumentos, pelo efeito citocínico (Baker et al., 1999). Por outro lado, está também claro, que animais de alto padrão sanitário (baixa ativação do

sistema imune) terão exigências maiores de determinados nutrientes para poderem maximizar a expressão de seu potencial genético (Williams, 1998).

Ambiente

Os suínos são animais homeotérmicos e, portanto, mantêm uma temperatura corporal relativamente constante, ajustando o calor produzido no metabolismo com o calor ganho do ambiente. Quando são mantidos em ambiente cuja temperatura está dentro da zona de termoneutralidade a produção de calor é relativamente estável. Por outro lado, animais alojados em temperaturas críticas, inferior ou superior, necessitam gastar energia para aquecer ou resfriar o corpo, respectivamente.

O ambiente térmico exerce importantes efeitos sobre a fisiologia e o metabolismo energético dos suínos em crescimento. Estes animais têm dificuldades em manter a homeotermia quando submetido a altas temperaturas, apresentando assim, queda no desempenho devido à redução no consumo e ao custo energético associado à dissipação do calor. Isto é particularmente importante para as atuais linhagens de suínos disponíveis no mercado, que ao apresentarem maior deposição de tecido magro, produzem elevada quantidade de calor metabólico, o que as tornam mais susceptíveis ao estresse por calor (Brown-Brandl et al., 2001).

Suínos submetidos a temperaturas ambientais efetivas fora da zona de conforto térmico apresentam mecanismos comportamentais, físicos e químicos que alteram as taxas metabólicas e, conseqüentemente, da produção de calor. A mudança no metabolismo ocasiona um desvio de nutrientes disponíveis para produção, reduzindo a taxa e a eficiência de sua utilização para o crescimento corporal, modificando a exigência nutricional dos animais.

O menor consumo de ração apresentado pelos suínos mantidos em ambientes com altas temperaturas determina reduções nas taxas de ganho de peso, elevando o tempo para atingirem a idade ao abate (White et al., 2000), em virtude das reduzidas taxa e eficiência de utilização dos nutrientes. Isto pode refletir exigências nutricionais diferenciadas segundo o ambiente térmico em que os animais estão mantidos. Abreu et al. (2002), afirma que condições ambientais adversas, principalmente relacionadas à temperatura, estão associadas à piora no desempenho dos suínos, principalmente pela redução no consumo de alimento e pelo custo energético, associados ao processo de termorregulação. Além do efeito causado pela redução do consumo, o efeito direto da temperatura sobre a utilização de nutrientes e a produção de calor pelos animais podem influenciar os parâmetros de desempenho e de carcaça dos animais.

As recomendações nutricionais para suínos têm sido obtidas, principalmente, em condições ambientais controladas. Os poucos estudos sobre as exigências de suínos mantidos em ambientes com temperatura elevada têm mostrado resultados contraditórios, o que pode justificar a necessidade de mais pesquisas nessa área. A grande dificuldade é isolar o efeito da temperatura do efeito da restrição alimentar provocada pelo aumento da temperatura.

A maioria dos estudos indica que o aumento da temperatura não tem efeito sobre a conversão alimentar (Rinaldo e Le Dividich, 1991; Katsumata et al., 1996; Le Bellego et al., 2002), o que evidencia que a variação negativa observada no ganho de peso em função da temperatura ambiente elevada, ocorre em razão da redução do consumo alimentar.

Segundo Noblet e Quiniou (2001) o efeito da temperatura ambiente elevada deveria ser relativamente equivalente ao da restrição alimentar e não modificar de maneira importante as necessidades diárias de lisina, uma vez que a deposição de proteína com o aporte energético seria pouco influenciada nessas condições. Nos estudos de White et al. (2000) com suínos de 90 a 126 kg, mantidos em ambientes distintos (18 e 32°C) os efeitos da lisina dietética sobre o desempenho dos animais foram independentes da temperatura ambiental. Da mesma forma, Ferguson et al. (2000), trabalhando com suínos em crescimento, verificaram que o consumo de alimento e a taxa de crescimento em resposta ao nível de lisina dietético foram independentes da temperatura ambiental.

Por outro lado, Schenk et al. (1992) avaliando o efeito da interação ambiente e balanço de aminoácidos em suínos na fase inicial de crescimento constataram que os animais mantidos em ambiente quente, recebendo rações deficientes em aminoácidos, obtiveram desempenho inferior quando comparados com animais mantidos em ambientes termoneutro e frio. Estes mesmos autores, estudando suplementação simultânea de níveis crescentes de lisina industrial e de gordura às dietas, constataram melhorias no desempenho de suínos em crescimento mantidos em altas temperaturas, quando foram aumentados os níveis de lisina na ração.

Estudos de exigências de aminoácidos para suínos mantidos em ambientes quentes são necessários para que se evitem queda no desempenho dos animais. Segundo Noblet et al. (2001), em ambiente quente, a deficiência de aminoácido pode acentuar a redução do consumo alimentar e, por consequência, aumentar a limitação de determinado aminoácido. Por outro lado, o excesso dos níveis de aminoácidos e/ou proteína, em ambiente quente, pode trazer problemas de estresse por calor, por meio do efeito térmico do alimento que é relativamente alto, em virtude do metabolismo protéico acentuado, o que resulta em redução do consumo de energia líquida, acentuando o déficit de energia. Isto pode ser comprovado pelos estudos anteriores de Stahly et al. (1979), que verificaram que dietas ricas em proteínas foram utilizadas menos eficientemente em ambiente quente que dietas com baixos níveis de proteína, suplementadas com lisina industrial.

Referencia Bibliográfica

ABREU, M.L.T.; DONZELE, J.L.; SUIDA, D. et al. Nutrição de suínos em climas quentes. In: I CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE SUINOCULTURA, Foz do Iguaçu, Anais... Foz do Iguaçu, 2002, p.200-217.

BAKER, D.; JOHNSON, R.W. Disease stress, cytokines and amino acid needs of pigs. **Pig News and Information**, v.20, n.4, p. 123N-124N, 1999.

BATTERHAM, E. S.; ANDERSEN, L. M.; BAIGENT, D. R.; WHITE, E. Utilisation of ileal digestible amino acids by growing pigs: effect of dietary lysine concentration on efficiency of lysine retention. **British Journal Nutrition**, Cambridge, v. 64, p. 81, 1990.

BELLAVER, C; VIOLA, E.S. Qualidade de carcaça, nutrição e manejo nutricional. In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 1997, Foz do Iguaçu-PR. **Anais...** Foz do Iguaçu: ABRAVES, 1997, p.152-158.

BROWN-BRANDL, T.M.; EIGENBERG, R.A.; NIENABER, J.A. et al. Thermoregulatory profile of a newer genetic line of pigs. **Livestock Production Science**, 71:253-260, 2001.

CAMPBELL, R.G.; TAVERNER, M.R. Genotype and sex effects on the relationship between energy-intake and protein deposition in growing-pigs. **Journal of Animal Science**. v.66, p.676-686, 1988.

CLAPPER, J.A., CLARK, T.M., REMPEL, L.A. Serum concentrations of IGF-I, estradiol- 17b, testosterone, and relative amounts of IGF binding proteins (IGFBP) in growing boars, barrows, and gilts. **Journal Animal Science**, 78:2581-2588, 2000.

CROMWELL, G.L.; CLINE, T.R.; CRENSHAW, J.D..The dietary protein and (or) lysine requirements of barrows and gilts. **Journal of Animal Science**, v.71, p.1510-1519, 1993.

DEE, S. Weaned pig immunology and stress. **Comp. Cont. Educ. Practic. Vet.**, v. 21, p. S144-S147, 1999. Suppl. 4, 1999.

De LANGE, C.F.M.; BIRKETT, S.H.; MOREL, P.C.H. Protein, fat, and bone tissue growth in swine. **In: LEWIS, A.J & SOUTHERN, A.J. Swine Nutrition**, CRC Press LLC, USA, p.65-81, 2001.

DONZELE, J.L.; FREITAS, R.T.; LOPES, D.C. Níveis de lisina para suínos machos inteiros de 30 a 60 kg de peso vivo. **In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29^a**, 1992, Lavras-MG, **Anais...**, p.354, 1992 a.

DONZELE, J.L.; FREITAS, R.T.; LOPES, D.C. Níveis de lisina para leitoas da raça Landrace dos 30 a 60 kg de peso vivo. **In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29^a**, 1992, Lavras-MG, **Anais...**, p.354, 1992b.

EKSTROM, K.E. Genetic and sex considerations in swine nutrition. **In: MILLER, E.R., ULLREY, D.E., LEWIS, A.J. Swine Nutrition**, Butterworth-Heinemann, USA, p.415-424, 1991.

FERGUSON, N.S.; ARNOLD, G.A.; LAVERS, G. et al. The response of growing pigs to amino acids as influenced by environmental temperature. **Animal Science**, 70: 299-306. 2000.

FONTES, D.O. **Lisina para leitoas selecionadas geneticamente para deposição de carne magra na carcaça, dos 15 aos 95 kg**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 101 p. Dissertação (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1999.

FONTES, D.O.; DONZELE, J.L.; FERREIRA, A.S. et. al. **Níveis de lisina para leitões selecionadas geneticamente para deposição de carne magra, dos 60 aos 95 kg.** Revista Brasileira de Zootecnia, n.29, v.3, p.784-793, 2000.

FORD, J.J., KLINDT, J. Sexual differentiation and the growth process. In: CAMPION, D.R., HAUSMAN, G.J., MARTIN, R. **Animal Growth Regulation**, Plenum Press. NY, p.317-336, 1989.

FULLER, M.F. Macronutrient requirements of growing swine. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 1996, Viçosa, MG, **Anais...**, Viçosa:UFV, 1996. p. 205-221.

GASPAROTTO, L.F.; MOREIRA, I.; FURLAN, A.C., et al. Exigência de lisina, com base no conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados de dois grupos genéticos, na fase de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.30, p.1742-1749, 2001.

JOHNSTON, M. E.; BOYD, R. D.; USRY, J. L. Sulfur amino acids to lysine ratio that optimizes performance in growing pigs. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.78, Suppl. 1, p.58 , 2000.

JOHNSON, R. Inhibition of growth by pro-inflammatory cytokines: an integrated view. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 1244-1255, 1997

KATSUMATA, M.; KAJI, Y.; SAITOH, M. Growth and carcass fatness responses of finishing pigs to dietary fat supplementation at a high ambient temperatura. **Animal Science**, 62:591-598, 1995.

KELLEY, K.W.; KENT, S.; DANTZER, R., 1993. Why sick animals don't grow: na immunological explanation. In: HOLLIS, G.R. (Ed.). **Growth of the Pig**. Wallingford: CAB International, p. 119-132, 1993.

KESSLER, A.M. Exigências nutricionais para máximo rendimento de carne em suínos. In: SIMPÓSIO SOBRE RENDIMENTO E QUALIDADE DA CARNE SUÍNA, 1998, Concórdia-SC, **Anais...**Concórdia, 1998. p.18-25.

KNABE, D.A. Optimizing the protein nutrition of growing-finishing pigs. **Livestock Production Science**, v.60, p.331-341, 1996.

KYRIAZAKIS, I. **A quantitative biology of the pig**. CAB International, Wallingford, England, 1999, 400p.

LE BELLEGO, I.; VAN MILGEN, J.; DUBOIS, S. et al. Effect of high temperature and low-protein on the performance of growing-finishing pigs. **Journal Animal Science**, 80:691-701, 2002.

MIYADA, V.S. Fatores que influenciam as exigências nutricionais dos suínos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 1996, Viçosa, MG, **Anais...Viçosa:UFV**, 1996.

MORETTO, V. **Níveis de lisina para suínos, da raça landrace, de 15 a 30 kg de peso.** Viçosa, MG: UFV, 1998, 48p. Tese (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1998.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC.Comittee Animal Nutrition. **Nutrient requirements of swine.** 10 ed. Washingorn: National Academic Press, 1998. 189p.

NOBLET, J.; LE BELLEGO, L.; VAN MILGEN, J. et al. Effects of reduced dietary protein level and fat addition on heat production and nitrogen and energy balance in growing pigs. **Animal production**, 50:227-238, 2001.

NOBLET, J., QUINIOU, N. Principais fatores de variação das necessidades de aminoácidos dos suínos em crescimento. I WORKSHOP LATINO-AMERICANO AJINOMOTO BIOLATINA. **Anais. . .** Foz do Iguaçu,PR-Brasil, p. 134-142, 2001.

NOBLET, J., SHI, X.S., DUBOIS, S. Effect of body weight on net energy value of feeds for growing pigs. **Journal of Animal Science**, 72:645-657, 1994.

OBLED, C. Necessidades de aminoácidos em estados inflamatórios. **Avances enTecnologia Porcina.** v.1, p. 4-20, 2004.

OWENS, P.C., GATFORD, K.L., WALTON P. E., MORLEY, W., CAMPBELL, R.G. Relationship between endogenous insulin-like growth factors and growth in pigs. **Journal of Animal Science**, 77:2098-2103, 1999.

PUPA, J.M.R., ORLANDO, U.A.D., DONZELE, J.L. Requerimentos nutricionais de suínos nas condições brasileiras. In: I WORKSHOP LATINO-AMERICANO AJINOMOTO BIOLATINA. **Anais. . .** Foz do Iguaçu-PR, p.143-153. 2001.

PUPA, J.M.R.; TEIXEIRA, A.O.; NOGUEIRA, E.T.; LOPES, D.C. Atualização sobre nutrição de suínos em crescimento e terminação. **In:** CONGRESSO LATINO AMERICANO DE SUINOCULTURA, I 2002, Foz do Iguaçu, PR. **Anais....**Foz do Iguaçu, 2002, p.145-164.

QUINIOU, N.; NOBLET, J.; DOURMAD, J.Y. et al. Influence of energy supply on growth characteristics in pigs and consequences for growth modeling. **Livestock Production Science**, v. 60, p.317-328, 1999.

RINALDO, D.; LE DIVIDICH, J. Assessment of optimal temperature for performance and chemical body composition of growing pigs. **Livestock Production Science**, 29:61-75, 1991.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**: Viçosa, MG:UFV, 2005. 186p.

SCHENCK, B.C.; STAHLY, T.S.; CROMWELL, G.L. interactive effects of thermal environmental and dietary lysine and fat levels on rate and efficiency, and composition of growth of weaning pigs. **Journal Animal Science**, 70:3791-3802, 1992.

SCHINCKEL, A.P.; EINSTEIN, M.E. Concepts of pig growth and composition. 2000. Disponível em: www.anse.purdue.edu/swine/porkpage/growth/pubs , (acessado em 18/03/2007).

SCHINCKEL, A.P.; PRECKEL, M.E.; EINSTEIN, M.E. Prediction of daily protein accretion rates of pigs from estimates of fat-free lean gain between 20 & 120 kilograms live weight. **Journal of Animal Science**, v.74, p.498-503, 1996.

SHURSON, J.; JOHNSTON, L. Swine nutrition and health connections. In: ALLEN D. LEMAN SWINE CONFERENCE, 25., 1998, St. Paul. **Proceedings...** St. Paul: University of Minnesota, 1998. p. 77-95, 1998.

SOUZA, A.M. **Exigências nutricionais de lisina para suínos mestiços, de 15 a 95 kg de peso**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 81p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.

STAHLY, T.S. Impact of immune system activation on growth and optimal dietary regimens of pigs. **The Pig Journal**, v. 41, p. 65-74, 1998

STAHLY, T.S., WILLIAMS, N.H.; ZIMMERMAN, D.R. Impact of tylosin on rate, efficiency and composition of growth in pigs with a low and high level of immune system activation. **Journal of Animal Science**, v. 73 (suppl. 1): 84, 1995.

STAHLY, T.S.; WILLIAMS, N.H.; SWENSON, N.H. Impact of genotype and dietary regimen on growth of pigs from 6 to 25 kg. **Journal of Animal Science**, v.72 (Suppl. 1), p.165, 1994.

STAHLY, T.S. Amino acids in growing, finishing, and breeding swine. In: NATIONAL FEED INGREDIENT ASSOCIATION NUTRITION INSTITUTE, Chicago, 1991. **Proceedings**. Chicago: IL, p.48-60, 1991.

STAHLY, T.S.; CROMWELL, G.L. Effects of environmental temperature and dietary fat supplementation on the performance and carcass characteristics of growing and finishing swine. **Journal of Animal Science**, 49:1478-1485, 1979.

SUIDA, D. Proteína ideal, energia líquida e modelagem. In: I Simpósio Internacional de Nutrição Animal. **Anais...**Santa Maria – RS, 2001.

TOMAS, F.M., KNOWLES, S.E., OWENS, P.C., CHANDLER, C.S., FRANCIS, G.L., READ, L.C., BALLAND, F.J. Insulin-like growth factor-I (IGF-I) and especially IGF-I variants are anabolic in dexamethasone-treated rats. **Biochemistry Journal**, 282:91-97, 1992.

VAN HEUTGEN, E.; SPEARS, J.W.; COFFEY, M.T. The effect of dietary protein on performance and immune response in weanling pigs subjected to an inflammatory challenge. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 2661-2669, 1994.

XUE, J.L.; DIAL, G.D.; PETTIGREW, J.E. Performance, carcass, and meat quality advantages of boars over barrow: a literature review. **Swine Health and Production**, v.5, p.21-28, 1997.

YEN, H.T.; COLE, D.J.A.; LEWIS, D. Amino acid requirements of growing pigs. 7. The response of pigs from 25 to 55 kg live weight to dietary ideal protein. **Animal Production**, v.43, p.141-154, 1986.

WEBEL, D.M. Time course of increased plasma cytokines, cortisol and urea nitrogen in pigs following intraperitoneal injection of lipopolysaccharide. **Journal of Animal Science**, v.75, p. 1514-1520, 1997.

WILLIAMS, N.H.; STAHLY, T.S.; ZIMMERMAN, D.R. Effect of chronic immune system activation on the rate, efficiency and composition of growth and lysine needs of pigs fed from 6 to 27 Kg. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 2463-2471, 1997a.

WILLIAMS, N.H.; STAHLY, T.S.; ZIMMERMAN, D.R. Effect of chronic immune system activation on body nitrogen retention, partial efficiency of lysine utilization and lysine needs of pigs. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 2472-2480, 1997b.

WILLIAMS, N.H.; STAHLY, T.S.; ZIMMERMAN, D.R. Effect of level of chronic immune system activation on the growth and dietary lysine needs of pigs from 6 to 112 Kg. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 2481-2496, 1997c.

WILLIAMS, N.H. Impact of immune system activation on pig growth and amino acid needs. In: WISEMAN, J.; VARLEY, M.A.; CHADWICK, J.P. (Ed.) *Progress in Pig Science*. Nottingham: University Press, p. 583-588, 1998.

WHITTE, D.O.; ELLIS, M.; McKEITH, F.K. et al. Effect of dietary lysine level and environmental temperature during the finishing phase on the intramuscular fat content of pork. **Journal of Animal Science**, 78:1272-1276. 2000.

WHITTEMORE, C. **The science and practice of pig production**. 2a ed London, UK: Blackwell Science, 1998, 624p.