



Avanços metodológicos na avaliação de alimentos e de exigências nutricionais para aves e suínos

Horacio S. Rostagno¹, Silvano Bünzen², Nilva K. Sakomura³ e Luiz F.T. Albino¹

1 - Professor Titular, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil. 36571-000.

2 - Estudante de Doutorado em Zootecnia, UFV.

3 - Professora Titular, UNESP, Jaboticabal, SP.

RESUMO - A produção industrial de aves e suínos mostrou enormes avanços nos últimos anos, principalmente devido ao aumento dos conhecimentos na área de genética e de nutrição. Na área de avaliação dos alimentos e das exigências nutricionais de animais monogástricos, as melhoras se dão a passos largos, devido à seriedade com que os profissionais encaram a responsabilidade de fazer pesquisa de qualidade dentro e fora do país. Neste trabalho serão abordadas as metodologias que permitem melhorar a utilização dos alimentos de maneira mais eficiente e econômica. Serão citados alguns cuidados e procedimentos essenciais para executar adequadamente experimentos de desempenho com aves e suínos. Na atualidade, para a realização de experimentos com monogástricos, é necessário: definir claramente os objetivos, utilizar animais com peso inicial uniforme, usar número adequado de repetições e de animais por unidade experimental. Testes de médias devem ser usados para as variáveis qualitativas e quando a variável independente for quantitativa aplicar análise de regressão. O nível de significância utilizado (5, 7, 10%) pode variar conforme a importância econômica da característica estudada. A adequada condução dos ensaios, sejam de crescimento ou de digestibilidade, é fundamental para que as ferramentas apresentadas possam ter efetividade, resultando na melhora da produtividade e na redução dos custos e da excreção de nutrientes.

Palavras-chaves: alimentos, exigências, metodologias, monogástricos

Methodological improvements in feedstuffs evaluation and nutritional requirements for poultry and swine

ABSTRACT - Swine and Poultry production showed enormous progress in the last few years, mainly due to the increased knowledge in genetics and nutrition. In the area of feedstuffs evaluation and nutritional requirements the improvement also was big due to the seriousness of the professionals to make high quality research in Brazil and abroad. This paper shows methodologies that can improve feedstuffs utilization more efficiently with lower costs. Procedures are described for adequate execution of growth experiments with poultry and swine. Actually, to run experiments with monogastric animals it is important to: define clearly the objectives, utilize animals with uniform starting weight, to use adequate number of replicates and animals per experimental unit. Mean test comparison should be used for qualitative variable and regression analysis when the independent variable is quantitative. The level of significance applied may vary (5, 7, 10%) depending upon the economic importance of the parameter evaluated. Adequate execution of growth or digestibility trials is of fundamental importance for the recommendations made in this paper to be effective and result in increased productivity and reduction of costs and nutrient excretion.

Key words: feedstuffs, methodologies, monogastrics, requirements

Introdução

A produção industrial de aves e suínos sofreu enormes avanços nos últimos anos, assumindo caráter de importância fundamental para a economia de nosso país. Grande parte deste crescimento está

associada ao conhecimento do valor nutricional dos ingredientes das rações e das exigências nutricionais dos animais nas diferentes fases produtivas, bem como em melhorias de manejo e ambiência.

O objetivo principal é o aumento da produtividade de aves e suínos, via melhora do desem-

penho utilizando mais eficientemente nas rações, alimentos tradicionais e alternativos. Simultaneamente, as exigências nutricionais dos animais deveriam ser adequadamente ajustadas para evitar o excesso de nutrientes nas dietas que são eliminados nas fezes e urina, podendo contaminar o solo e as reservas de água.

Dessa forma, é preciso que as pesquisas na área da nutrição animal levem em consideração fatores que possam interferir nos resultados dos experimentos, incluindo genética animal, ambiente e manejo, de modo a aumentar a confiabilidade dos resultados, e buscando sempre avançar no conhecimento das metodologias usadas na avaliação dos alimentos e na determinação das exigências nutricionais de aves e suínos.

Composição e valor nutritivo dos alimentos

Conteúdo de aminoácidos

Na elaboração de rações para animais monogástricos é de fundamental importância o conhecimento do valor nutricional dos alimentos, representado pelo conteúdo de aminoácidos, coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e valores energéticos. Estes valores possibilitam a elaboração de rações otimizando o aproveitamento dos nutrientes pelos animais, evitando deficiências ou excesso de nutrientes, o que tanto auxilia na diminuição de custos, quanto na excreção de nutrientes no ambiente.

O conteúdo de aminoácidos dos alimentos pode ser determinado mediante o analisador de aminoácidos, metodologia demorada e de alto custo. Na atualidade, opção mais viável utilizada por várias empresas é o equipamento NIRS (Near Infra Red Spectrometry), ou seja, aparelho de Refletância no Infravermelho Próximo. O funcionamento do NIRS baseia-se na absorção de energia monocromática infravermelha, por ligações químicas dos grupos funcionais dos nutrientes. O espectro obtido é relacionado com uma amostragem padrão, mediante a utilização de equações de predição pré-estabelecidas. São necessárias no mínimo 60 amostras de cada alimento para elaborar as equações de calibração do aparelho.

O uso do NIRS para estimar o conteúdo de aminoácido total dos alimentos é uma ferramenta importante para a indústria de rações, pois é rápida e

de baixo custo, tornando a formulação mais precisa que em termos de conteúdo de aminoácido total. Entretanto, a introdução de maior número de variáveis (digestas) proporciona maior variação, sendo necessário descartar aproximadamente 10% das amostras avaliadas, cujos espectros estejam considerados fora do padrão (Jackson & Dalibard, 1995).

Digestibilidade dos nutrientes - aminoácidos

Os valores de nutrientes digestíveis são normalmente encontrados nas tabelas de composição de alimentos (NRC, CVB, Rostagno *et al.*, 2005). No entanto, devido à variação das condições experimentais (idade dos animais, genótipo, nível de alimentação) muitas destas tabelas apresentam informações distintas, o que sugere a necessidade de utilizar valores adequados às condições brasileiras para permitir a expressão do potencial máximo de crescimento dos animais (Abreu *et al.*, 2004).

O valor nutritivo da proteína de um alimento depende de sua composição em aminoácidos, de sua digestibilidade e disponibilidade. Os ensaios para estimar a disponibilidade de aminoácidos são baseados em ensaios de crescimento e, embora determinem valores mais precisos, uma vez que representam a porção que realmente está sendo utilizada pelos animais, apresenta limitações quanto ao uso, exigindo ensaios com duração maior de tempo e fornecem ainda informações de apenas um aminoácido por ensaio. Este é o principal motivo que torna os valores de aminoácidos digestíveis mais utilizados.

A digestibilidade dos aminoácidos, por sua vez, procura avaliar a diferença entre a quantidade dos aminoácidos ingeridos e os que são excretados. No entanto, por haver influência (síntese ou destruição de aminoácidos) dos microorganismos presentes no intestino grosso do animal, a melhor opção foi de estimar a digestibilidade dos aminoácidos na porção terminal do íleo, cujo conteúdo ainda não sofreu interferência da flora intestinal. Os valores são expressos em digestibilidade ileal verdadeira dos aminoácidos, com a correção pelas perdas endógenas de aminoácidos, provenientes das enzimas, mucinas e células intestinais de descamação.

Várias metodologias são usadas para a obtenção dos coeficientes de digestibilidade

verdadeira dos aminoácidos. Para aves, normalmente se utilizam frangos em crescimento com a metodologia do sacrifício e coleta do conteúdo de digesta na porção terminal do íleo. Outra opção é a utilização de galos adultos cecectomizados (Pupa *et al.*, 1998). Em suínos, utilizam-se animais canulados na porção final do íleo, ou a técnica da anastomose íleo-retal, evitando-se assim, a influência dos microorganismos presentes no intestino grosso. Na Tabela 1 são mostrados os valores de aminoácidos digestíveis verdadeiros determinados com aves e suínos.

Vários experimentos mostraram que as rações calculadas usando dados de aminoácidos digestíveis verdadeiros resultam em melhor desempenho dos animais e maiores benefícios econômicos (Rostagno *et al.*, 1995).

Digestibilidade dos nutrientes – fósforo

O mineral fósforo, além de ser o terceiro nutriente mais oneroso nas rações para monogástricos, atrás de proteína e energia, tem sido considerado um dos nutrientes mais poluidores. Tal fato reside em grande parte pelo baixo aproveitamento do fósforo das fontes vegetais pelas aves e suínos, exigindo a suplementação de fontes inorgânicas de fósforo, o que leva a formulação de dietas com alto conteúdo de fósforo total e, conseqüentemente, altas excreções nos dejetos.

Várias pesquisas têm sido conduzidas a fim de determinar a digestibilidade e/ou disponibilidade do fósforo nos diversos alimentos

utilizados nas rações de aves e suínos. Jongbloed *et al.* (1992) cita que a digestibilidade é uma metodologia prática e rápida para determinar a digestibilidade do fósforo nos alimentos, através da condução de ensaios em gaiolas metabólicas, uma vez que, para avaliar a disponibilidade deste mineral utilizam-se ensaios de crescimento que demandam maior tempo e número de animais, além do sacrifício destes para avaliar a deposição do mineral nos tecidos (ossos).

Os ensaios para determinação de digestibilidade do fósforo nos alimentos são conduzidos em gaiolas metabólicas, de forma semelhante à determinação dos valores energéticos dos alimentos, realizando a coleta de fezes ou de digesta, para análise da quantidade de fósforo excretado. Posteriormente, mediante a determinação do fósforo ingerido menos o excretado, determina-se a quantidade absorvida de cada alimento. Na Tabela 2 são mostrados os coeficientes de digestibilidade do fósforo, de alguns alimentos, determinados com aves e suínos.

Valor energético dos alimentos

O valor energético dos alimentos, estimado via ensaios de digestibilidade, utilizando gaiolas de metabolismo (no caso de suínos) ou em baterias metálicas (aves) onde, após o fornecimento das dietas experimentais são coletadas as fezes e urina e/ou excretas. As dietas e o material coletado são analisados em bomba calorimétrica, fornecendo o valor de energia bruta (EB). A segunda etapa

Tabela 1 - Conteúdo e coeficiente de digestibilidade ileal verdadeira dos aminoácidos de alguns alimentos para aves e suínos (matéria natural, %).

	Lisina			Treonina		
	Total	DigestívelAves	DigestívelSuínos	Total	DigestívelAves	DigestívelSuínos
Milho	0,24	0,21 (85,9)	0,19 (79,8)	0,32	0,27 (83,8)	0,26 (81,0)
Sorgo	0,20	0,17 (84,8)	0,16 (79,4)	0,31	0,26 (85,4)	0,25 (83,6)
Flo de Soja	2,77	2,55 (92,2)	2,53 (91,3)	1,78	1,57 (88,6)	1,55 (87,3)
Flo de trigo	0,62	0,47 (75,5)	0,46 (74,6)	0,51	0,37 (72,1)	0,37 (71,4)

Adaptado de Rostagno *et al.*, 2005.

Tabela 2 - Coeficientes de digestibilidade do fósforo em alimentos para aves e suínos (matéria natural, %).

	Conteúdo de P total	Coeficiente de Digestibilidade Suínos		Coeficiente de Digestibilidade Aparente – Aves ¹
		Aparente ¹	Verdadeiro ²	
Milho	0,24	20	68	30
Farelo de Soja	0,59	39	52	42
Farelo de Trigo	0,94	30	56	37
Fosfato Bicálcico	18,50	70	66	90

1 - Adaptado de CVB, 1998. 2 - Adaptado de Bünten *et al.*, 2006.

consiste em calcular os valores de energia digestível (ED) do alimento, subtraindo o valor de EB encontrada nas fezes. Os valores de energia metabolizável (EM) são obtidos pela diferença entre a ED e as perdas de energia na urina.

O conhecimento das exigências nutricionais e do aproveitamento dos nutrientes pelos animais tem evoluído para uma tendência em usar valores de energia líquida dos alimentos, através de equações propostas inicialmente por Noblet *et al.* (1994), porque parte da EM se perde nos trabalhos de digestão, absorção e metabolismo dos nutrientes na forma de incremento calórico (IC). A energia líquida é calculada por modelos matemáticos que estimam o gasto energético do incremento calórico (EM – IC) da proteína, carboidratos e gorduras.

Tendências atuais têm proposto, no caso de suínos, a diferenciação dos valores de energia líquida para suínos em crescimento e porcas adultas (gestantes e lactantes), principalmente para alimentos fibrosos, uma vez que, por possuírem maior tamanho do trato gastrointestinal, ocorre maior fermentação dos microorganismos no intestino grosso, produzindo ácidos graxos voláteis que são aproveitados como fonte de energia pelos suínos (Noblet *et al.*, 2004).

As análises dos laboratórios de controle de qualidade das indústrias são pouco usadas para corrigir o valor nutritivo dos ingredientes. Para a indústria de rações o uso de equações é de extrema importância, não somente para determinar o valor energético dos alimentos, mas também para realizar os ajustes necessários de acordo com a variação da composição, principalmente de proteína, gordura e fibra dos ingredientes. O uso de equação de predição da energia permite maximizar a utilização dos dados de composição obtidos mediante análises laboratoriais de rotina.

Rostagno *et al.* (2005) publicaram equações para estimar os valores energéticos dos alimentos, para aves e suínos, que podem ser usadas para corrigir e ajustar as matrizes de energia pelos nutricionistas da indústria de rações (Tabela 3). Para facilitar o uso das equações foi desenvolvido o programa Calculador, em planilhas formato Excell, encontrado no CD que acompanha as Tabelas Brasileiras, bastando introduzir os dados de composição que a energia do alimento, para aves e suínos, é calculada.

Exemplos do uso das equações usando o programa Calculador são mostrados na Tabela 4, onde a redução do conteúdo de 1% da proteína e da gordura do milho, comparado aos valores calculados das Tabelas Brasileiras, resultou no decréscimo de 123 e 122 kcal de EM/kg para aves e suínos, respectivamente. Entretanto o aumento de 2% da proteína e da gordura da farinha de carne e ossos mostrou valores de 168 e 159 kcal de EM/kg superiores para aves e suínos, respectivamente. Os ajustes dos valores energéticos das rações, de acordo com a composição dos ingredientes, resultarão em desempenhos mais facilmente previsíveis

Experimentos de desempenho

Distribuição dos Animais

Pesquisas envolvendo ensaios de produção com animais para avaliar características de desempenho exigem cuidados fundamentais, como o planejamento criterioso do experimento, definição dos objetivos (hipóteses a serem testadas e/ou efeitos a serem estimados), revisão de literatura que permita a obtenção de conhecimentos prévios relacionados ao assunto, escolha das variáveis avaliadas, aplicação correta de técnicas estatísticas e interpretação dos resultados.

Tabela 3 - Equações para estimar os valores de energia dos alimentos para aves e suínos

Aves	
Alimentos de origem vegetal	$EM_n = 4,31 PBd + 9,29 Gd + 4,14 ENNd$
Alimentos de orig, animal e gorduras	$EM_n = 4,31 PBd + 9,29 Gd$
Suínos	
Alimentos de origem vegetal	$EM = 4,952PBd + 9,45Gd + 4,14(MOd - PBd - Gd)$
Alimentos de origem animal	$EM = 4,952 PBd + 9,45 Gd$
Gorduras e Carboidratos	$EM = 0,965 ED$
$EL = 0,73 EM + 13,1 G + 3,7 A - 6,7 PB - 9,7 FB$	
EM = Energia metabolizável, kcal/kg	EL= Energia Líquida, kcal/kg
PBd = Proteína Digestível, g/kg	G = Gordura, %
Gd = Gordura Digestível, g/kg	PB = Proteína, %
MOd = Matéria Orgânica Digestível, g/kg	FB = Fibra Bruta, %
	A = Amido, %

Tabela 4 - Cálculo dos valores energéticos dos alimentos para aves e suínos usando equações (Rostagno *et al.*, 2005).

Nutriente	Milho		Farinha de Carne e Ossos	
	Tab. Bras.	Novo ¹	Tab. Bras.	Nova ²
Proteína, %	8,26	7,26	41,00	43,00
Gordura, %	3,61	2,61	11,04	13,04
Fibra, %	1,73	2,73	—	—
EM aves, kcal/kg	3379	3256	1941	2109
EM suínos, kcal/kg	3390	3268	2065	2224
EL suínos, kcal/kg	2681	2587	1377	1506

1 - Redução de 1% da proteína e gordura e aumento de 1 % da fibra. 2 - Aumento de 2% da proteína e gordura. Os outros nutrientes iguais aos das Tabelas Brasileiras.

A existência de instalações apropriadas contendo número suficiente de unidades experimentais (boxes, baias, gaiolas), que proporcionem condição ambiental uniformes, bem como a existência de máxima homogeneidade entre os animais, permite a escolha de um delineamento inteiramente casualizado. Em contrapartida, instalações físicas que não apresentem controle adequado das condições ambientais internas, animais com pesos iniciais ou genótipos diferentes, resultam em variações que se não forem devidamente controladas, podem alterar o efeito de significância do experimento. Neste caso, deve-se optar pela escolha do delineamento em blocos casualizados, separando os animais em blocos segundo o ambiente (ex. frio e calor), ou segundo o peso (ex. bloco de animais pesados e bloco de animais leves), o que resultará na redução da variação do experimento.

Atualmente, as novas tecnologias aplicadas na área da nutrição animal permitem ganhos adicionais do desempenho na ordem de 2 a 3%. Embora pareçam ganhos pequenos, se considerarmos o número de milhares de animais existentes nas unidades produtivas, estes ganhos adquirem importância fundamental no âmbito econômico. No entanto, tais diferenças ao nível de pesquisa só podem ser detectadas se as variações existentes forem controladas ao máximo, garantido que as diferenças encontradas sejam realmente atribuídas ao efeito do tratamento.

Desta forma, é preciso que sejam definidas no planejamento, além das características avaliadas, a unidade experimental, o número de animais por unidade experimental e o número de repetições por tratamento, possibilitando que as variações entre as unidades experimentais (erro experimental), sejam as menores possíveis.

Para frangos de corte, suínos em crescimento e galinhas poedeiras a unidade experimental (UE) geralmente é boxe, baia ou gaiola, e o número de animais de cada UE irá depender da característica avaliada. No caso de frangos de corte, para avaliar características como ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar, a unidade experimental deve conter dezenas de frangos e, se as características avaliadas forem relacionadas à carcaça, como rendimento, percentagem de peito ou de coxas, o número de aves na unidade experimental pode ser reduzido uma vez que estas características não sofrem tanto o efeito do ambiente.

A uniformidade dos animais, com peso similar, mesmo sexo e mesma idade, é outro pré-requisito fundamental na formação das unidades experimentais. O objetivo é agrupar animais o mais uniformes possíveis, para que todos iniciem o experimento com as mesmas características. Pintos de 1 dia geralmente são mais uniformes e estão disponíveis em maiores quantidades, o que facilita a padronização na formação das UEs. Para animais cuja variação de peso é maior, como suínos e aves de postura, deve-se primeiramente uniformizar os pesos médios das parcelas e em seguida, realizar a distribuição por faixas de peso.

Adotando como exemplo um experimento composto de três tratamentos com oito repetições, totalizando 24 unidades experimentais de 20 pintos machos, cujo peso inicial possui alta variação (Tabela 5). Todos os pintos devem ser pesados com uma balança de divisão de uma grama e colocados em 9 caixas. Os pintos selecionados nas caixas 3 até 7, deverão ser distribuídos nas 24 unidades experimentais, resultando em pesos médios entre 41,15 a 41,65 gramas (Tabela 6). Outra opção de distribuição das aves nas UEs seria distribuir os

Tabela 5 - Distribuição de pintos em caixas segundo o peso.

Caixa Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Peso(g)	<35	36-37	38-39	40-41	42-43	44-45	46-47	48-49	>50	
Pintos	8	23	97	177	154	80	36	16	9	600
1)Pintos	0	0	72(3)	168(7)	144(6)	72(3)	24(1)	0	0	480
2)Pintos BL	0	0	72(6)	168(14)	0	0	0	0	0	240
2)Pintos BP	0	0	0	0	144(12)	72(6)	24(2)	0	0	240

(x) número de aves por boxe. BL= Bloco Leve; BP= Bloco Pesado. Adaptado de Euclides & Rostagno (2001).

Tabela 6 - Médias de pesos de pintos para os tratamentos e repetições para o modelo inteiramente casualizado ou para o modelo de blocos casualizados.

Repetição	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3
1 (B1.1)	41,40 (39,9)	41,25 (39,9)	41,40 (39,9)
2 (B1.2)	41,15 (39,9)	41,60 (39,9)	41,65 (39,9)
3 (B1.3)	41,60 (39,9)	41,65 (39,9)	41,45 (39,9)
4 (B1.4)	41,35 (39,9)	41,40 (39,9)	41,45 (39,9)
5 (B2.1)	41,35 (43,5)	41,55 (43,5)	41,25 (43,5)
6 (B2.2)	41,20 (43,5)	41,30 (43,5)	41,45 (43,5)
7 (B2.3)	41,60 (43,5)	41,25 (43,5)	41,45 (43,5)
8 (B2.4)	41,25 (43,5)	41,25 (43,5)	41,25 (43,5)
Média	41,36	41,41	41,42

Obs – Os pesos entre parênteses são simulados tendo como base os pesos apresentados na tabela 5. Adaptado de Euclides & Rostagno (2001).

pintos em dois blocos, leves (BL) e pesados (BP), e analisar o experimento como blocos casualizados.

A variação existente dentro das unidades experimentais, independentes do efeito dos tratamentos, é conhecida como erro experimental. O aumento do número de animais nas unidades experimentais, bem como no número de repetições, visa à diminuição do quadrado médio do resíduo (QMR), pela distribuição das possíveis variações existentes entre o maior número de animais, reduzindo assim o erro experimental. É necessário que o número de repetições seja suficiente para minimizar esta fonte de variação e para que as estimativas dos efeitos dos tratamentos sejam obtidas com a precisão necessária, para detecção de diferenças entre os mesmos, no nível de significância planejado.

Sakomura e Rostagno (2007) realizaram um estudo para avaliar o número de repetições por tratamento e número de animais por repetição em ensaios de desempenho com aves e suínos, publicados no período de 1997 a 2003. Experimentos com frangos de corte usaram em média 5 repetições de 27 aves, e experimentos com suínos em crescimento usaram em média 6 repetições de 4 animais por tratamento. Hoje em dia, para melhorar a precisão dos experimentos e detectar diferenças de 2 - 4% entre os tratamentos, seria recomendável aumentar

o número de repetições para 10 por tratamento com o mesmo número de animais citados acima.

Para estimar a variação experimental, uma medida utilizada pelos pesquisadores é o coeficiente de variação (CV), o qual representa o desvio padrão expresso como porcentagem da média $CV=(s/\bar{x})\cdot 100$, onde s é a raiz quadrada da variância residual, e \bar{x} é a média geral do experimento. Este é um importante parâmetro de avaliação da precisão experimental e permite a comparação com outros ensaios (Sakomura & Rostagno, 2007). Na Tabela 7 estão os coeficientes de variação relatados de experimentos com frangos de corte, galinhas poedeiras e suínos.

Um cuidado adicional que merece destaque é a formulação correta das rações experimentais, com atenção especial à mistura dos ingredientes. A avaliação de diferentes alimentos ou de níveis de um nutriente, quando as rações não são adequadamente misturadas, compromete definitivamente os resultados. Uma sugestão para uma mistura mais precisa seria o método da diluição, onde a partir de rações (basais) contendo os níveis extremos do alimento ou do nutriente avaliado (nível mais alto e nível mais baixo) se obtém rações com níveis intermediários.

Processamento dos dados experimentais

Os dados obtidos nos ensaios de produção

Tabela 7 - Faixa tolerável de coeficiente de variação (CV) em diferentes parâmetros.

Variável	Faixa de Coeficiente de Variação (CV, %)		
	Baixo	Médio	Alto
Frangos de Corte ¹			
Ganho de peso	< 1,4 %	2,9 %	> 7,1 %
Conversão alimentar	< 0,8 %	2,4 %	> 4,6 %
Poedeiras ¹			
Produção de Ovos	< 3,1 %	6,7 %	> 13,2 %
Peso de Ovos	< 1,2 %	4,4 %	> 20,0 %
Suínos ²			
Ganho de peso	< 6,1 %	6,1 - 17,8 %	> 17,8 %
Rendimento de carcaça	< 1,2 %	1,2 - 3,1 %	> 3,1 %

1 - Faixas fornecidas por Sakomura & Rostagno (2007). 2 - Faixas fornecidas por Judice (1999).

planejados e conduzidos adequadamente, devem ser submetidos à análises estatísticas. A escolha do teste estatístico deve ser pré-estabelecida, ainda na fase de planejamento, e exige conhecimentos de estatística e da espécie animal avaliada.

Na atualidade o nível de significância não precisa ser fixado somente em 5% podendo variar para 7 ou 10%, dependendo da importância econômica da variável estudada (ganho de peso, conversão alimentar, rendimento de carcaça, etc.).

A análise de variância (ANOVA) é o primeiro passo na análise dos resultados obtidos nos ensaios de crescimento, permitindo testar a hipótese de igualdade das médias dos tratamentos pelo teste F.

Para determinar o melhor nível do nutriente estudado, isto é, para parâmetros quantitativos, na avaliação de alimentos e também das exigências nutricionais, o uso da análise de regressão é o mais apropriado, onde uma função é construída entre parâmetro de resposta (Y) e os fatores em estudo (X). Parâmetros de ordem qualitativa (ex. milho vs sorgo), no entanto, devem ser analisados apenas com aplicação de testes de médias. O teste de média recomendado para experimentos de desempenho com animais monogástricos é o de Student-Newman-Keul's. Entretanto outros testes podem ser aplicados de acordo com os objetivos do experimento e os parâmetros avaliados.

Exigências nutricionais – regressão

Para estimar as exigências nutricionais das aves e dos suínos são realizados experimentos de desempenho, também chamados de experimentos dose-resposta. O método dose-resposta estima a exigência nutricional de determinado nutriente pela avaliação de uma resposta a parâmetros pré-definidos, como ganho de peso, conversão

alimentar, deposição de carne magra, produção de ovos no período, através do oferecimento de quantidades crescentes do nutriente (níveis) nas dietas. Neste método, a exigência do animal de um nutriente se dá no nível máximo de resposta nos parâmetros avaliados, como máximo ganho de peso, por exemplo. Os resultados (exigência) podem ser diferentes segundo o critério de resposta ou modelos de regressão utilizados (modelo descontínuo - *Linear Response Plateau* (LRP), modelo quadrático e modelo exponencial) para estimar o nível ótimo do nutriente.

Euclides & Rostagno (2001) citam que a aplicação de cada um dos modelos dependerá da relação entre os níveis do nutriente em estudo e a resposta aos mesmos, podendo haver subestimação do nível ótimo, no caso do LRP. Já a função quadrática que aparentemente apresenta vantagem na determinação da exigência nutricional por estimar o desempenho máximo possível, apresenta desvantagens, no sentido de ser muito sensível às diferenças entre os níveis estudados, além de apresentar simetria bilateral, ou seja, descreve a queda na produção na mesma intensidade do acréscimo entre os níveis, o que biologicamente parece não ser adequado (Figura 1).

A combinação dos dois modelos seria a melhor recomendação, segundo Euclides & Rostagno (2001), mediante o uso de equação quadrática de resposta, associada ao platô. A vantagem deste modelo é que o nível ótimo encontrado não é alto como o geralmente estimado pela derivação da função quadrática, nem tão baixo como o observado no modelo LRP, passando a ser intermediário, no ponto de encontro entre a reta da equação e o platô. Outra opção usada pelos pesquisadores seria a aplicação de um intervalo de confiança de

95% do valor estimado pela equação quadrática, no caso da figura 1 então, a exigência estimada seria: $0,79 \times 95/100 = 0,75\%$ de lisina.

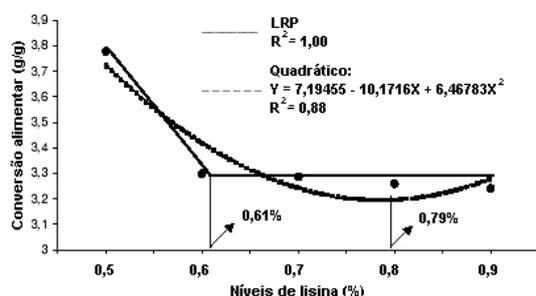


Figura 1 - Estimativa da exigência nutricional de lisina obtida mediante o modelo LRP e Quadrático para ótima conversão alimentar de suínos machos castrados dos 96 aos 126 kg (Arouca *et al.*, 2003).

Para comparar as metodologias usadas para estimar as exigências nutricionais (LRP, quadrática, 95% da quadrática, quadrática com platô e exponencial), Euclides & Rostagno (2001) usaram os dados de duas teses de doutorado do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa. Os autores Barboza (1998) e Costa (2000), utilizaram frangos de corte, macho, provenientes das empresas Hubbard (2 experimentos) e Ross (2 experimentos). O nível energético das rações foi de 3200 Kcal/Kg e os períodos experimentais foram de 15-40 dias (2 experimentos) e 22-40 dias (2 experimentos). As características analisadas foram: ganho de peso (g), conversão alimentar e peito com osso (%). As análises de regressão foram executadas com as

médias das características para cada nível de lisina digestível, como apresentado na Tabela 8. Com a aplicação de todas as metodologias propostas, a percentagem média de lisina digestível recomendada na formulação de rações para frangos de corte, machos, no período de 15/22 - 40 dias de idade, apresentou pouca variação: 0,948, 0,947 e 0,963 %, para ganho de peso, conversão alimentar e peito com osso, respectivamente.

Exigências nutricionais – método fatorial

O método 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. Este método tem sido apresentado sob a forma de vários modelos matemáticos, que permitem estimar as exigências em nutrientes, considerando características como diferenças genéticas, peso corporal ou fase (pré-inicial, inicial, crescimento e terminação), nível de rendimento ou a capacidade de deposição de carne, aspectos relacionados ao ambiente e seus efeitos sobre os animais, e ainda, informações do potencial nutritivo dos alimentos e o efeito da complementaridade entre eles (Pomar & Dit Bailleul, 1999).

As predições destas exigências se baseiam em dados experimentais obtidos com ensaios de produção (dose resposta), levando em consideração ainda, a eficiência de utilização metabólica dos nutrientes para o crescimento e manutenção.

Nas Tabelas Brasileiras (Rostagno *et al.*, 2005) é usado o modelo fatorial para estimar as exigências nutricionais de aves e suínos. Segundo

Tabela 8 - Ganho de peso, conversão alimentar e peito com osso, de frangos de corte machos e exigências de lisina digestível, estimadas com diferentes metodologias.

Lisina Digestível (%)	Ganho de Peso	Conversão	Peito com osso
0.772	1362.9	1.94	28.58
0.832	1428.9	1.87	29.43
0.892	1500.1	1.81	29.96
0.952	1525.3	1.77	30.57
1.012	1528.9	1.78	30.51
1.072	1507.0	1.78	30.47
Métodos Aplicados	Nível de Lisina digestível recomendado (%)		
LRP "Linear Response Plateau"	0,915	0,915	0,935
Equação quadrática com platô	0,910	0,916	0,943
Equação quadrática	0,992	1,002	1,015
Eq. quadrática 95% do Max.	0,942	0,952	0,964
Exponencial + Bom senso	0,980	0,950	0,960

Euclides & Rostagno (2001).

os autores, este modelo permite flexibilizar as exigências, pois desta maneira pode-se calcular o nível nutricional adequado de cada animal de acordo com o desempenho esperado, evitando desta maneira excessos que aumentam a contaminação ambiental, ou deficiências que reduzam a produtividade.

Na Tabela 9 é apresentada a equação usada para calcular a exigência de lisina em g./dia de suínos machos castrados com diferentes desempenhos (regular, médio e superior), a porcentagem de lisina é então calculado levando em consideração o consumo diário de ração. Para estimar as necessidades dos outros aminoácidos os autores utilizaram o conceito de Proteína Ideal.

Tabela 9 - Exigência de lisina digestível de suínos, machos castrados, de diferentes desempenhos calculada com a equação de Rostagno *et al.* (2005).

$$\text{Lis. Dig. (g/dia)} = 0,036 P^{0,75} + (11,467 + 0,2505 P - 0,0016 P^2) G$$

P = Peso Corporal Médio em kg; G = Ganho / dia em kg

Desempenho Peso Médio, kg	Regular 60	Médio 60	Superior 60
Ganho de Peso, kg/dia	0,862	0,960	1,080
Consumo, kg/dia	2,680	2,494	2,430
Exig. Lis. Dig., g/dia	18,793	20,711	23,172
Lis. Dig. na Ração, %	0,696	0,829	0,953

Conclusões

O avanço no conhecimento na área de avaliação dos alimentos e das exigências nutricionais de animais monogástricos se dá a passos largos, devido á seriedade com que os profissionais encaram a responsabilidade de fazer pesquisa de qualidade dentro e fora do país.

Neste trabalho foram abordadas as metodologias que permitem melhorar a utilização dos alimentos de maneira mais eficiente e econômica. Foram também citados os cuidados e procedimentos essenciais para executar adequadamente experimentos de desempenho com aves e suínos.

Na atualidade, para a realização de experimentos com monogástricos, é necessário: definir claramente os objetivos, utilizar animais com peso inicial uniforme, usar número adequado de repetições e de animais por unidade experimental.

Testes de médias devem ser usados para as variáveis qualitativas e quando a variável independente for quantitativa aplicar análise de regressão. O nível de significância utilizado pode

variar conforme a importância econômica da característica estudada.

A adequada condução dos ensaios, sejam de crescimento ou de digestibilidade, é fundamental para que as ferramentas apresentadas possam ter efetividade, resultando na melhora da produtividade e na redução dos custos e da excreção de nutrientes.

Literatura citada

- ABREU, M.L.T.; DONZELE, J.L.; SUIDA, D. *et al.* In: **I Congresso Latino Americano de Suinocultura** – Foz do Iguaçu. p. 200-217. 2002.
- AROUCA, C.L.C.; FONTES, D.O.; VELOSO, J.A.F. *et al.* Níveis de lisina para suínos machos castrados selecionados geneticamente para alta eficiência de crescimento, dos 96 aos 120 kg I – Desempenho. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, Goiânia, **Anais...**Goiânia, 2003, p. 259-260.
- BAILLEUL, J.D.P.; BERNIER, J.J.; POMAR, C. **Journal Rech. Porcine France**, v.30, p:127-132, 1998.
- BARBOSA, R.J. **Exigência de Metionina-Cistina para frangos de corte na fase de crescimento a acabamento**. Tese (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 82 p.,1998.
- BÜNZEN, S.; ROSTAGNO, H.S.; LOPES, D.C. *et al.* **Digestibilidade verdadeira do fósforo de alimentos determinada com suínos em crescimento e terminação**. Congresso Latino-Americano de Nutrição Animal – CLANA, 2006. São Paulo, SP.
- CVB. Veevoedertabel: Gegevens over chemische samenstelling, verteerbaarheid en voederwaarde van voedermiddelen). Central Veevoeder Bureau, Lelystad, Países Baixos. 1998.
- EUCLYDES, R.F.; ROSTAGNO, H.S. *et al.* Estimativa dos níveis nutricionais via experimentos de desempenho. In: I WORKSHOP LATINO-AMERICANO AJINOMOTO BIOLATINA, 2001, Foz do Iguaçu, **Anais...** Foz do Iguaçu. p.77-88
- JACKSON, D.A.; DALIBARD, P. *et al.* The measurement and validation of the technique of using digestible amino acids for diet formulation in poultry and swine. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS E AVES, **Anais...** Campinas, SP, 47-72, 1995.
- JUDICE, M.G.; MUNIZ, J.A.; CARVALHEIRO, R. *et al.* Avaliação do coeficiente de variação na experimentação com suínos. **Ciência e Agrotecnologia**, v.23, n.1, p.170-173, 1999.
- NOBLET J.; FORTUNE, H.; SH., X.S. *et al.* Prediction of net energy value of feeds for growing pigs. **J. Anim. Sci.**, v.72, p. 344-354, 1994b.

- NOBLET, J.; SEVE, B.; TRAN, G. *et al.* Valoración energética y protéica de alimentos para porcino: Propuestas Francesas. XX CURSON DE ESPECIALIZACION AVANCES EN NUTRICION Y ALIMENTACION ANIMAL. FEDNA. España:Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Barcelona, 2004.
- POMAR, C.; BAILLEUL, D.P.J. *et al.* Determinación de las necesidades nutricionales de los cerdos de engorde: Límites de los métodos actuales. XV CURSON DE ESPECIALIZACION AVANCES EN NUTRICION Y ALIMENTACION ANIMAL. Madrid, España:Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 1999. 301 pp. 253-276.
- PUPA, J.M.R.; LEÃO, M.J.; CARVALHO, L.G. *et al.* Cecectomia em galos sob anestesia local e incisão abdominal. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.50, n.5, p. 531-535, 1998.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. *et al.* **Tabelas brasileiras para aves e suínos.** Viçosa, MG: UFV, 186 p. 2005.
- ROSTAGNO, H.S.; PUPA, J.M.R.; PACK, M. Diet formulation for broilers base don total versus digestible amino acids. **J. Appl. Poult. Res.**, v.4, p.293-299, 1995.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. Métodos para avaliação biológica dos alimentos e exigências nutricionais para animais monogástricos. Jaboticabal, SP, UNESP, (no prelo). 2007.
- VAN MILGEN, J.; NOBLET, J. Energy partitioning in growing pigs: the use of a multivariate model as an alternative for the factorial analysis. **J. Anim. Sci.**, v.77, p.2154-2162,1999.