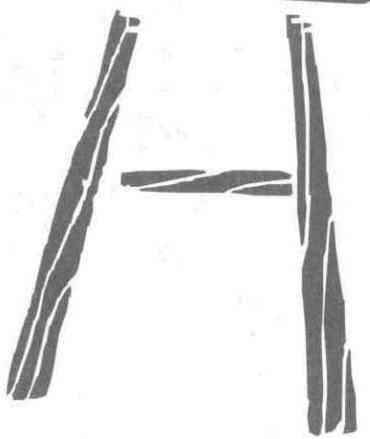
Aprender é um compromisso que se assume para toda a vida.



Projeto Educação Continuada

É o CRMV-MG investindo no seu potencial

Conselho Regional de Medicina Veterinária do Estado de Minas Gerais - CRMV-MG

VETERINÁRIA DA UF

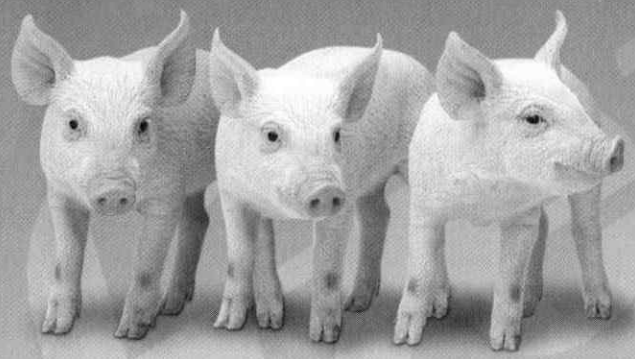
ISSN 1676-6024

Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia

Nº 42 - Páginas 1 a 102 - Setembro 2003

Fundação de Estudo e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia - FEP MVZ Editora

Pfizer



EMPRESA PARCEIRA DA SUINOCULTURA

Laboratórios Pfizer Ltda. – Divisão de Saúde Animal
Av. Monteiro Lobato, 2270 • CEP 07190-001 • Guarulhos – SP
• Tels.: 0800-152155/ (11) 6464-7344 • Fax: (11) 3059-2149/
3059-2150/3059-2151 • CNPJ 46.070.868/0001-69
© Copyright Laboratórios Pfizer Ltda. 2003 • Todos os direitos reservados
* Marca depositada

www.pfizersaudeanimal.com.br

PROPAS

FORÇA suinícola

21 OUT 200
VETERINÁRIA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
Fundação de Estudo e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia
FEP-MVZ Editora
CONSELHO REGIONAL DE MEDICINA VETERINÁRIA – CRMV-MG

Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia
n. 42

outubro de 2003

Editor: Prof. Ilto José Nunes
FEP-MVZ Editora
Caixa Postal 567
30123-970 Belo Horizonte, MG
Telefone (31) 3499-2042
Fax (31) 3499-2041
0055 31 3499-2041
Email: journal@vet.ufmg.br

Pfizer

Belo Horizonte
2003

Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia
Edição da FEP-MVZ Editora em convênio com o CRMV-MG

Fundação de Estudo e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia – FEP MVZ
Diretor Executivo: Roberto Baracat de Araújo
Vice-Diretor Executivo: Francisco Carlos Faria Lobato
Editor da FEP MVZ Editora: Martinho de Almeida e Silva

CRMV-MG
Presidente: Marcílio Magalhães Vaz de Oliveira
Vice-Presidente: Ismael Fernando Prado Coimbra
Secretário Geral: Edian Fontes Bastos
Tesoureira: Silvana de Vasconcelos Cançado
E-mail: crmvmg@crmvmg.org.br

Corpo Editorial
Editor: Ilto José Nunes, Med. Vet., ME
Iran Borges, Zootecnista, Dr.
Marília Martins Melo, Med. Vet., Dr.
Paulo Roberto Oliveira, Med. Vet., Dr.

Revisão e edição de texto: Ilto José Nunes

Tiragem desta Edição
7.500 exemplares

NORMAS PARA OS AUTORES

O periódico técnico-científico *CADERNOS TÉCNICOS DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA*, ex-Cad. Téc. Esc. Vet. UFMG, é editado, a partir do número 24, pela FEP MVZ Editora, em Convênio com o Conselho Regional de Medicina Veterinária de Minas Gerais, e publica assuntos de interesse imediato para estudantes e profissionais oriundos da produção técnica e didática de professores, alunos, pesquisadores e outros profissionais de ciências agrárias, a critério do Corpo Editorial.

Engloba congressos, seminários, cursos, palestras e revisões nas áreas de Medicina Veterinária, Produção Animal, Tecnologia e Inspeção de Produtos de Origem Animal, Ensino e Sociologia, Economia e Extensão Rurais. Cada matéria é rigorosamente revisada tanto no aspecto formal quanto no de conteúdo e, além disso, é tratada, tanto quanto possível, de forma concisa, acessível e agradável, sem prejuízo do rigor científico.

As matérias submetidas à publicação devem ser inéditas, corrigidas por revisor de português e enviadas para o Editor em cópia impressa e em disquete com arquivo compatível com Word for Windows ou por E-mail. Aquelas aceitas pelo Corpo Editorial passam à propriedade da Editora e as não aceitas ficam à disposição dos autores. Cada autor recebe cinco exemplares do Caderno em que seu artigo foi publicado. Os artigos publicados não são remunerados e não se aceita matéria paga.

A FEP MVZ Editora se reserva todos os direitos, inclusive os de tradução. Os trabalhos publicados terão seus direitos autorais resguardados pela FEP MVZ Editora que em quaisquer circunstâncias agirá como legítima detentora dos mesmos

Permite-se a reprodução total ou parcial, sem consulta prévia, desde que citada a fonte.

Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia. (Cadernos Técnicos da Escola de Veterinária da UFMG)
N.1- 1986 - Belo Horizonte, Centro de Extensão da Escola de Veterinária da UFMG, 1986-1998.
N.24-28 1998-1999 - Belo Horizonte, Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, FEP MVZ Editora, 1998-1999
v. ilustr. 23cm
N.29- 1999- Belo Horizonte, Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, FEP MVZ Editora, 1999-
Periodicidade irregular.
1.Medicina Veterinária – Periódicos. 2. Produção Animal – Periódicos. 3. Produtos de Origem Animal, Tecnologia e Inspeção – Periódicos. 4. Extensão Rural – Periódicos. I. FEP MVZ Editora, ed.

APRESENTAÇÃO

A Suinocultura é uma das principais atividades pecuárias de Minas Gerais, com 150 mil matrizes e quase 1.600 granjas tecnificadas, sendo o quarto maior produtor nacional de carne suína.

Neste número dos *Cadernos Técnicos* foram compilados sete artigos sobre temas atuais e de interesse para os técnicos da área mas também para os que lidam com animais em geral. Nesses artigos colaboraram pesquisadores das universidades federais de Lavras e Uberlândia, além daqueles do Núcleo de Extensão e Pesquisa em Suinocultura (NEPS), da Escola de Veterinária da UFMG.

O NEPS visa promover a integração dos especialistas da Instituição nas atividades de campo, prestação de serviços, consultorias, educação continuada, cursos e estudos multidisciplinares, além de dar suporte para a pesquisa e o ensino da Suinocultura na graduação e pós-graduação.

Com este número especial, procura-se dar uma pequena amostra da pesquisa que vem sendo realizada nas universidades públicas do Estado para o aprimoramento da Suinocultura.

Prof. Roberto Baracat de Araújo
FEP MVZ
Diretor Executivo

Dr. Marcílio Magalhães Vaz de Oliveira
CRMV-MG
Presidente

Prof. Ilto José Nunes
FEP MVZ Editora
Cad. Téc. Vet. Zootec.
Editor

CONTEÚDO

Divulgação da pesquisa em suinocultura no Brasil, Wandréia S. *Mendes*, Alejandra del P. *Naranjo Herrera*, Caterine S. Ruiz *Braga*, Simone Koprowski *Garcia*, 7

Utilização do ZnO na dieta de leitões recém-desmamados, Vânia Maria *Arantes*, 16

Ativação do sistema imune e sua correlação com a produção e a nutrição de suínos, Glauber S. *Machado*; Dalton de Oliveira *Fontes*, 27

Enteropatia proliferativa suína (ileíte), Roberto M. Carvalho *Guedes*, 45

Consumo de ração e desempenho reprodutivo de fêmeas suínas, Márcia Nunes *Bandeira*, Israel José da *Silva*, José Monteiro da *Silva*, 57

Enriquecimento da dieta de suínos com ácidos graxos poliinsaturados: efeito na qualidade da carne, Raimundo Vicente de *Souza*, Hunaldo Oliveira *Silva*, Daniela Oliveira *Carneiro*, 71

Manejo da dieta para reduzir o impacto ambiental dos dejetos suínos, Elias Tadeu *Fialho*, Paulo Borges *Rodrigues*, Hunaldo Oliveira *Silva*, Vladimir de *Oliveira*, 87

Cad. Téc. Vet. Zootec., n.42, p.7-15, 2003.

BIBLIOTECA 31 OUT VETERINÁRIA

DIVULGAÇÃO DA PESQUISA EM SUINOCULTURA NO BRASIL

Wandréia S. *Mendes*
MV, MSc

Alejandra del P. *Naranjo Herrera*
MV, MSc

Caterine S. Ruiz *Braga*
Graduanda

Simone Koprowski *Garcia*
MV, DSc, Profª Adjunta

Departamento de Zootecnia
Escola de Veterinária da UFMG
Caixa Postal 567
30161-970 – Belo Horizonte, MG

SUMÁRIO

1. Introdução 7
2. Anais das reuniões anuais da SBZ 7
3. Anais dos congressos da Abraves 9
4. Indexação e impacto dos periódicos científicos brasileiros das áreas de veterinária e zootecnia 11
6. Considerações finais 14

1. INTRODUÇÃO

Em 1995, a Sociedade Brasileira de Zootecnia (SBZ) destacou em sua Reunião Anual as discussões sobre o que se chamou "estado da arte" das diferentes áreas de especialização que a entidade congrega. A reflexão, muito oportuna, sobre a divulgação dos resultados de pesquisas na área de suinocultura foi apresentada por Nicolaiewsky (1995), baseado no levantamento dos resumos contidos nos anais das Reuniões da Sociedade Brasileira de Zootecnia (SBZ) e dos artigos publicados na Revista Brasileira de Zootecnia, até 1994.

O objetivo deste trabalho foi retomar o assunto, analisando a quantidade de artigos, formas e veículos de divulgação da pesquisa sobre suinocultura no Brasil nos últimos oito anos, de 1995 a 2002.

Foi levantado o número de resumos publicados nos anais das Reuniões Anuais da SBZ e dos Congressos bienais da Associação Brasileira de Veterinários Especialistas em Suínos (ABRAVES), por ano, por assunto e por instituição. Da mesma forma, foi levantado o número de artigos científicos publicados na íntegra na Revista Brasileira de Zootecnia e no Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, no mesmo período. A classificação por assunto procurou seguir os critérios editoriais enquanto que as instituições foram identificadas pelo endereço do primeiro autor.

2. ANAIS DAS REUNIÕES ANUAIS DA SBZ

A SBZ foi criada há 50 anos e reúne cerca de 1.500 sócios, entre agrônomos, médi-

cos veterinários e zootecnistas, que são, na maioria, profissionais ligados às instituições públicas de ensino e/ou pesquisa, além de técnicos, estudantes e empresas do ramo. Desde 1972, realiza uma reunião anual com o objetivo de congregar os associados, promover a pesquisa científica e debater temas relevantes.

Nas Reuniões da SBZ de 1995 (Brasília, DF), 1996 (Fortaleza, CE), 1997 (Juiz de Fora, MG), 1998 (Botucatu, SP), 1999 (Porto Alegre, RS), 2000 (Viçosa, MG), 2001 (Piracicaba, SP) e de 2002 (Recife, PE), foram publicados 4.784 resumos sendo 397 (8,3%) na área de suinocultura, com média de 50 resumos por evento. Da Tab. 1, consta a distribuição destes resumos, por ano e por assunto.

Os resumos concentram-se na área de nutrição (73,0%), com ênfase para os estudos sobre alimentos (32,5%), tradicionais e alternativos. Chama a atenção o aumento do número de trabalhos nesta área a partir de 1996, quando passou de 9 para 35 resumos. Das sete outras grandes áreas abordadas, predominaram os resumos sobre Melhoramento Genético Animal (8,1%) e Bioclimatologia e Ambiência (7,0%).

Tabela 1. Número de resumos sobre suinocultura publicados nos anais das reuniões da SBZ, de 1995 a 2002, por assunto.

Assunto	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Total	%
Nutrição	9	35	31	36	41	39	36	63	290	73,0
- Alimentos	3	21	15	15	15	14	21	25	129	32,5
- Exigências	2	9	4	4	8	8	8	23	66	16,6
- Manejo	0	5	5	10	14	12	2	2	50	12,6
- Aditivos	4	0	7	7	4	5	5	13	45	11,3
Instalações e manejo	1	0	0	0	0	3	2	0	6	1,5
Melhoramento genético	3	2	0	0	8	5	6	8	32	8,0
Aspectos da carne	0	2	0	2	6	0	0	0	10	2,6
Bioclima e ambiência	4	5	3	6	2	3	3	2	28	7,0
Sistemas de produção	0	3	2	4	2	0	0	1	12	3,0
Reprodução	2	2	0	1	3	1	1	4	14	3,6
- Machos	1	0	0	0	0	0	0	3	4	1,0
- Fêmeas	1	2	0	1	3	1	1	1	10	2,6
Outros	2	0	0	2	1	0	0	0	5	1,3
Total	21	49	36	51	63	51	48	78	397	100

Na Tab. 2, estão listadas as instituições que publicaram 10 ou mais resumos nos anais das referidas reuniões da SBZ.

Destaca-se a participação majoritária dos sistemas públicos de ensino e pesquisa, representados principalmente pela Universidade Federal de Viçosa (MG), que contribuiu com 35% dos resumos sobre suinocultura, no período considerado. Das cinco primeiras instituições, a UFV foi também a única a apresentar um número crescente de trabalhos a cada ano, com média de 17 resumos por evento, enquanto as demais contribuíram de modo variável, com média de quatro resumos por evento.

BID. 31001 VETERINÁR

Tabela 2. Instituições que publicaram resumos sobre suinocultura nos anais das reuniões da SBZ, de 1995 a 2002

Instituição	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Total	%
UFV[1]	5	9	10	15	21	24	24	31	139	35,0
UFLA[2]	6	8	5	3	5	5	1	15	48	12,1
UNESP[3]	0	3	5	7	8	4	3	7	37	9,3
EMBRAPA[4]	3	8	3	4	3	4	1	3	29	7,3
UFRGS[5]	1	3	1	2	7	6	2	4	26	6,6
UEM[6]	1	2	4	1	3	2	4	3	20	5,0
USP[7]	3	2	1	4	2	1	2	6	21	5,3
IZNO[8]	1	2	1	2	3	0	2	1	12	3,0
UFSM[9]	0	0	3	1	1	1	2	3	11	2,8
Outras[10]	1	12	3	12	10	4	7	5	54	13,6
Total	21	49	36	51	63	51	48	78	397	100

[1] Universidade Federal de Viçosa (MG), [2] UF de Lavras (MG), [3] U. Estadual de São Paulo, [4] Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, [5] UF do Rio Grande do Sul, [6] U. Estadual de Maringá (PR), [7] U. de São Paulo, [8] Instituto Zootecnia de Nova Odessa (SP), [9] UF de Santa Maria (RS), [10] Outras: UF de Minas Gerais, UF Rural do Rio de Janeiro, UF de Santa Catarina, UF da Paraíba, UF Rural de Pernambuco, UF do Piauí, UF do Ceará, UE do Norte Fluminense (RJ), U. de Alfenas (MG), Pontífice U. Católica do Rio Grande do Sul, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Instituto Agronômico do Paraná, UNIOESTE (PR), CENTEC, ESAM e IDIAP.

Relacionando-se os dados das Tab. 1 e 2, observou-se que a UFV, UFLA, UNESP, EMBRAPA, UFRGS e UEM contribuíram com aproximadamente 70% dos resumos publicados sobre nutrição, o principal assunto da área de suinocultura nas Reuniões Anuais da SBZ.

Nestes eventos, a escolha dos temas das palestras, dos palestrantes e instituições foi bastante eclética, com algum destaque apenas para a área de nutrição (8 palestras num total de 22, nos oito eventos). A maioria dos convidados foi de brasileiros (18), principalmente da região Sul. Dentre os palestrantes estrangeiros, estavam um europeu, dois norte-americanos e um australiano.

3. ANAIS DOS CONGRESSOS DA ABRAVES

A Associação Brasileira de Veterinários Especialistas em Suínos (ABRAVES), criada em 1983, congrega médicos veterinários que atuam na área de suinocultura, em diversas especialidades. Realiza congressos bienais alternados com os eventos da *International Pig Veterinary Society* (IPVS), da qual é filiada. Por reunir apenas médicos veterinários especialistas em suínos, não há como comparar diretamente a casuística das publicações dos Congressos da ABRAVES com a dos eventos da SBZ, embora algumas relações possam ser estabelecidas.

Na Tab. 3, estão os números absolutos e relativos, em percentagem, de resumos publicados nos anais dos Congressos de 1995 (Blumenau, SC), 1997 (Foz do Iguaçu, PR), 1999 (Belo Horizonte, MG) e de 2001 (Porto Alegre, RS), subdivididos por assunto.

Tabela 3. Número de resumos publicados nos anais dos congressos da ABRAVES, de 1995 a 2001, por assunto

Assunto	1995	1997	1999	2001	Total	%
Nutrição	10	27	45	26	108	18,8
- Alimentos	5	12	13	12	42	38,9
- Exigências	0	3	8	1	12	11,1
- Manejo	4	6	15	3	28	25,9
- Outros	1	6	9	10	26	24,1
Reprodução	25	28	41	47	141	24,6
- Fêmeas	17	19	26	21	83	58,9
- Machos	8	4	2	0	14	9,9
- Inseminação artificial	0	5	13	26	44	31,2
Instalações e manejo	8	3	11	6	28	4,9
Melhoramento genético	4	4	0	2	10	1,8
Aspectos da carne suína	0	2	4	8	14	2,5
Bioclimatologia e ambiência	2	1	7	3	13	2,4
Sistemas de produção e economia	0	8	0	3	11	1,9
Sanidade	30	32	54	74	190	33,1
- Doenças respiratórias	6	13	17	17	53	27,9
- Distúrbios digestivos	11	5	24	13	53	27,9
- Virologia	5	4	0	11	20	10,5
- Problemas sistêmicos	0	0	9	28	37	19,5
- Problemas geniturinários	8	10	4	5	27	14,2
Patologia	7	14	8	0	29	5,0
Casos clínicos	5	8	9	7	29	5,0
Total	91	127	179	176	573	100

Os resumos apresentados nestes Congressos concentram-se principalmente nas áreas de sanidade (33,1%), reprodução (24,6%) e nutrição (18,8%). Na área de sanidade, destacam-se as subáreas de distúrbios respiratórios e digestivos; na reprodução, predominam os trabalhos sobre fêmeas e, em nutrição, os estudos sobre alimentos, convencionais e alternativos. As áreas de melhoramento genético, aspectos da carne suína, bioclimatologia/ambiência e sistemas de produção/economia não ultrapassam 2,5% do total de trabalhos, cada uma.

Da Tab. 4, constam as instituições que publicaram 10 ou mais resumos nos quatro eventos da ABRAVES.

Tabela 4. Instituições que publicaram resumos nos anais dos congressos da ABRAVES de 1995 a 2001

Instituição	1995	1997	1999	2001	Total	%
EMBRAPA	24	27	38	18	107	18,7
UFRGS	13	19	19	39	90	15,7
USP	1	6	21	14	42	7,3
UFV	0	8	13	0	21	3,7
UEL[1]	9	6	5	5	25	4,4
UNESP	4	9	5	7	25	4,4
UFG[2]	0	7	10	10	27	4,7
CPVDF-FEPAGRO[3]	9	7	1	7	24	4,2
UFMG[4]	3	4	5	2	14	2,4
UFSM	1	5	5	4	15	2,6
UFPel[5]	1	2	7	7	17	2,9
UFLA	3	1	6	5	15	2,6
Outras[6]	23	26	44	58	151	26,4
Total	91	127	179	176	573	100

[1]U. Estadual de Londrina (PR), [2]UF de Goiás, [3]Centro de Pesquisas Veterinárias Desidério Finamor (RS), [4]UF de Minas Gerais, [5]U. Federal de Pelotas (RS), [6]Outras (instituições que publicaram menos de 10 resumos): Instituto Agronômico do Paraná, UF de Pernambuco, UF de Goiás, UF de Uberlândia (MG), UF do Rio de Janeiro, UF do Paraná, UNICAMP (SP), U. Estadual de Maringá (PR), U. Estadual da Bahia, U. Estadual do Ceará, Perdigão S.A., Coopers Brasil Ltda., Instituto de Pesquisa Veterinária (MG), Consuitec (SP), U. de Rio Cuarto (Argentina), UNOESC, CESMAR, CEDISA, U. Nacional Autônoma do México, Universidade de Minnesotta (EUA), TECSA Laboratórios.

Destaca-se o sistema público de pesquisa encabeçado pela EMBRAPA (principalmente a Embrapa Suínos e Aves) e pelas Universidades Estaduais e Federais, predominando dentre elas a UFRGS. Na relação das instituições, por assunto, observa-se que a EMBRAPA apresentou maior número de resumos sobre nutrição (35%) e sanidade (16%), enquanto que a UFRGS destacou-se na área de reprodução, com quase 40% do total de trabalhos nesta área.

Os Congressos da ABRAVES são divididos em Pré-simpósio e Simpósio, nos quais são apresentadas palestras com temas de interesse dos associados. No período de 1995 a 2001, foram apresentadas, em média, 18 palestras, por evento, nas áreas de sanidade, melhoramento, reprodução, nutrição, aspectos da carne suína, bioclimatologia e ambiência e sistemas de produção/economia. Assim como nos eventos da SBZ, não houve predominância de temas, de palestrantes ou de instituições. Foram convidados 45 palestrantes brasileiros, 14 norte-americanos e 12 europeus.

4. INDEXAÇÃO E IMPACTO DOS PERIÓDICOS CIENTÍFICOS BRASILEIROS DAS ÁREAS DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

Existem aproximadamente 60 mil revistas de ciências e tecnologia no mundo inteiro, mas nem todas são indexadas. Para isso, é necessário seguir algumas normas, como o cumprimento das datas das edições, a aplicação do processo de *peer review* (em que os artigos são avaliados por um conselho de especialistas) e a apresentação do resumo do trabalho em inglês *(abstract)* (Folha..., 1999). Dentre os organismos internacionais que promovem a indexação de revistas científicas, destaca-se o ISI.

O ISI (*Institut for Scientific Information*)[1], uma entidade não governamental sediada

[1] ISI (www.isinet.com), SciELO (www.scielo.br)

nos Estados Unidos, tem cadastradas 5.748 revistas científicas das mais diversas áreas e, desde 1961, registra pelo SCI (*Science Citation Index*) as citações dos artigos publicados em todo o mundo, aferindo seu impacto no meio científico internacional.

Há apenas 16 publicações brasileiras cadastradas no ISI sendo quatro nas áreas de Medicina Veterinária e/ou Zootecnia. Seus índices de impacto, em 2001, foram: Pesquisa Veterinária Brasileira (0,087), Pesquisa Agropecuária Brasileira (0,066), Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia (0,032) e Revista Brasileira de Zootecnia (0,027, em 2000). Estas revistas são editadas, respectivamente, pelo Colégio Brasileiro de Patologia Animal (RJ), EMBRAPA (DF), Universidade Federal de Minas Gerais (MG) e Sociedade Brasileira de Zootecnia (MG).

Considerando o índice de impacto de um periódico estrangeiro das mesmas áreas, tal como o *Journal of Animal Science* (EUA), que é de 1,331, questiona-se a representatividade latino-americana na base de dados do ISI, utilizada internacionalmente nas análises bibliométricas como indicador de produção científica. Devido ao pequeno número de títulos latino-americanos no acervo do ISI, a Rede Ibero-americana de Indicadores de Ciência e Tecnologia (RICYT), sediada no México, está desenvolvendo metodologias para incorporar tais indicadores em sua publicação anual.

Entre as iniciativas para divulgar as publicações ibero-americanas, destaca-se a criação dos projetos Latindex (Índice de Publicações Científicas Seriadas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal) e Bireme/Fapesp (SciELO).

O Latindex[2], criado em 1995, é coordenado pela Universidade Nacional Autônoma do México (UNAM) e divulga informações de mais de 7.000 registros e revistas científicas, provenientes de 28 países. Conta com a participação do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), que representa o Ministério da Ciência e Tecnologia do Brasil. A SciELO (*Scientific Electronic Library Online*), uma biblioteca virtual de revistas científicas brasileiras, cadastra 96 publicações, sendo 15 da área de ciências agrárias. Das sete publicações referentes à Medicina Veterinária e/ou à Zootecnia, três tiveram índices de impacto levantados pela SciELO no biênio 2000-2001: Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia (0,0606), Pesquisa Veterinária Brasileira (0,0435) e *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science* (USP, SP) (0,0067).

5. DIVULGAÇÃO DA PESQUISA EM SUINOCULTURA NA RBZ E NO ABMVZ

Os periódicos incluídos neste levantamento foram a Revista Brasileira de Zootecnia (RBZ) e o Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia (ABMVZ), escolhidos em função do impacto internacional, determinado pelo índice de citação do ISI, e da abrangência de seus temas nas áreas de Medicina Veterinária e Zootecnia. As outras revista, apesar de terem índices maiores em 2001, dão destaque para as áreas de patologia

[2] LATINDEX (www.latindex.unam.mx/directo),

veterinária (PVB) e tecnologias agrícolas (PAB), fugindo do perfil proposto para este levantamento.

Ambas as revistas são bimestrais e possuem corpo editorial formado por pesquisadores de diferentes instituições. A RBZ é publicada há 20 anos pela SBZ, em Viçosa (MG). O ABMVZ é publicado desde a década de 1940 pela Escola de Veterinária da UFMG, em Belo Horizonte (MG), sendo, talvez, a mais antiga revista científica da área, no país. Atualmente, também são editadas eletronicamente.

Na Tab. 5, encontra-se o número total de trabalhos publicados por estas revistas, de 1995 a 2002, e a proporção de trabalhos relacionados à suinocultura.

Tabela 5. Número de trabalhos publicados na Revista Brasileira de Zootecnia e no Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, de 1995 a 2002

Ano	RBZ			ABMVZ		
	Total	Suínos	%	Total	Suínos	%
1995	101	10	9,9	82	6	7,3
1996	109	13	11,9	80	11	13,8
1997	180	15	8,3	76	1	1,3
1998	180	19	11,1	109	5	4,6
1999	192	10	5,2	102	8	7,8
2000	239	15	6,3	95	5	5,3
2001	285	27	9,5	124	5	4,0
2002*	250	12	4,8	112	1	0,9
Total	1536	121	7,9	780	42	5,4
Média	192	15		98	5	

* RBZ até o número 5.

A relação dos trabalhos publicados na RBZ e ABMVZ, por assunto, no período de 1995 a 2002, constam das Tab. 6 e 7, respectivamente.

Tabela 6. Número de trabalhos publicados em suinocultura na Revista Brasileira de Zootecnia, de 1995 a 2002, por assunto

Assunto	95	96	97	98	99	00	01	02	Total	%
Nutrição	6	12	11	12	8	12	15	11	87	71,9
- Alimentos	3	3	3	4	3	4	4	3	27	22,3
- Exigências	1	4	5	6	4	5	6	7	38	31,4
- Manejo	1	5	1	1	1	0	1	0	10	8,3
- Outros	1	0	2	1	0	3	4	1	12	9,9
Instalações e manejo	0	0	2	0	1	0	1	0	4	3,3
Melhoramento genético	2	1	1	3	1	3	8	1	20	16,5
Aspectos da carne suína	0	0	0	1	0	0	2	0	3	2,5
Bioclima e ambiência	0	0	1	3	0	0	0	0	4	3,3
Sistemas de produção	2	0	0	0	0	0	1	0	3	2,5
Total	10	13	15	19	10	15	27	12	121	100

Comparando-se estes dados com os da Tab. 1, nota-se que o assunto nutrição foi predóminante em ambas as publicações. Entretanto, a participação relativa nas subáreas relacionadas à nutrição foi diferente. Na RBZ, predominaram os artigos sobre exigências nutricionais, seguido pelo tema alimentos, somando mais de 53% dos trabalhos nessa área. Já nos anais da SBZ, a subárea predominante foi a de alimentos (32,5%), com pouca diferença na proporção de trabalhos sobre exigências nutricionais (16,6%), manejo nutricional (12,6%) e aditivos (11,3%).

No ABMVZ, a sanidade foi o assunto mais discutido, representando 33,2% dos trabalhos publicados sobre suinocultura. Em segundo lugar, destaca-se a nutrição com 26,2% do total. As subáreas de alimentos e exigências contribuíram em igual proporção (9,5%).

No levantamento das instituições que publicaram trabalhos sobre suínos na RBZ, nestes oito anos, a UFV destacou-se com aproximadamente 45% do total. Já no ABMVZ, a UFMG foi a instituição que mais contribuiu neste período, apresentando 21 trabalhos, que correspondem a 50% das publicações sobre suínos.

Tabela 7. Número de trabalhos publicados em suinocultura no Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, de 1995 a 2002, por assunto

Assunto	95	96	97	98	99	00	01	02	Total	%
Nutrição:	5	3	0	0	2	0	0	1	11	26,2
- Alimentos	2	2	0	0	0	0	0	0	4	9,5
- Exigências	1	1	0	0	2	0	0	0	4	9,5
- Manejo	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2,4
- Outros	1	0	0	0	0	0	0	1	2	4,8
Reprodução:	0	1	1	2	0	1	3	0	8	19,0
- Fêmeas	0	1	1	0	0	1	2	0	5	11,9
- Machos	0	0	0	2	0	0	1	0	3	7,1
Instalações e manejo	0	1	0	0	0	2	0	0	3	7,2
Melhoramento genético	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2,4
Aspectos da carne suína	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2,4
Sanidade	0	4	0	2	6	1	1	0	14	33,2
Patologia	1	1	0	0	0	0	1	0	3	7,2
Sistemas de produção	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2,4
Total	6	11	1	5	8	5	5	1	42	100

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos dados levantados nos anais (SBZ e ABRAVES) e revistas (RBZ e ABMVZ) analisados neste estudo, verificou-se que a maioria das pesquisas e trabalhos sobre suinocultura relaciona-se à área de nutrição. As subáreas de alimentos, exigências e manejo foram as mais abordadas.

VETERINÁRIA

Nicolaiewsky (1995) constatou que aproximadamente 70% das publicações na RBZ e nos anais das Reuniões da SBZ abordavam o assunto nutrição, com destaque para as subáreas de alimentos e exigências.

Estes resultados apontam para a SBZ como o canal preferencial de divulgação de resultados de pesquisa em nutrição de suínos, especialmente para os pesquisadores da UFV. Outras áreas, igualmente importantes em suinocultura, ganham proporcionalmente mais espaço nos eventos da ABRAVES e no ABMVZ.

É interessante destacar que a maior parte de trabalhos publicados sobre suínos no ABMVZ pertence à UFMG, instituição ligada à sua editora. Da mesma forma, a RBZ publica maior número de trabalhos provenientes da UFV, que está intimamente relacionada à editora (SBZ), desde a sua criação.

A divulgação de pesquisas brasileiras realizadas por instituições das regiões Nordeste, Norte e Centro-Oeste é irrisória, refletindo a concentração de recursos financeiros, materiais e humanos em pesquisa nas regiões Sudeste e Sul, bem como a importância da suinocultura como atividade econômica nestas regiões.

Esperava-se relação entre o número de resumos apresentados nos eventos e o número de trabalhos publicados nas revistas analisadas, o que não foi observado. Pode-se supor que os autores utilizem outros veículos de divulgação, de menor impacto e circulação restrita, ou que os trabalhos publicados na íntegra originem mais de um resumo ou, ainda, que os resultados de pesquisa não estejam sendo publicados em revistas científicas.

Finalmente, considera-se oportuno o desenvolvimento de projetos de editoração eletrônica, criação de bibliotecas virtuais e indexação das publicações nacionais e ibero-americanas, para que os pesquisadores brasileiros possam optar pelos veículos de maior circulação e impacto em todas as áreas do conhecimento, especificamente na suinocultura.

FOLHA DE SÃO PAULO. *Ranking* da ciência, edição de 19.09.1999. Caderno Especial.

NICOLAIEWSKY, S. O estado da arte e a necessidade de pesquisas futuras em suinocultura. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 32, 1995, Brasília. *Anais*... Brasília: SBZ, 1995. p. 474-477.

Cad. Téc. Vet. Zootec., n.42, p.16-26, 2003.

UTILIZAÇÃO DO ZnO NA DIETA DE LEITÕES RECÉM-DESMAMADOS

Vânia Maria *Arantes*
MedVet, DSc
vmarantes@ufu.br

Faculdade de Medicina Veterinária da UFU
Caixa Postal 593
38400-902

SUMÁRIO

1. Introdução 16
2. Importância do Zn como nutriente 17
3. Absorção e excreção do Zn 18
4. Efeito da suplementação de Zn no desempenho e prevenção da diarréia pós-desmame 19
5. Inter-relação do Zn com outros minerais e níveis tóxicos 21
6. Viabilidade econômica 23
7. Considerações finais 24

1. INTRODUÇÃO

O desmame de leitões em criações comerciais no Brasil é feito à idade média de 21 dias, o que constitui em fator estressante para os animais, uma vez que são associadas mudanças ambientes, sociais e nutricionais à uma idade precoce. De acordo com Easter (1993), as funções digestivas dos leitões desmamados precocemente são inadequadas, devido à insuficiente produção de ácido clorídrico e de enzimas digestivas, que torna incompleto o aproveitamento das dietas formuladas a base de grãos.

O período de 7 a 14 dias pós-desmame é considerado crítico, caracterizando-se por baixo consumo de ração e baixa digestibilidade, que resultam em estado geral de deficiência energética, levando à diminuição do ganho de peso e à ocorrência de diarréias, responsável por mortalidade e perdas significativas na produção. A *Escherichia coli*, habitante natural do trato gastrointestinal, é a bactéria usualmente associada às diarréias pós-desmame em suínos (Ziegerhofer,1988). Diante da necessidade de minimizar os efeitos do desmame sobre os leitões, alternativas com ênfase no manejo produtivo, nutricional e na área de biossegurança têm sido intensamente estudadas. Dentro da nutrição de suínos, pesquisas têm sido realizadas com a utilização de ingredientes e aditivos nas dietas, tais como diferentes fontes protéicas (subprodutos derivados do leite), prebióticos, probióticos, minerais, antimicrobianos, entre outros. A utilização de dietas complexas tornou-se uma realidade para modernos sistemas de criação, que buscam o máximo de produtividade, e contém alta porcentagem de produtos lácteos e/ou fontes protéicas

associadas a cereais, buscando a melhora da palatabilidade e da digestibilidade de seus ingredientes, para que favoreçam o desenvolvimento do animal ou o aumento nos níveis de ingestão de ração, sem predispor os leitões a problemas digestivos.

Devido à baixa absorção no trato gastrointestinal e baixo custo, a adição de altos níveis de zinco nas dietas pós-desmame é prática utilizada mundialmente, visando a prevenção da diarréia, já que os íons zinco (Zn) podem interagir com a *E. coli* inibindo e/ou reduzindo sua atividade no trato gastrointestinal dos suínos (Kasahara & Anraku, 1972, 1974; Rayman et al., 1972, Ziegehofer,1988; Holm, 1990; Fryer et al., 1992, Waern et al.,1996). Vários estudos demonstraram efeitos benéficos do uso de níveis de 2400 a 4000 ppm de Zn, tendo como fonte o óxido de zinco (ZnO), por períodos de 14 a 21 dias pós-desmame, sobre o desempenho dos leitões e/ou controle da diarréia (Pejsak et al., 1988, Holm, 1990; Bertol & Brito, 1992; Kavanagh, 1992; Menten et al., 1992; Waern et al.,1996; Poulsen, 1995, Smith et al., 1995, Tokach et al., 1998).

2. IMPORTÂNCIA DO ZN COMO NUTRIENTE

Os suínos requerem 14 elementos inorgânicos conhecidos como minerais essenciais, cientificamente comprovados, que possuem funções estruturais e regulatórias nos tecidos (NRC, 1988, 1998).

O zinco distribui-se amplamente nos tecidos vegetais e animais e, nestes, em concentrações elevadas nos músculos, pêlos, lã, fluidos reprodutores masculinos e *tapetum lucidum* (estrutura da membrana corióide da parede do globo ocular). Todos os órgãos, tecidos e fluidos corporais dos mamíferos contêm zinco e 95% do total é intracelular.

As funções do zinco parecem estar relacionadas ao processo fundamental de replicação celular e expressão gênica, bem como no metabolismo dos ácidos nucléicos e aminoácidos (Swenson, 1988). O zinco (Zn) é componente de metaloenzimas (tais como DNA e RNA transferases e sintetases, glutamato desidrogenase), de enzimas digestivas (como a carboxipeptidase), respiratórias (anidrase carbônica) e está associado ao hormônio insulina, exercendo importante papel no metabolismo de proteínas, carboidratos e lipídios. Cerca de 200 enzimas utilizam o zinco como cofator para suas atividades ótimas (Wardlaw & Insel, 1990), pois ele mantém a estrutura e função das biomembranas, inibindo a perda oxidativa por ligação em sítios já ocupados por metais com potencial para redução ou reagindo com radicais livres mediante sua ligação com a metalotioneína (House, 1999).

Segundo o NRC (1998), a exigência desse mineral varia dependendo da idade e do estádio fisiológico do suíno, sendo que leitões jovens podem requerer diariamente o mínimo de 15 ppm de Zn, leitões em crescimento, cerca de 50 ppm, e admite-se que os machos inteiros jovens possuem requerimento maior do que as leitoas, e estas, maior do que machos castrados de mesma faixa de idade. Para os animais em fase de reprodução, o requerimento de Zn ainda não foi bem estabelecido.

A deficiência de zinco em suínos resulta em acentuada redução do apetite e da taxa de crescimento e ocasiona paraceratose

(espessamento e hiperceratinização das células epiteliais da pele e do esôfago), podendo ainda prejudicar a função imune. Fêmeas alimentadas com dietas deficientes durante a gestação e a lactação produziram leite com baixa concentração de Zn, menor número de leitões, além de mais leves, e com taxa de Zn (sérica e tecidual) abaixo do normal. Nível baixo de Zn (13 ppm) fornecido no final da gestação prolongou a duração da parição. A deficiência de Zn retardou o desenvolvimento testicular de cachaços e tímico de leitões (NRC, 1988).

3. ABSORÇÃO E EXCREÇÃO DO Zn

De acordo com Swenson (1988), o zinco é pouco absorvido no trato gastrointestinal dos animais, sendo excretado em grande parte nas fezes, embora a urina também possa ser uma via de excreção. O equilíbrio endógeno do zinco deve-se principalmente às excreções pancreáticas, já que o mineral está ligado à molécula de insulina. Wardlaw & Insel (1990) afirmam que o zinco é absorvido no intestino delgado através de ligações com os receptores existentes nas microvilosidades das células epiteliais e transportado até o fígado pelo sistema hepatoporta, onde induz a formação de metalotioneína, enzima responsável pelo controle da absorção de cobre e zinco, envolvida no processo de absorção de ferro. A absorção aparente de Zn em leitões desmamados aos 4 dias de idade e submetidos a dietas contendo 100 ppm de Zn, foi de 26 a 28%, e não causou efeitos negativos no metabolismo do Fe ou Ca (Zinn et al., 1999).

Alguns fatores podem influenciar a absorção do zinco pelo animal. Segundo o NRC (1988, 1998), a exigência desse mineral varia também conforme a composição dos ingredientes da dieta, incluindo a presença de altos teores de fitato nas plantas, de picolinato, citrato, minerais (cálcio, cobre, cádmio e cobalto), histidina, nível e fonte de proteína, que reduzem a absorção do mineral pelas células epiteliais do intestino delgado, através da formação de complexos insolúveis ou reduzindo a ligação do zinco aos receptores da *brush-border membrane* ou microvilosidade (Guyton, 1989; Turnbull et al., 1991). Aiken (1992) realizou estudos *in vitro* com eritrócitos de ratos e sugeriu que a absorção do zinco possa estar ligada à formação de complexos aminoácidos, já que a presença de L-histidina afeta positivamente a absorção, enquanto que as formas D-histidina e L-cisteína inibem a absorção do zinco. House (1999) afirma que o *status* do Zn corporal afeta a excreção de Zn endógeno nas fezes, independente do efeito do consumo dietético de Zn, e que a homeostasia do Zn é mantida pela regulação da absorção do Zn alimentar e também pelo controle da secreção do Zn endógeno no trato intestinal. Bertolo et al. (2001a) demonstraram que o Ca^{+2} inibiu a absorção de Zn^{+2}, e sugeriram que ocorre competição por um mecanismo de transporte comum na microvilosidade, possivelmente através de uma via multimetal presente no intestino dos leitões. Em seguida, Bertolo et al. (2001b) detectaram que os minerais da dieta competem durante o transporte na microvilosidade, o que pode ajudar a explicar as interações antagonistas observadas *in vivo*, pois as concentrações de metais bivalentes (Ca, Mg, Fe, Cu, Cd, Mn) e a lactose podem afetar a absorção do Zn em leitões recém-nascidos.

VETERINÁRIA

Fryer et al. (1992) afirmam que as necessidades dietéticas de zinco variam conforme o tipo de ingredientes presentes na dieta que é fornecida e a fonte de suplementação de Zn utilizada: ZnO (óxido de zinco), $ZnSO_4$ (sulfato de zinco), $ZnCO_3$ (carbonato de zinco), ou aminoácido-quelato (Swinkels, 1992). Schell & Kornegay (1996) compararam diferentes níveis de suplementação de Zn (de 1000 a 3000 ppm) como também diferentes fontes, utilizando leitões desmamados de 23 a 25 dias de idade, e concluíram que, em termos de disponibilidade, a pior fonte foi o ZnO, apresentando-se como intermediárias as fontes Zn-metionina e Zn-lisina, e a melhor foi o $ZnSO_4$. De acordo com o NRC (1998), a biodisponibilidade do Zn varia conforme o tipo de sal utilizado. O zinco na forma de sulfato, carbonato, cloreto e nos complexos orgânicos está 100% disponível e na forma de óxido, de 50 a 80%. O Zn nos grãos e plantas com alto teor de proteína é muito pouco disponível, mas a adição de fitase microbiana pode aumentar sua biodisponibilidade. O Zn absorvido e retido geralmente é inferior a 50% do consumido. House (1999) classificou biodisponibilidade como a proporção da quantidade total de um elemento mineral presente em um alimento que é potencialmente absorvível na forma metabólica ativa. Considerou formas de se aumentar a quantidade de minerais nos grãos, ou reduzir os fatores antinutricionais, e afirma que substâncias como ácidos orgânicos (ascórbico, cítrico, málico e fumárico) e aminoácidos (metionina, cisteína, histidina) podem aumentar a biodisponibilidade de Fe ou Zn.

4. EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE Zn NO DESEMPENHO E PREVENÇÃO DA DIARRÉIA PÓS-DESMAME

O aparecimento de diarréias nos leitões desmamados é uma constante no manejo suinícola. A mudança brusca do hábito alimentar e as condições gerais de estresse, proporcionam uma inibição do sistema imunológico desses animais jovens, facilitando assim a multiplicação de bactérias patogênicas que, quando do período de aleitamento, mantinham-se em níveis controlados no trato gastrointestinal.

O mecanismo de ação dos íons zinco na prevenção da diarréia ainda permanece desconhecido. Pode ser que esteja relacionado com a inibição do transporte ativo de succinato para a célula de *E. coli* (Rayman et al., 1972), ou impedindo a atividade do sistema oxidase, inibindo a cadeia respiratória da bactéria (Kasahara & Anraku, 1972, 1974). Ziegerhofer (1988) relata que a *E. coli* poderia ser atenuada pelas modificações das condições bioquímicas que os íons zinco promovem no trato gastrointestinal, provavelmente inibindo seu desenvolvimento ou indiretamente através de uma alteração na microflora intestinal dos leitões recém-desmamados.

Alguns trabalhos demonstram efeitos benéficos da utilização de altas concentrações de zinco nas rações fornecidas no período pós-desmame (Holm, 1990; Bertol & Brito, 1992; Fryer et al., 1992; Menten et al., 1992; Lima et al., 1994).

Pejsak et al. (1988) relatam que o uso de doses de Zn, de 2500 a 3500 ppm, por 21 dias (7 dias pré-desmame + 14 dias pós-

desmame) foram eficientes em reduzir a incidência de diarréia em leitões desmamados com 42 dias de idade, os quais não apresentaram efeitos toxicológicos do Zn posteriormente nos tecidos, e demonstraram peso vivo superior aos 180 dias de idade (de 1 a 3kg) em comparação com o controle.

Holm (1990) observou que a adição de 3000 ppm de Zn nas rações de leitões desmamados aos 21 dias de idade, por um período de duas semanas, reduziu a mortalidade e a diarréia e proporcionou significativo aumento no ganho diário de peso, sem sinais aparentes de intoxicação.

Ao avaliarem o efeito da utilização do óxido de zinco *versus* sulfato de cobre no desempenho e no controle da diarréia pós-desmame em leitões desmamados com aproximadamente 6,5kg de peso vivo, Bertol & Brito (1992) concluíram que, do desmame aos 15,0kg de peso vivo, a adição de ZnO proporcionou melhor desempenho do que o $CuSO_4$, com ou sem restrição alimentar. Menten et al. (1992), utilizando leitões desmamados aos 31 dias de idade com peso médio de 7,4kg, verificaram que o uso de 3000 ppm de Zn melhorou a conversão alimentar, o consumo diário de ração e o ganho diário de peso, reduzindo a incidência de diarréia nas duas primeiras semanas pós-desmame.

Lima et al. (1994) estudaram dois períodos (14 ou 21 dias) de suplementação de zinco na dieta sobre o desempenho de suínos desmamados e concluíram que a suplementação de 2400 ppm de Zn (utilizando como fonte de suplementação o ZnO), durante 14 dias após o desmame, promoveu os melhores resultados de consumo de ração e ganho de peso, ao mesmo tempo que reduziu a incidência de diarréia, mas não houve diferença na incidência de diarréia entre o fornecimento por 14 ou 21 dias. Miyada et al. (1994) testaram a adição de 0, 750, 1500, 2250 e 3000 ppm de Zn, pela adição de ZnO na ração de leitões desmamados aos 36 dias de idade, com peso médio de 8kg, durante o período de 28 dias pós-desmame, e observaram efeito benéfico nas duas primeiras semanas, indicando que até o nível de 2250 ppm, o desempenho foi sensivelmente melhorado. De acordo com análise de regressão, o máximo ganho diário de peso e a melhor conversão alimentar foram obtidos com valores estimados em 2403 ppm e 1618 ppm de Zn, respectivamente.

Leitões desmamados aos 28 dias de idade, recebendo rações com adição de 2500 ppm de Zn, apresentaram melhor ganho diário de peso e eficiência alimentar, diminuindo em até 50% a incidência das diarréias pós-desmame, reduzindo também sua gravidade, quando comparados com aqueles que receberam ração-controle (Poulsen, 1995). Smith et al. (1995) estudaram a suplementação de diferentes níveis de Zn (165, 1000, 2000, 3000 e 4000 ppm) pela inclusão de ZnO em rações de leitões desmamados aos 13 dias de idade, e observaram os melhores resultados de desempenho quando o fornecimento foi de 4000 ppm de Zn nas duas primeiras semanas pós-desmame e 2000 ppm nas duas semanas seguintes. Le Mieux et al. (1995) forneceram 0, 3000, 6000 e 12000 ppm de Zn (fonte ZnO), durante três semanas pós-desmame, para leitões desmamados aos 28 dias de idade, e obtiveram os melhores resultados de desempenho com 3000 e 6000 ppm, sem diferença entre ambos.

31 OUT
VETERINÁRI

Mores et al. (1998) testaram diferentes marcas comerciais de ZnO disponíveis no mercado brasileiro, utilizando 0 e 2400 ppm de Zn e a inoculação de uma cultura de *E. coli* enteropatogênica, em leitões desmamados aos 21 dias. Os leitões que foram inoculados e não receberam ZnO apresentaram diarréia mais severa do que aqueles que receberam dieta suplementada, e apenas os leitões não inoculados foram negativos para *E. coli*. A eliminação da *E. coli* nas fezes iniciou-se no segundo dia pós-inoculação tanto nos leitões suplementados como nos não suplementados com ZnO e foi constante, indicando que o ZnO não inibiu a multiplicação da *E. coli* no intestino, não havendo diferença entre os tratamentos que receberam as diferentes marcas comerciais de ZnO. No segundo experimento, observaram redução significativa na incidência de diarréia entre os leitões que foram submetidos a dietas com 2400 ppm de Zn e inoculados com cepas de *E. coli*, comparados aos que receberam a dieta basal (0 ppm Zn). Esses resultados, associados à alta concentração de Zn nas fezes e à baixa ocorrência de diarréia, sugerem a existência de outros mecanismos de ação do Zn na prevenção da diarréia.

Bertol & Brito (1998) isolaram 35 cepas de *E. coli*, das quais 23 eram produtoras de verotoxina, e pela utilização de 3000 ppm de Zn por 21 dias pós-desmame e 1500 ou 3000 ppm por mais 21 dias pós-desmame, eliminou-se a mortalidade por doença do edema, pois quando se utilizou a suplementação de Zn apenas na primeira fase ainda houve 8,7% de mortalidade na segunda fase, mas alertam para o risco de ocorrência de intoxicação em animais recebendo alto nível de Zn por longo período.

5. INTER-RELAÇÃO DO Zn COM OUTROS MINERAIS E NÍVEIS TÓXICOS

Cox & Hale (1962) relatam que altos níveis dietéticos de zinco diminuem a absorção e a concentração de ferro hepático em suínos. Hsu et al. (1975) demonstraram que altos níveis de cálcio na dieta reduzem as concentrações de zinco e chumbo no sangue, rins, fígado e ossos de leitões desmamados, demonstrando que o Ca poderia apresentar um efeito protetor contra os efeitos adversos do chumbo e do zinco. O excesso de cálcio na dieta aumentou o requerimento de Zn (NRC, 1998).

A suplementação de níveis de Zn e Cu promoveu o acúmulo de Zn nos tecidos, principalmente no fígado e rins de leitões que foram alimentados com altos níveis dietéticos de Zn, quando foram observados valores normais de Cu plasmático de 1,39 a 1 78 µg/ml em leitões de 28 a 61 dias de idade (Roof & Mahan, 1982).

Hsu et al. (1975) apontam para o fato de que interações minerais podem ocorrer entre Ca, Pb e Zn, podendo aparecer sinais de toxicidade quando ocorre um desequilíbrio entre as proporções destes minerais, afirmando que altos níveis de Ca reduzem a severidade da toxicidade causada pelo Zn.

Fêmeas que receberam 5000 ppm de Zn (da fonte ZnO) durante os períodos de crescimento, gestação e lactação, mostraram sinais de gastrite, enterite, distúrbios neurológicos, hemorragias axilares e na cavidade abdominal, necrose renal e osteocondrose. Houve redução no tamanho da leitegada e no peso dos leitões ao des-

mame, que apresentaram baixos níveis de Cu, com tendência ao desenvolvimento de anemia (Hill et al., 1983a, b), demonstrando que o Zn interfere no metabolismo do Cu, aumentando sua excreção ou diminuindo sua absorção, mediante a indução da síntese de substâncias carreadoras de Cu. Maiores níveis de Cu e Zn foram encontrados nos rins dessas fêmeas aos dez, e posteriormente aos 14 meses de idade. Hill & Miller (1983) citam que em várias espécies o aumento de Zn na dieta reduz o Cu sangüíneo.

Na deficiência de Zn em suínos há redução da taxa e da eficiência de crescimento e dos níveis séricos de Zn, de albumina e de fosfatase alcalina (NRC, 1988). Altos níveis de Cu na dieta tendem a fazer com que diminuam as reservas hepáticas de zinco, provavelmente por competição pelo mesmo sítio de absorção (Wardlaw & Insel, 1990). Vellenga et al. (1992) afirmam que o zinco interage competitivamente pela absorção com alguns elementos como ferro, cobre e cálcio.

Adeola et al. (1995) avaliaram dois níveis de fitase (0 e 1500 U/kg de ração) e dois níveis de suplementação de Zn (0 e 100 mg/kg de ração) para leitões desmamados, e indicaram que a adição da fitase e suplementação de Zn aumentou a disponibilidade dos minerais Ca e P, mas reduziu a do Cu, fato que não ocorreu na ausência do Zn.

Miyada et al. (1996) detectaram níveis mais elevados de hematócrito e hemoglobina em função da suplementação com 2250 ppm de Zn por 28 dias pós-desmame. Mamani (1996) testou diferentes níveis de utilização de Cu e Zn na ração de leitões recém-desmamados sobre as características de desempenho e verificou interação significativa, demonstrando que o melhor resultado foi obtido com o nível de 2500 ppm de Zn na dieta, na ausência de Cu suplementar.

O NRC (1988) considera que a toxicidade do Zn depende da fonte utilizada, do nível na dieta, da duração do fornecimento e do nível dos outros minerais na dieta. Comparando diferentes fontes de Zn, leitões em crescimento suplementados com 2000 e 4000 ppm de Zn (da fonte $ZnCO_3$) manifestaram depressão, artrite, hemorragia axilar, gastrite e morte, enquanto que o nível de 1000 ppm de Zn (obtido a partir de ZnO ou de $ZnSO_4$) não foi tóxico.

Estudos utilizando níveis de 2400 a 4000 ppm de Zn não evidenciaram sintomas de intoxicação, êntero e colitoxemia ou doença do edema nos animais (Holm, 1990). De acordo com Vellenga et al. (1992), estudos histopatológicos de leitões que receberam 4000 ppm de Zn, pela utilização de ZnO, por um período de 3 a 5 semanas pós-desmame, não revelaram indicações de toxicidade pelo zinco na idade de abate, sugerindo que sua utilização não causou efeito prejudicial à saúde humana, mesmo considerando o impacto poluente relevante (eliminação de Zn nas fezes e altos níveis de Zn no fígado).

Miyada et al. (1994) relatam efeito benéfico do Zn suplementar até 2250 ppm nas duas primeiras semanas pós-desmame, enquanto que, nos animais que receberam 3000 ppm, a partir da terceira semana houve piora no desempenho, o que poderia ser indicativo de possível efeito tóxico desse alto nível e do tempo prolongado de utilização. Le Mieux et al. (1995) demonstraram que o nível de 12000 ppm de

Zn fornecido a leitões desmamados aos 28 dias de idade provocou depressão no crescimento.

Schell & Kornegay (1996) observaram que a utilização de 1000 a 3000 ppm de Zn melhorou o desempenho dos leitões, mas aumentou a concentração de Zn nos tecidos e concluíram que, para leitões que não apresentam diarréia, essa prática é desfavorável. Berto et al. (1997) concluíram que leitões desmamados aos 30 dias de idade, que receberam 2500 ppm de Zn na ração por 14 dias pós-desmame, aumentaram significativamente as concentrações de Cu e Zn nos rins e Zn no baço, não alterando as concentrações de ferro nestes órgãos, comparados aos que receberam 100 ppm de Zn.

Após 21 dias de fornecimento de 3000 ppm de Zn, leitões apresentaram aumento de 77,3% na concentração de Zn e redução nas concentrações de Cu (22%) e de Fe (12%) no fígado, e após 42 dias da suplementação houve aumento da concentração de Zn no fígado e redução na de Fe, mas não se observaram sinais clínicos de deficiência de Fe ou de toxidez pelo Zn (Bertol & Brito, 1998).

Mores et al. (1998) afirmam que leitões desmamados aos 21dias suplementados com 2400 ppm de Zn, eliminam 21 vezes mais Zn nas fezes e que a quantidade de Zn no fígado é 1,5 vezes maior que nos animais controle.

Hill et al. (2001) forneceram por 28 dias 0, 500, 1000, 2000 e 3000 ppm de Zn para leitões, sendo que um grupo foi desmamado de 11 a 15 e outro, de 21 a 25 dias de idade, para verificar o efeito de diferentes níveis de Zn sobre a idade do desmame. Observaram que nos dois grupos houve aumento no desempenho (29% *vs.* 10%), no consumo diário de ração (20% *vs.* 5%) e na eficiência alimentar (7% *vs.* 5%), cujos melhores valores pareceram atingir um platô com o nível de 2000 ppm de Zn, mas que nos níveis de 2000 e 3000 ppm houve redução no conteúdo de Cu e aumento no de Zn plasmáticos após os 28 dias de fornecimento. Arantes (2002) verificou que a utilização de 4500 ppm de Zn em rações de leitões por duas semanas pós-desmame pode elevar o nível sérico de Zn acima dos limites fisiológicos, além de provocar significativa depressão no consumo voluntário de ração.

Considerando que a literatura consultada não foi conclusiva em indicar a duração do período de fornecimento de ZnO ou quais os níveis seguros de Zn nas dietas que não interfiram nas condições fisiológicas do desenvolvimento dos leitões recém-desmamados, evidencia-se o fato de que autores como Vellenga et al. (1992) afirmem que o uso regular da suplementação de Zn na ração de leitões deveria ser evitado, devido ao significativo impacto ambiental que pode gerar.

6. VIABILIDADE ECONÔMICA

A literatura consultada não aborda a viabilidade econômica da utilização de altos níveis de Zn nas dietas, uma vez que o ZnO apresenta baixo custo. Os trabalhos citados focalizam como objetivos principais dados obtidos de melhora no desempenho (diminuição da taxa de mortalidade, melhora na conversão alimentar e no ganho diário de peso), diminuição dos índices de diarréia ou voltados à pesquisa de parâmetros biológicos. De certo modo, inferia-se que, quando o animal sobrevi-

via à doença do desmame ou não perdia peso, já estaria justificada a suplementação de Zn para leitões na fase pós-desmame. Arantes (2002) indicou que sob condições experimentais o melhor Índice de Eficiência Econômica foi obtido para leitões que receberam dietas contendo 1500 ppm de Zn, durante os primeiros 14 dias pós-desmame, embora não tenha ocorrido nenhum efeito residual no período subseqüente (até a saída da creche, aos 63 dias de idade).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando-se a ocorrência de aumento da concentração de Zn nas vísceras dos leitões que recebem suplementação de altos níveis de Zn (Berto et al., 1997), o comprovado impacto poluente, pois leitões desmamados aos 21 dias que receberam 2400 ppm de Zn eliminaram 21 vezes mais Zn nas fezes do que os animais controle (Mores et al., 1998), e o aumento da concentração sérica de Zn em leitões suplementados com altos níveis de Zn, embora reversíveis após a suspensão do fornecimento (Arantes, 2002), a adoção corrente de ZnO nas rações de leitões recém-desmamados revela-se um fato preocupante.

A mudança no tipo de ingredientes e outros aditivos utilizados nas dietas, incluindo a adoção de rações complexas para leitões e de normas de biossegurança mais rígidas, tem colaborado para minimizar o aparecimento de diarréias após o desmame, fato que desencadeou a utilização sistemática do ZnO nas rações de leitões recém-desmamados na última década.

Por isto, revendo-se os níveis de inclusão de Zn para leitões, em rações contendo ácido fumárico (1%) e plasma bovino (4%), sob condições experimentais, segundo Arantes (2002), a adição de 1500 ppm de Zn por 14 dias pós-desmame pareceu suficiente para melhorar o ganho de peso diário e a conversão alimentar de leitões desmamados aos 21 dias de idade.

ARANTES, VM. *Níveis de zinco na dieta de leitões recém-desmamados sobre: desempenho, incidência e gravidade de diarréia, isolamento de E. coli, perfil de parâmetros sangüíneos e avaliação econômica.* Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 2002. 81f. Tese (Doutorado em Zootecnia) -

ADEOLA, O et al. Phytase-induced changes in mineral utilization in zinc-supplemented diets for pigs. *J. Anim. Sci.*, v.73, p.3384-3391, 1995.

AIKEN, SP. Physiological transport of zinc. *Diss. Abstr. Int., Ann Harbor*, v.52, n.7, p.3462-B, 1992.

BERTO, DA; CURI, PR; WATANABE, LG. Efeitos da adição de cobre e zinco nas rações sobre a deposição de minerais no fígado, baço e rins de leitões. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 34. 1997, Juiz de Fora. *Anais*... Juiz de Fora, SBZ, 1997. p.75-77.

BERTOL, TM; BRITO, BG. Efeito do óxido de zinco x sulfato de cobre com ou sem restrição alimentar Sobre o desempenho e ocorrência de diarréia em leitões. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 29, 1992, Lavras. *Anais*... Lavras: SBZ, 1992. p. 369.

BERTOL, TM; BRITO, BG. Efeito de altos níveis de zinco suplementar no desempenho e mortalidade de leitões. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.33, n.9, p.1493-1501, 1998.

BERTOLO, RFP et al. Calcium competes with zinc for a channel mechanism on the brush border membrane of piglet intestine. *J. Nutr. Biochem.*, v.12, p.66-72, 2001a.

BERTOLO, RFP et al. Divalent metals inhibit and lactose stimulates zinc transport across brush border membrane vesicles from piglets *J. Nutr. Biochem.*, v.12, p.73-80, 2001b.

COX, DH; HALE, OM. Liver iron depletion without cooper loss in swine feed excess zinc. *J. Nutr.*, v.77, p.225-228, 1962.

EASTER, RA. Acidification of diets for pigs. In: Recent Developments in Pig Nutrition, 2, 1993, Nottingham. *Proceedings*... Loughborough: Nottingham University Press, 1993. p.256-266.

FRYER, A. et al. Effect of elevated dietary zinc on growth performance of weanling. *Swine Research Report*, Michigan State University, Agricultural Experimental Station East Lansing, n.520, p.128-132, 1992.

GARCIA-NAVARRO; CE; PACHALLY, JR. *Manual de hematologia veterinária*. São Paulo: Varela, 1994. 169p.

GUYTON, AC. *Tratado de fisiologia médica*. 7.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1989. 830p.

HILL, GM; MILLER, ER. Effect of dietary zinc levels on the growth and development of the gilt. *J. Anim. Sci.*, v.57, n.1, p.106-113, 1983.

HILL, GM et al. Effect of pharmacological concentrations of zinc oxide with or without the inclusion of an antibacterial agent on nursery pig performance. *J. Anim. Sci.*, v.79, p.934-941, 2001.

HOLM, A. *E.coli* associated diarrhoea in weaner pigs: zinc oxide added to the feed as a preventive measure? In: International Pig Veterinary Society Congress, 11, 1990, Lausanne. *Proceedings*... Lausanne: IPVS, 1990. p.154.

HOUSE, WA. Trace element bioavailability as exemplified by iron and zinc. *Field Crops Res.*, v.60, p.115-141, 1999.

HSU, FS et al. Interaction of dietary calcium with toxic levels of lead and zinc in pigs. *J. Nutr.*, v.105, p.112-118, 1975.

KASAHARA, M; ANRAKU, Y. Inhibition of the respiratory chain of *E. coli* by zinc ions. *J. Biochem.*, v.72, n.3, p.777-781, 1972.

KASAHARA, M; ANRAKU, Y. Succinate and NADH oxidase systems of *E. coli* membrane vesicles. *J. Biochem.*, v.76, n.5, p.967-976, 1974.

KAVANAGH, NT. The effect of feed supplemented with zinc oxide on the performance of recently pigs. In: International Pig Veterinary Society Congress, 1992, The Hague. *Proceedings*... The Hague: IPVS, 1992. p.616.

LE MIEUX, C et al. Excess dietary zinc for pigs weaned at 28 days. *J. Anim. Sci.*, v.73, suppl.1, p.72, 1995.

LIMA, GJMM et al. Efeito do período de suplementação de zinco na dieta sobre o desempenho de suínos desmamados. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.23, n.6, p.949-958, 1994.

MAMANI, NJP. *Efeitos da suplementação de altos níveis dietéticos de cobre e zinco no desempenho de leitões*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1996. 62f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)

MENTEN, JFM; MIYADA, VS; CITRONI, AR.. Suplementação de alto nível de zinco na dieta de leitões. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 29, 1992. Lavras. *Anais*... Lavras: SBZ, 1992. p.368.

MIYADA, VS et al. Níveis de zinco dietético suplementar como promotor de crescimento de leitões na fase de creche. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 31, 1994, Maringá. *Anais*... Maringá: SBZ, 1994. p.14.

MIYADA, VS; MENTEN, JFM; BOTELHO, FGA et al. Efeitos de níveis de zinco dietético suplementar e período de fornecimento sobre o desempenho de leitões em recria. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 33, 1996, Fortaleza. *Anais*... Fortaleza: SBZ, 1996. p.113.

MORES, N et al. Efeito do óxido de zinco no controle de diarréia pós-desmame em leitões infectados experimentalmente com *Escherichia coli*. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.50, n.5, p.513-523, 1998.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Nutrient requirement of swine. 9.ed. Washington: National Academy Press, 1988. 93p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Nutrient requirement of swine 10.ed. Washington: National Academy Press, 1998. 189p.

PEJSAK, Z et al. The effects of zinc oxide supplementation on pig productivity and Zn concentrations in tissues In: International Pig Veterinary Society Congress, 1988, Birmingham. *Proceedings*... Birmingham: IPVS, 1988. v.4, p.17.

POULSEN, HD. Zinc oxide for weanling piglets. *Acta Agric. Scand.*, v.45, p.159. 1995.

RAYMAN, MK et al. Transport of succinate in *E. coli*. *J. Biol. Chem.*, v.247, n.19, p.6332-6339, 1972.

ROOF, MD; MAHAN, DC. Effect of Carbadox and various dietary copper levels for weanling swine. *J. Anim. Sci.*, v.55, p.1109-1117, 1982.

SCHELL, TC; KORNEGAY, ET. Zinc concentration in tissues and performance of weanling pigs fed pharmacological levels of zinc from ZnO, Zn-methionine, Zn-lysine or $ZnSO_4$. *J. Anim. Sci.*, v.74, p.1584, 1996.

SMITH, JW et al. The effect of increasing zinc oxyde supplementation on starter pig growth performance. *J. Anim. Sci.*, v.73, suppl.1, p.72, 1995.

SWENSON, T. *Fisiologia veterinária*. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1988. 322p.

SWINKELS, JWGM. Availability of zinc from an amino acid chelate in Zn depleted pigs. *Diss. Abstr. Int.*, v.53 n.6, p.2598-B, 1992.

TOKACH, MD; GOODBAND, RD; NELSSEN, JL. Swine nutrition research 1997. In: Annual Pfizer Research Conference, 46, 1998, Dallas. *Proceedings*... Dallas: Pfizer, 1998. p.161.

TURNBULL, AJ; BLAKEBOROUGH, P; THOMPSON, RPH. The effects of dietary ligands on zinc uptake at the porcine intestinal brush-border membrane. *Pig News Inf.*, v.12, n.2, p.316, 1991.

VELLENGA, L et al. The effects of zinc oxide application on zinc levels in liver and feces in weaning and fattening pigs. In: International Pig Veterinary Society Congress, 1992, Netherlands. *Proceedings*... Netherlands: IPVS, 1992. p. 617.

WAERN, MJ et al. Zinc supplementation to weaned pigs. Effects on uptake, storage and morphology. In: International Pig Veterinary Society Congress, 1996, Bologna. *Proceedings*... Bologna: IPVS, 1996. p.690.

WARDLAW, GM., INSEL, PM. *Perspectives in nutrition*. Boston: Times Mirror/Mosby College Publ., 1990. p.422-427.

ZIEGERHOFER, J. Einfluss von Zinkoxid auf die enteropathogen *E. coli* von Absetzferkein im Feldversuch. Jahrgang: Wien. Tierärztl. Mschr., 1988. p.508.

ZINN, KR et al. ^{59}Fe is retained from na elemental ^{59}Fe powder supplement without effects on ^{65}zinc, ^{59}calcium and ^{67}copper in young pigs. *J. Nutr.*, v.129, p.181-187, 1999.

ATIVAÇÃO DO SISTEMA IMUNE E SUA CORRELAÇÃO COM A PRODUÇÃO E A NUTRIÇÃO DE SUÍNOS

Glauber S. Machado
MédVet., Mestrando em Zootecnia

Dalton de Oliveira Fontes
Méd.Vet., Dr., Prof.Adj.

Departamento de Zootecnia
Escola de Veterinária da UFMG
Caixa Postal 567
30123-970 Belo Horizonte, MG

SUMÁRIO

1. Introdução 27
2. Ativação do sistema imune e "estresse imunológico" 28
3. As citocinas inflamatórias e suas integrações metabólicas conhecidas 29
   3.1 Caracterização das citocinas e o conceito de "rede citocínica" 29
   3.2 Interações com o sistema nervoso central 31
   3.3 Efeito catabólico das citocinas 32
   3.4 Ação das citocinas sobre a partição de nutrientes 34
   3.5 Interações com outros processos fisiológicos 34
4. Impacto da ativação do sistema imune sobre o desempenho zootécnico em suínos 35
5. Impacto da ativação do sistema imune sobre as exigências nutricionais de suínos 38
6. Potencial para o uso de "marcadores" do estado de ativação do sistema imune 41
7. Considerações finais 42

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da moderna suinocultura vem sendo caracterizado pela intensificação dos processos de criação, pelo aumento no volume de produção e pela demanda de maximização da eficiência técnico-econômica do investimento. À 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.

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). A esse novo campo do conhecimento dá-se o nome de *imunofisiologia*. Atualmente, há evidências suficientes para concluir que os componentes do sistema imune estão intimamente relacionados com outros sistemas como o cardiovascular, o neuro-endócrino e o nervoso central (Kelley et al., 1994).

Historicamente, a maior parte da pesquisa aplicada à interação entre produção animal e imunidade esteve focalizada em mecanismos que otimizassem a resposta imune. Na última década entretanto houve maior compreensão da influência do sistema imune sobre o desempenho zootéc-

nico e as exigências nutricionais dos animais (Shurson & Johnston, 1998). Esses estudos só se tornaram possíveis após a elucidação parcial dos mecanismos que promovem a interação entre o sistema imune e outros sistemas fisiológicos. Extensas pesquisas em pessoas e animais de laboratório, a partir da década de 80, levaram à constatação do envolvimento de mediadores protéicos na modulação da resposta imune e na complexa rede de interações imunofisiológicas. Esses mediadores protéicos continuam a ser estudados e gradativamente desvendados, sendo que sua manipulação experimental tem viabilizado grandes descobertas no campo da interação entre imunidade e produção animal (Johnson, 1997).

Este seminário tem por objetivo revisar os recentes avanços no conhecimento sobre o impacto metabólico da ativação do sistema imune e suas implicações na produção e nutrição de suínos. Os efeitos sobre o desempenho zootécnico e sobre o metabolismo de alguns nutrientes são particularmente enfatizados. Para possibilitar um entendimento mais completo sobre o tema, uma revisão sobre os processos imunofisiológicos desencadeados pela ativação do sistema imune também integra este trabalho.

2. ATIVAÇÃO DO SISTEMA IMUNE E "ESTRESSE IMUNOLÓGICO"

A resposta imunológica representa uma complexa reação do sistema imune frente ao contato com substâncias antigênicas, compreendendo mecanismos de defesa específicos e inespecíficos, os quais visam combater o agente agressor, seja ele um vírus, bactéria, toxina ou outra substância estranha qualquer. Assim sendo, o sistema imune torna-se essencial à vida e à promoção da homeostase biológica. Uma de suas propriedades mais importantes é a capacidade de reconhecer e diferenciar o estímulo a que é submetido, evitando assim a elaboração de processos reativos contra componentes do próprio organismo ao qual pertence (Tizard, 1998).

Uma ampla variedade de células e mediadores está envolvida na resposta imune, sendo que a população leucocitária mais profundamente envolvida nos mecanismos de imunidade é aquela representada pelos linfócitos. A medula óssea e o timo representam os órgãos linfóides primários, onde ocorre a produção e a maturação dos linfócitos B e T, respectivamente. Já nos órgãos linfóides secundários (linfonodos, baço e tecidos linfóides associados às mucosas) ocorre prioritariamente a estimulação das células linfóides pelos antígenos (Arias & Sánchez-Vizcaíno, 1999). O sistema imune, todavia, é essencialmente um sistema interativo, caracterizado por uma extensa rede de comunicação entre células e órgãos diferentes. Uma abordagem compartimentalizada desse sistema, portanto, obedece tão somente a um propósito didático, não representando em absoluto a sua verdade fisiológica.

Não faz parte do objetivo desta revisão uma abordagem mais extensa sobre os mecanismos básicos de funcionamento do sistema imune. Sua complexidade vai muito além da interação entre poucos tipos celulares, atingindo uma grande variedade de processos fisiológicos. Para que ocorra efetiva interação, é necessário que as células envolvidas possam estar altamente sensíveis ao ambiente extracelular. Essa sensibilidade se manifesta através de uma ampla variedade de re-

ceptores de superfície, os quais se conjugam com seus ligantes e promovem assim a *transdução de sinais*, ou seja, a conversão de um sinal extracelular em uma série de eventos intracelulares (ativação de sistemas enzimáticos, indução de transcrição, ativação gênica), alterando de forma marcante o comportamento celular (Tizard, 1998).

O objetivo maior da resposta imune, em última análise, é a manutenção da homeostase, ou seja, o retorno à normalidade fisiológica anterior à ativação antigênica. Para isso, os integrantes do sistema imune desencadeiam uma série de respostas metabólicas, neuro-endócrinas e comportamentais que compõem o chamado *estresse imunológico* (Johnson, 1997). Essa integração de respostas só é possível através de mediadores específicos que possam interagir com outros sistemas no organismo (Fossum, 1998). Com o recente acúmulo de informações derivadas da pesquisa aplicada, pode-se afirmar que a modulação das interações imunofisiológicas dos animais dá-se em grande parte pela participação de moléculas chamadas *citocinas* (Murtagh, 1994).

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 (Klasing & Austic, 1984a; van Heutgen et al., 1994; Dritz et al., 1996; Williams at al., 1997a,b,c; Sauber et al., 1999). Essa redução nos índices produtivos, observada durante e após o estresse imunológico, é coordenada pela liberação das citocinas. Um entendimento mais abrangente sobre os efeitos das citocinas e dos seus receptores nas espécies animais é pré-requisito para compreender e principalmente incrementar a eficiência produtiva de animais imunologicamente ativados (Johnson, 1997).

3. AS CITOCINAS INFLAMATÓRIAS E SUAS INTEGRAÇÕES METABÓLICAS CONHECIDAS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DAS CITOCINAS E O CONCEITO DE "REDE CITOCÍNICA"

A resposta geral do sistema imune a um desafio antigênico é iniciada através da secreção de uma ampla variedade de componentes mediadores, denominados citocinas. 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). As citocinas agem em vários alvos celulares. Podem, por exemplo, conjugar-se com receptores na membrana da própria célula que as produziram (efeito *autócrino*). Também são observados efeitos em alvos celulares vizinhos (efeito *parácrino*), bem como a ação interativa em células de tecidos distantes (efeito *endócrino*). Estruturalmente as citocinas são proteínas, cuja molécula pode estar classificada em um dentre quatro grupos estruturais distintos, baseados no arranjo molecular de suas cadeias peptídicas. Essa classificação estrutural acaba por gerar padrões de atividade biológica típicos para cada um dos quatro grupos estruturais (Tizard, 1998).

Originalmente pensava-se que esses mediadores protéicos funcionassem apenas como moléculas de comunicação entre

leucócitos e, por isso, deu-se a eles o nome genérico de *interleucinas* (Kelley et al., 1993). A nomenclatura atual coloca as principais citocinas conhecidas em uma das seguintes denominações gerais: *interleucinas* (ILs), *interferons* (IFNs), *fatores de necrose tumoral* (TNFs), *fatores de crescimento* e *quimiocinas*. Para cada uma dessas categorias gerais, há diversas moléculas distintas. Em uma compilação recente, Tizard (1998) cita a ocorrência de 17 interleucinas (IL-1 a IL-17) identificadas. Estudando aspectos biológicos e moleculares da produção de interferons por suínos, Bonnardière et al. (1994), por sua vez, citam que três interferons do tipo I (IFN-α, β e ω) e um interferon do tipo II (IFN-γ) já foram identificados nessa espécie.

Na última década, diversas citocinas suínas foram clonadas e mais profundamente estudadas, seja pelo interesse em sua participação na etiopatogenia de importantes doenças ou mesmo pelo crescente uso da espécie suína como modelo para pesquisas biomédicas voltadas à medicina humana (Kelley et al., 1994). O papel dos suínos como potenciais doadores de órgãos para xenotransplantes a seres humanos contribui ainda mais para a grande atenção que a comunidade científica mundial tem dado à imunologia suína (Wattrang et al., 1997).

Já está constatado que diversas citocinas são sintetizadas por células não pertencentes ao sistema imune como os astrócitos do cérebro ou mesmo os trofoblastos do embrião suíno. Reconhece-se ainda que a mesma citocina pode ter diferentes efeitos fisiológicos (*pleiotropia* citocínica) e ainda que citocinas distintas podem demonstrar papéis metabólicos semelhantes (*redundância* citocínica), ficando assim caracterizadas duas importantes propriedades dessas moléculas (Kelley et al., 1993; Bonnardière et al., 1994; Johnson, 1997; Tizard, 1998). Apesar da existência comprovada das propriedades de redundância e pleiotropia citocínica, está também claro que certas citocinas são mais potentes que outras na indução de algumas respostas específicas. A IL-1, por exemplo, reduz o consumo de alimento e altera o metabolismo de glicose de forma bem mais drástica que o TNF-α (Kelley et al., 1993). A complexa teia de interações entre todos os tipos celulares do sistema imune pode ser denominada "rede citocínica", sendo comprovadamente mediada por muitas citocinas diferentes. Além de promover a interação entre componentes celulares do sistema imune, as citocinas agem ainda como importantes mediadores e reguladores de funções em outros sistemas fisiológicos, formando o chamado complexo imuno–neuro-endócrino (Fossum, 1998).

Sugere-se que de maneira geral antígenos bacterianos induzam preferencialmente a síntese de IL-1, TNF-α, IL-6 e IL-8, enquanto que a ativação por antígenos virais é usualmente indutora de interferons do tipo 1 (IFN-α e IFN-β). Essa postulação entretanto não limita a amplitude de possíveis respostas secretórias, havendo ainda muito por se conhecer sobre essa interação (Fossum, 1998). A experimentação animal tem se concentrado sobre aquelas citocinas reputadas como responsáveis pelos efeitos depressivos de maior magnitude sobre a produção. Particularmente em suínos, a IL-1, IL-6, TNF-α (e eventualmente alguns tipos de IFN) têm merecido maior destaque e portanto são mais extensamente revisadas. IL-1, IL-6 e

31 VETERINÁRIA

TNF-α são citocinas significativamente redundantes, ou seja, compartilham diversas propriedades biológicas em comum (Johnson, 1997).

3.2 INTERAÇÕES COM O SISTEMA NERVOSO CENTRAL

Há não muito tempo, pensava-se que o cérebro era totalmente isento de reações imunológicas e que mediadores protéicos (atuais citocinas) derivados de leucócitos ativados atuariam apenas na intercomunicação entre leucócitos. Uma após outra, essas percepções foram sendo derrubadas à luz de novos conhecimentos, dando lugar a uma visão nova e completamente integrada do sistema imune (Kelley et al., 1994). Sabe-se atualmente que as citocinas podem ganhar acesso ao Sistema Nervoso Central (SNC) por várias formas: utilizando transportadores específicos no endotélio vascular cerebral, induzindo sua própria síntese por células do SNC ou alcançando as regiões ventriculares onde não há barreira hematencefálica, entre outras. Além disso, está evidenciada a presença de células processadoras de antígenos no próprio SNC (Kelley et al., 1994; Johnson, 1997).

A capacidade de algumas células do SNC em sintetizar citocinas está claramente comprovada. Considerado até então como um sítio imunologicamente privilegiado no organismo, o SNC passa a ser analisado atualmente como um local que expressa receptores tipicamente associados com o sistema imune. Em uma revisão sobre as interações imunofisiológicas até então conhecidas, Kelley et al. (1994) afirmam que as citocinas inflamatórias, incluindo IL-1, IL-6 e TNF-α, sinalizam ao cérebro sobre o início de uma resposta imune. O cérebro, por sua vez, desencadeia reações homeostáticas tais como febre, sonolência, letargia e anorexia, além de disparar várias respostas endócrinas através do eixo hipotalâmico-hipofisário.

A Fig.1 ilustra algumas das ações gerais de importantes citocinas envolvidas na resposta imune. Os macrófagos ativados são apenas um exemplo das muitas células que disparam a resposta citocínica.

Já foi constatado que estímulos inflamatórios periféricos também induzem a síntese de IL-1, IL-6 e TNF-α no cérebro (Johnson, 1997), e não somente a síntese periférica dessas citocinas, com seu conseqüente transporte até o SNC. Procurando explicações anatomofisiológicas para esse fenômeno, estudos recentes sugeriram que um dos mecanismos certamente envolvidos é a conexão neural (estímulos vagais aferentes, provenientes das vísceras), sugerindo uma ligação imunoneural independente da circulação sanguínea. Uma evidência dessa conexão neural foi a inibição de sinais comportamentais típicos de doença (anorexia, letargia, sonolência), quando realizada a vagotomia subdiafragmática em camundongos injetados com antígeno LPS (lipopolissacáride), por via intraperitoneal (Layé et al., 1995; Bluthé et al., citados por Johnson, 1997).

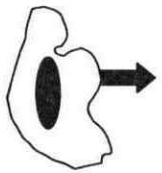
	IL-1 ➡	SISTEMA NERVOSO CENTRAL	- anorexia - febre - letargia - neuro-endócrinas
	IL-6 TNF-α ➡	TECIDOS PERIFÉRICOS	- lipólise - proteólise - ↑prot fase ag. - ↓ Fe / ↓ Zn
Macrófagos	Citocinas	Alvos	Efeitos

Figura 1. Algumas ações gerais da rede citocínica (Adaptado de Baker & Johnson, 1999)

Muitos dos efeitos metabólicos gerados pela ativação imune periférica são mediados pela ação de citocinas no cérebro. A demonstração experimental do efeito marcante de algumas citocinas sobre o consumo de alimento por animais é extensa e consensual (Klasing et al., 1984; Webel et al., 1997; Williams et al.,1997a,b,c; Sauber et al., 1999). O efeito anoréxico da IL-1 e de algumas outras citocinas já foi exaustivamente demonstrado, sendo que as citocinas têm sido apontadas como atuantes sobre as estruturas nervosas centrais envolvidas na regulação do apetite e saciedade, especialmente no hipotálamo. Experimentos baseados na injeção periférica ou central de um antagonista competitivo do receptor da IL-1 (IL-1ra) demonstraram, todavia, que os receptores que medeiam os efeitos anoréxicos e pirogênicos das citocinas são heterogêneos, ou seja, tanto centrais como periféricos (Kelley et al., 1993).

Outros efeitos centrais mediados pela rede citocínica compreendem a redução na síntese de hormônios anabólicos como a somatotropina (GH) e o fator-1 de crescimento semelhante à insulina (IGF-I), bem como o aumento na secreção de hormônios catabólicos, tais como os glucocorticóides. O aumento na secreção desses corticóides é mediado pela ação direta da IL-1 sobre o hipotálamo medial e a conseqüente liberação aumentada de CRH (hormônio liberador de corticotropina). O CRH atua na adenoipófise, promovendo maior síntese e liberação do ACTH (hormônio adrenocorticotrópico), que induz o aumento na síntese periférica dos glucocorticóides (Kelley et al., 1994; Sauber et al., 1999).

3.3 EFEITO CATABÓLICO DAS CITOCINAS

O sistema imune é dependente de aporte protéico para a produção de todos os componentes envolvidos em uma resposta imune (citocinas, imunoglobulinas, proteínas de fase aguda, entre outras). Normalmente os ensaios voltados à determinação de alterações metabólicas advindas de processos de infecção correm o risco de confundir os efeitos da ativação do sistema imune com os efeitos invasivos do patógeno em si (Klasing & Austica, 1984a). Neste sentido, esses mesmos autores desenvolveram um clássico experimento com o objetivo de analisar isoladamente as alterações no metabolismo

protéico em aves imunologicamente ativadas com antígenos não infecciosos (hemácias de ovinos e *E. coli* K87 inativada). Os resultados demonstraram que houve significativa alteração no metabolismo do nitrogênio tecidual. Os autores sugerem ainda que as alterações metabólicas provavelmente representam um mecanismo de homeostase, onde uma "troca" de aminoácidos entre tecidos ocorre para permitir o aporte protéico demandado pela ativação da resposta imune. Mesmo tendo realizado esse experimento em uma época em que ainda era rudimentar o conhecimento sobre os mediadores citocínicos, os autores já sugeriam que as células fagocíticas acionadas (macrófagos, neutrófilos) provavelmente estariam secretando "substâncias" indutoras de uma extensa alteração no metabolismo nitrogenado.

Trabalhos subseqüentes e igualmente importantes (Klasing & Austic, 1984b,c) estimaram as taxas de síntese e de degradação protéica em diversos tecidos incubados, oriundos de aves imunologicamente desafiadas. Encontraram uma significativa redução na síntese protéica muscular, acompanhada de maior taxa de degradação, paralelamente a maior síntese protéica nos tecidos imunes avaliados (bursa e baço) e no fígado, evidenciando o envolvimento dos mesmos na ativação imune. Os autores concluem que há um aumento na demanda de aminoácidos para a síntese protéica comandada pela resposta imune. Essa demanda protéica estaria sendo abastecida pela liberação de aminoácidos do tecido muscular, evidenciando o catabolismo que ocorre nesse tecido e a interação complexa entre a resposta imune e o metabolismo animal com um todo.

Muitos trabalhos se seguiram procurando esclarecer os mecanismos envolvidos no catabolismo protéico muscular, típico da resposta imune. Sabe-se atualmente que a degradação acelerada da proteína muscular e a intensa secreção de proteínas hepáticas de fase aguda são características marcantes da resposta imune (Johnson, 1997). Essas proteínas hepáticas fazem parte integrante da reação imunológica e compreendem uma imensa gama de moléculas específicas, dentre as quais estão os componentes do complemento, as haptoglobinas, a AGP (α-1- acilglicoproteína) e alguns fatores de coagulação (Tizard, 1998). Três citocinas específicas, a IL-1, IL-6 e TNF-α, são as responsáveis primárias por induzir esse aumento na síntese das proteínas hepáticas de fase aguda, sendo que durante a resposta inflamatória algumas dessas proteínas estão aumentadas em até centenas de vezes em relação aos seus níveis séricos basais. Dentre as três citocinas envolvidas, está claro que a IL-6 tem a maior importância na ativação secretória dos hepatócitos, promovendo ainda maior captação de aminoácidos por essas células (Johnson, 1997).

Com o propósito de mensurar os níveis plasmáticos de IL-6, TNF-α, cortisol, nitrogênio-uréia plasmático e outros metabólitos em suínos imunologicamente ativados, Webel et al. (1997) simularam um desafio antigênico através da injeção intraperitoneal de LPS (lipopolissacáride), um importante componente antigênico da parede celular de bactérias Gram-negativas. Esses autores confirmaram os efeitos catabólicos anteriormente descritos, evidenciando ainda um aumento nos níveis plasmáticos das citocinas IL-6 e

TNF-α, além de níveis elevados de cortisol. Os autores sugerem que, embora as citocinas inflamatórias possam agir diretamente sobre a musculatura esquelética e acelerar a degradação protéica, elas também induzem várias outras respostas endócrinas que levam à proteólise. Uma dessas respostas, por exemplo, é o estímulo que a IL-1, a IL-6 e o TNF-α promovem sobre o eixo hipotalâmico-hipofisário, estimulando a secreção de CRH (hormônio liberador da corticotropina) que, em última análise, elevará os níveis de glucocorticóides secretados. O aumento na secreção de glucocorticóides (imunossupressores) representa um mecanismo de *feed-back* negativo para evitar uma reação exagerada do sistema imune. Mas, além do efeito de auto-regulação, sabe-se que os glucocorticóides promovem também diversos outros efeitos metabólicos em nível periférico. No fígado, por exemplo, eles são anabólicos e incrementam a síntese protéica. Já no tecido muscular e no tecido adiposo, os glucocorticóides são catabólicos e facilitam a proteólise e a lipólise, respectivamente (Webel et al., '997).

3.4 AÇÃO DAS CITOCINAS SOBRE A PARTIÇÃO DE NUTRIENTES

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. As citocinas estão envolvidas nesse processo através da geração de resistência à insulina nas células da musculatura esquelética e do tecido adiposo, agindo diretamente sobre os receptores de insulina e os transportadores de glicose (Shurson & Johnston, 1998). A participação da IL-1 na inibição dos efeitos anabólicos da insulina sobre músculos esqueléticos já foi experimentalmente demonstrada em aves (Klasing & Johnstone, 1991).

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 deaminação de aminoácidos para a produção de substrato suficiente para a gluconeogênese, visando atender à maior demanda por carboidratos de fácil utilização e, assim, suprir a necessidade energética do sistema imune ativado (Shurson & Johnston, 1998).

3.5 INTERAÇÕES COM OUTROS PROCESSOS FISIOLÓGICOS

Outras interações entre a resposta citocínica e a fisiologia animal já foram evidenciadas experimentalmente. Com o objetivo de estudar a suposta participação das infecções uterinas na patogênese da ruptura prematura de membranas fetais (PROM) em mulheres, Chao et al. (1994)

avaliaram o efeito da estimulação antigênica de células deciduais (macrófagos, linfócitos e outras células do endométrio) sobre a secreção de prolactina por células desse tecido endometrial. Os autores concluíram que a estimulação antigênica com LPS (lipopolissacáride) inibe a produção de prolactina de células deciduais humanas. A prolactina, além de possuir efeito lactogênico, atua sobre a produção do surfactante pulmonar do feto e inibe a produção de PGE_2 (prostaglandina E_2) pelo âmnio, podendo assim estar envolvida na patogênese dos problemas de parto estudados. Os autores sugerem a provável participação das citocinas (liberadas por macrófagos deciduais ativados) como mediadores dessa inibição sobre a secreção de prolactina.

O impacto da resposta imune sobre a produção de leite também já foi evidenciado em bovinos de leite e em suínos. Avaliando a produção de leite em vacas das raças Jersey e Holandesa submetidas à injeção intravenosa de 100 μg de endotoxina extraída de *E. coli*, Shuster et al. (1991a) constataram uma redução de 33% na produção leiteira durante o período experimental. Por se tratar de estímulo antigênico não infeccioso e não haver resposta inflamatória local nas glândulas mamárias, os autores sugerem a ocorrência de um "mecanismo sistêmico" para a hipogalaxia provocada por mastites endotoxínicas, e não apenas uma resposta inflamatória local. A época em que se realizou esse experimento não permitia conclusões mais elaboradas a respeito do envolvimento citocínico na resposta estudada, mas a discussão dos resultados pelos autores já sugere um processo imunofisiológico bem mais abrangente que uma simples resposta local.

Avaliando o efeito de uma ativação crônica do sistema imune sobre o desempenho da lactação em porcas, Sauber et al. (1999), por sua vez, constataram uma significativa redução no consumo diário de ração e na produção estimada de leite. A composição do leite não foi alterada, para os elementos avaliados (proteína, gordura, cinzas, lactose e energia estimada). Nesse experimento, os autores impuseram uma ativação *crônica* do sistema imune, através da emulsificação do antígeno LPS em adjuvante oleoso. Com isso, a redução na produção leiteira prolongou-se por mais tempo do que o observado por Shuster et al. (1991a) com a estimulação aguda do sistema imune. Os autores (Sauber et al., 1999) sugerem que a inibição dos hormônios lactogênicos (GH, IGF-I e prolactina), mediada pela rede citocínica da inflamação, é o principal fator determinante dos efeitos negativos observados na lactação de fêmeas suínas imunologicamente ativadas. A ativação imunológica crônica representa com mais fidelidade as condições práticas encontradas nos sistemas de produção de suínos, quando comparada à ativação aguda.

A descoberta de novas e elucidativas interações da rede citocínica com a fisiologia animal é totalmente dependente do avanço no conhecimento sobre a biologia das citocinas, o qual é impulsionado pelas técnicas de biologia molecular e clonagem das mesmas. Esse avanço irá proporcionar, cada vez mais, uma base racional para o incremento da saúde e da produção de suínos (Murtagh, 1994).

4. IMPACTO DA ATIVAÇÃO DO SISTEMA IMUNE SOBRE O DESEMPENHO ZOOTÉCNICO EM SUÍNOS

O desempenho animal resulta de uma complexa interação de processos biológicos. Esses processos são regulados pela conjunção de fatores genéticos e ambientais que intermedeiam o metabolismo. Fatores ambientais, tais como condições térmicas, manejo nutricional e padrão sanitário, irão definir qual a proporção do potencial genético que os animais poderão efetivamente expressar (Williams, 1998). Dentre essas variáveis não genéticas, o padrão sanitário é uma das mais decisivas para a otimização do desempenho zootécnico alcançado com um determinado genótipo. 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).

Até pouco tempo atrás, predominava a forte convicção de que, para a produção zootécnica ótima, uma resposta imune maximizada seria sempre a situação ideal. Diversos estudos, porém, têm demonstrado que um sistema imune ativado pode afetar de forma adversa o desempenho dos animais (Klasing & Austic, 1984; Cook et al., 1993; van Heutgen et al., 1994; Dritz et al., 1996; Williams et al., 1997a,b,c). Essa percepção já faz parte integrante da indústria mundial de produção de suínos, onde é crescente a busca por sistemas de produção que permitam o mínimo contato dos suínos com agentes patogênicos diversos. Em um clássico e pioneiro experimento, Alexander et al. (1980) conseguiram produzir suínos livres de determinados patógenos, submetendo os leitões a um protocolo de antibioticoterapia, desmamando-os precocemente e criando-os em sítios segregados, ou seja, sem contato com o rebanho de origem. Diversos trabalhos se seguiram, enfatizando a importância decisiva do componente imunológico para o sucesso da produção segregada e permitindo adaptar a técnica às condições comerciais de produção. Esses estudos geraram a base fundamental para a atual *produção segregada* ou *produção em sítios*, a qual representou uma verdadeira revolução nos métodos de produção de suínos (Machado, 1999).

Na *Produção Segregada*, procura-se maximizar a aquisição de imunidade passiva pelos leitões e desmamá-los antes que os níveis adquiridos passivamente caiam a patamares que permitam a contaminação com patógenos específicos presentes nas porcas que os amamentam. Ao desmame, os leitões são então *segregados*, ou seja, não mais terão contato horizontal com os patógenos do rebanho de origem. Como se trata de imunidade passivamente adquirida, os leitões assim produzidos não sofrerão toda a gama de alterações metabólicas e fisiológicas que caracterizam a ativação do sistema imune. Uma parcela significativa da suinocultura mundial está migrando rapidamente para os sistemas de produção segregada, com o objetivo de capturar os imensos benefícios zootécnicos demonstrados pelos animais com sistema imune fracamente ativado (Dritz, 1996; Machado, 1999).

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

VETERINARIA

anorexia manifestada tipicamente no curso de uma doença (Kelley et al., 1993). Fato novo e relevante, porém, é a crescente elucidação dos mecanismos que medeiam essa interação entre sistema imune e desempenho animal. Aqueles mesmos autores relacionam uma série de evidências que, quando analisadas em conjunto, confirmam a participação do componente imunológico no efeito anoréxico observado em animais doentes, a saber:

- ✓ diversos patógenos induzem a síntese e secreção de citocinas inflamatórias por células mielóides;
- ✓ a injeção direta de citocinas recombinantes leva à redução no consumo voluntário de alimento;
- ✓ o efeito anoréxico de pelo menos uma dessas citocinas (IL-1) pode ser bloqueado por um antagonista específico de receptor;
- ✓ receptores específicos para as citocinas estão presentes no sistema nervoso central.

Além dos efeitos sobre o consumo voluntário, estão comprovadas diversas interferências das citocinas sobre outros sistemas fisiológicos, levando ao catabolismo muscular (proteólise), aumento na gluconeogênese, 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).

O impacto econômico da redução no ganho de peso de suínos imunologicamente ativados, todavia, será dependente do mecanismo pelo qual esse ganho foi afetado. Se o mecanismo predominante for o menor consumo voluntário de ração, o impacto econômico sobre a produção será menor do que aquele causado pela redução na eficiência de conversão alimentar (Dritz et al., 1996). Com o objetivo de dimensionar a proporção relativa do efeito de cada um desses fatores sobre o desempenho, esses autores delinearam um interessante ensaio. Além de um grupo de suínos controle não ativados (grupo 1) e outro grupo com ativação imune induzida (grupo 2), incluíram um terceiro grupo sem ativação antigênica, mas submetido à restrição alimentar (grupo 3), de tal forma que fosse imposto a esse grupo um consumo idêntico ao do grupo submetido ao estresse imunológico induzido (grupo 2). Com esse delineamento, puderam analisar separadamente os efeitos da ação citocínica geral (grupo 2) daqueles gerados diretamente pelo menor consumo em si (grupo 3). Os autores concluíram que aproximadamente dois terços da redução no ganho de peso foram causados pela redução no consumo voluntário de ração, enquanto que os 33% restantes foram ocasionados pela queda na eficiência de conversão alimentar induzida pela ativação da rede citocínica (Dritz et al., 1996).

Avaliando o impacto da ativação do sistema imune sobre o desempenho de 96 suínos desmamados aos 21 dias de idade, van Heutgen at al. (1994) utilizaram a injeção de 200 µg/kg de LPS (lipopolissacáride) como meio de ativação antigênica aguda, em dois momentos distintos do período de crescimento. Esses autores encontraram significativa redução de

consumo (p<0,01) durante os três dias seguintes à ativação aguda do sistema imune, chegando a 23% de redução após a primeira ativação com LPS. A eficiência de conversão alimentar foi reduzida (p<0,05) em 45% e 15% para a primeira e 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 mantença. Os suínos imunologicamente ativados teriam maior demanda nutricional para mantença 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.

5. IMPACTO DA ATIVAÇÃO DO SISTEMA IMUNE SOBRE AS EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE SUÍNOS

Como visto anteriormente, a ativação do sistema imune leva a uma redução no consumo voluntário de alimento. Além da redução no consumo, também foram revisados os efeitos já conhecidos das citocinas sobre outros segmentos do metabolismo animal. Dentre esses efeitos citocínicos, destaca-se a *partição de nutrientes*. O redirecionamento de diversos nutrientes para atender à demanda imunológica pode alterar direta ou indiretamente as exigências nutricionais dos suínos (Shurson & Johnston, 1998).

Os experimentos que avaliam impactos da ativação imune geralmente o fazem através da indução de um estímulo antigênico agudo. A ativação crônica, todavia, reproduz mais fielmente as condições práticas de criação de suínos. Em uma série de três ensaios subseqüentes, Williams et al. (1997a,b,c) obtiveram diversas informações relativas ao impacto da ativação crônica do sistema imune sobre a composição do crescimento, exigências nutricionais de aminoácidos e características de carcaça em suínos, dos 6 aos 112 kg de peso vivo. Nesses ensaios, a ativação crônica reproduziu condições comerciais de produção e o impacto no sistema imune foi efetivamente medido através das concentrações séricas de AGP (proteína hepática de fase aguda) e da análise das populações linfocitárias no sangue. Diversos níveis de lisina foram aplicados aos grupos com alta ou baixa ativação crônica do sistema imune, seguindo um esquema fatorial. Foi também avaliada a deposição de proteína e gordura corporais, bem como a eficiência de utilização da energia metabolizável dietética para o depósito desses dois nutrientes. A Tab.1 ilustra o impacto da ativação imune no desempenho de suínos, dos 6 aos 27 kg de peso vivo, submetidos a diferentes níveis de lisina (Williams et al., 1997a). A análise estatística dos dados é resumidamente descrita em seguida.

Houve efeito significativo da ativação imune sobre o ganho de peso diário e a eficiência alimentar (p<0,01), sendo que os autores também relatam como significativo o efeito sobre o consumo voluntário (p<0,09). Mais relevante, porém, foi a interação quadrática significativa entre nível de lisina e nível de ativação do sistema imune sobre o ganho de peso (p<0,01) e a eficiência alimentar (p<0,07). 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 Lys, 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 Lys, com 8,8 g de ingestão diária). Esse resultado, juntamente com os dados de composição do ganho de peso (deposição de proteína, lípides e outros nutrientes), permitiram concluir sobre maior exigência nutricional de lisina dos suínos com baixa ativação imune.

Tabela 1. Interações entre percentual de lisina dietética, grau de ativação do sistema imune (ASI) e desempenho zootécnico em suínos, dos 6 aos 27 kg:

		Níveis de lisina na dieta (%)			
		0,6	0,9	1,20	1,50
CD[1] (g)	↓ ASI[4]	896	1025	1052	1002
	↑ ASI	889	954	889	911
GPD[2] (g)	↓ ASI	400	556	644	663
	↑ ASI	357	495	510	504
EA[3](g/kg)	↓ ASI	445	544	613	662
	↑ ASI	395	522	581	565

Fonte: Adaptado de Williams et al. (1997a)
[1]CD (consumo diário de ração); [2]GPD (ganho de peso diário); [3]EA (eficiência alimentar em gramas de peso ganho por kg de ração consumida); [4]↓ ou ↑ASI (baixa ou alta ativação crônica do sistema imune).

Os mesmos autores (Williams et al., 1997a) também avaliaram a composição do ganho de peso, a deposição de nutrientes na carcaça dos animais e estimaram a eficiência de utilização da energia metabolizável para a deposição desses nutrientes. Isso lhes permitiu concluir que a maior exigência nutricional de lisina para os animais de baixa ativação imune não se deve à maior eficiência de utilização dos aminoácidos dietéticos ou da energia da dieta, mas sim ao seu maior potencial intrínseco de deposição protéica em relação aos suínos de alta resposta imune. Isso ficou evidenciado ao compararem os momentos em que a ingestão diária de lisina era similar para os grupos de baixa ativação imune (9,3g/dia com 0,9% de inclusão) ou alta ativação imune (8,8 g/dia com 1,2% de inclusão), mas ainda não excedendo os requerimentos diários. Nessas circunstâncias, a deposição de proteína corporal diária era similar (78 e 80 g/dia, respectivamente), demonstrando não haver diferenças na eficiência de utilização do nutriente, e sim no potencial de deposição de proteína corporal entre os dois níveis de ativação. Essa mesma constatação foi confirmada em dois trabalhos seqüenciais (Williams et al., 1997b,c).

Outros autores, todavia, encontraram diferenças na eficiência de utilização da proteína dietética entre animais com ou sem ativação imune (van Heutgen et al., 1994). Discutindo os resultados acumulados de seus trabalhos, Williams et al. (1997a,b,c) comentam que é sempre esperada uma redução na eficiência de utilização de aminoácidos dietéticos em situações de dieta *hiperprotéica*, uma vez que há gastos de energia na excreção do nitrogênio em excesso, aumento da taxa metabólica e produção de calor, entre outros fatores. Como os animais com sistema imune altamente ativado têm menor potencial de deposição protéica, o excesso de proteína será sempre mais freqüente nesse grupo, confundindo a interpretação em experimentos onde somente um nível de lisina é avaliado para os dois grupos de resposta imune.

A ação da rede citocínica, desencadeada

pela ativação do sistema imune, é o principal fator determinante do catabolismo observado no tecido muscular (Dritz et al., 1996; Webel et al., 1997; Williams et al., 1997a,b,c; Baker et al., 1999). 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, concluise que a ativação imune reduz as exigências de ingestão diária de alguns desses aminoácidos (Baker et al., 1999). A figura 2 ilustra essa relação propriamente.

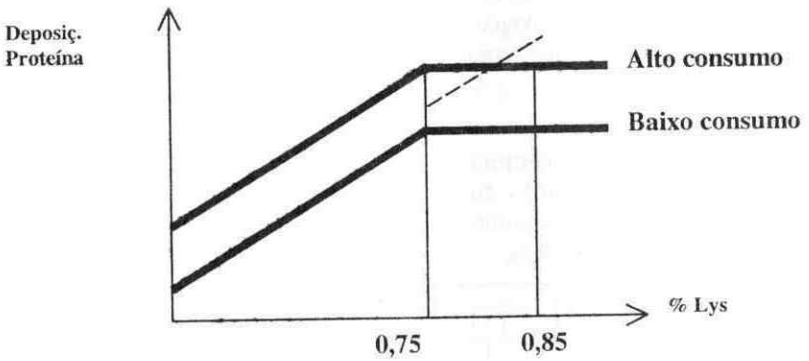


Figura 2. Efeito do estresse imunológico sobre o consumo voluntário e as exigências dietéticas de lisina em suínos (Baker & Johnson, 1999).

Na Fig.2 está ilustrado o fato de que, a partir de um dado momento, os animais submetidos ao estresse imunológico (baixo consumo) não mais respondem a um aumento na ingestão do aminoácido lisina , ou seja, não depositam mais proteína na carcaça. Isso ocorre pelo menor potencial que esses animais têm para o anabolismo muscular, em função do efeito citocínico da resposta imune (Williams et al., 1997 a,b,c; Shurson & Johnstone, 1998; Baker & Johnson, 1999). Ainda é comum a prática de incrementar os níveis de aminoácidos ou proteína dietética em situações de estresse imunológico. Entretanto, fica cada vez mais evidente que essa prática pode representar simples desperdício de recursos, uma vez que esses animais estão impedidos de responder a esses aumentos, através do efeito citocínico (Baker & Johnson, 1999). Em contrapartida, 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).

Uma vez que a composição em aminoácidos difere sensivelmente entre proteínas teciduais e aquelas ligadas a outras funções biológicas, 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 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 do efeito da ativação imune sobre os requerimentos de aminoácidos, outros nutrientes também são afetados. Trabalhos conduzidos na Universidade de Iowa têm demonstrado que a adição de niacina, ácido pantotênico, riboflavina, vitamina B12 e folacina, em níveis superiores aos recomendados pelo NRC (1988), resulta em respostas diferenciadas entre animais com baixa ou alta exposição antigênica (Shurson & Johnstone, 1998). Os animais com menor ativação imune respondem em maior intensidade à adição desses nutrientes, de forma similar ao efeito da suplementação com lisina. Da mesma forma, os níveis de fósforo disponível requeridos para maximizar o desempenho foram 70% maiores nos suínos de baixa ativação imune, em relação aos animais de alta resposta imunológica (Stahly & Cook, 1996a, citados por Shurson & Johnstone, 1998). Já para as vitaminas de efeito antioxidante (A, E e C), foi demonstrado maior requerimento em animais de alta ativação imune, provavelmente para fazer frente aos radicais livres que são liberados sob efeito das citocinas, para auxiliar no combate aos patógenos invasores (Stahly et al., 1997, citados por Shurson & Johnstone, 1998).

6. POTENCIAL PARA O USO DE "MARCADORES" DO ESTADO DE ATIVAÇÃO DO SISTEMA IMUNE

A produção de suínos pode ser incrementada, tanto no aspecto econômico quanto na promoção do bem-estar animal, se auxiliada por estratégias de monitoramento sanitário que controlem eficazmente a disseminação de infecções (Fossum et al., 1998). Para alcançar esse propósito, faz-se necessário complementar as técnicas convencionais de monitoramento sanitário, tais como a avaliação de lesões ao abate e o levantamento sorológico de rebanho. Essas técnicas convencionais possuem limitações reconhecidas, como por exemplo a falha em detectar afecções subclínicas e a resolução anatomopatológica de lesões pulmonares que, ao abate, mostram-se menos intensas do que realmente o foram durante a fase de crescimento dos suínos (Wallgren et al., 1993). É importante realçar que afecções subclínicas também afetam o bem-estar e o crescimento animal, pois também induzem ativação do sistema imune e a conseqüente resposta citocínica. Como se trata de uma resposta rápida, onde muitas das citocinas atingem níveis sistêmicos em um curto espaço de tempo, considera-se que elas podem ser úteis como "marcadores" para processos infecciosos, além de poderem discriminar entre infecções bacterianas e virais (Fossum, 1998).

Baseados em trabalhos anteriores que detectaram níveis crescentes e uniformes de interleucina 6 (IL-6) após desafios com diferentes antígenos, Fossum et al. (1998)

submeteram 64 suínos SPF (*specific pathogen free*) a um ensaio onde o modelo de ativação imune foi a infecção intranasal com o sorotipo 2 de *Actinobacillus pleuropneumoniae*. Dentre as citocinas analisadas (IL-6, IFN-α, IFNγ e TNF-α), somente a IL-6 demonstrou níveis séricos detectáveis, mostrando-se eficiente como possível marcador para infecções respiratórias agudas em suínos. Analisando a resposta citocínica de suínos em condições comerciais na Suécia, Wallgren et al. (1993) concluíram que os níveis séricos de IFN-α representam um eficiente marcador para o nível de disseminação de infecções nas fase inicial de engorda. Uma vez que os níveis de IFN-α não foram associados com sinais óbvios de doença, os autores sugerem que essa citocina pode refletir o grau de adaptação dos leitões ao novo ambiente, após a saída da fase de creche. Em recente revisão sobre o uso de citocinas como marcadores potenciais, Fossum (1998) conclui que IL-6 e IFN-α podem ser ferramentas valiosas se usadas como marcadores para infecções sub-clínicas.

Apesar de evidenciado o papel essencial das citocinas nas interações imunofisiológicas, o conhecimento aplicado às espécies de interesse zootécnico ainda é limitado. Uma compreensão mais detalhada sobre a biologia das citocinas irá contribuir em muito para sua utilização prática na ciência e na produção animal (Murtagh et al., 1996).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A otimização da produção de suínos passa necessariamente pela manutenção de um bom padrão sanitário nos animais. Muito embora esse pressuposto seja há muito reconhecido, a real compreensão dos mecanismos que definem essa interação está apenas no início. A estimulação antigênica do sistema imune leva a uma complexa teia de interações imunofisiológicas, mediadas por moléculas protéicas de ações múltiplas, chamadas citocinas. São esses efeitos metabólicos promovidos pela rede citocínica que explicam o menor consumo, o pior desempenho e tantas outras diferenças metabólicas e comportamentais observadas em animais com alta ativação do sistema imune.

Não somente o desempenho zootécnico de suínos, mas também suas exigências nutricionais específicas, são comprovadamente influenciadas pelo impacto metabólico da ativação do sistema imune. Sendo assim, o nível de ativação imunológica deveria ser levado em conta quando da definição de estratégias nutricionais ótimas para um dado rebanho, tal qual o genótipo e o sexo dos animais a serem alimentados. A inclusão de mais essa variável no planejamento nutricional, todavia, ainda depende de pesquisas adicionais e de maior compreensão sobre a biologia das citocinas.

ALEXANDER, T. et al. Medicated early weaning to obtain pigs free from pathogens endemic in the herd of origin. *Vet.Rec.*, v. 106, p. 114-119, 1980.

ARIAS, DM; SÁNCHEZ-VIZCAÍNO, JM. La inmunología porcina: su importancia como base del diagnostico y el diseño de vacunas. *Anaporc*, n. 188, p. 72-86, 1999.

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

CHAO, H et al. Lipopolysaccharides inhibit prolactin and renin release from human decidual cells. *Biol. Reprod.*, v. 50, p. 210-214, 1994.

DEE, S. Weaned pig immunology and stress. *Comp.*

Cont. Educ. Practic. Vet., v.21, Suppl. 4, p.S144-S147, 1999.

DRITZ, SS. et al. Influence of lipopolysaccharide-induced immune challenge and diet complexity on growth performance and acute-phase protein production in segregated early-weaned pigs. *J. Anim. Sci.*, v.74, p.1620-1628, 1996.

FOSSUM, C. et al. Evaluation of various cytokines (IL-6, IFN-α, IFN-γ, TNF-α) as markers for acute bacterial infection in swine – a possible role for IL-6. *Vet. Immunol. Immunopathol.*, v.64, p.161-172, 1998.

FOSSUM, C. Cytokines as markers for infections and their effect on growth performance and well-being in the pig. *Domest. Anim. Endocr.*, v.15, n.5, p.439-444, 1998.

ITOH, H. The influence of age and health status on the serum alpha$_1$-acid glycoprotein level of conventional and SPF pigs. *Can. J. Vet. Res.*, v.57, p.74-78, 1992.

JOHNSON, R. Inhibition of growth by pro-inflammatory cytokines: an integrated view. *J. Anim. Sci.*, v.75, p.1244-1255, 1997.

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

KELLEY, KW; JOHNSON, RW; DANTZER, R. Immunology discovers physiology. *Vet. Immunol. Immunopathol.*, v.43, p.157-165, 1994.

KLASING, KC; AUSTIC, RE. Changes in plasma, tissue and urinary nitrogen metabolites due to an inflammatory challenge. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, v.176, p.276-284, 1984a.

KLASING, KC; AUSTIC, RE. Changes in protein synthesis due to an inflammatory challenge. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, v.176, p.285-291, 1984b.

KLASING, KC; AUSTIC, RE. Changes in protein degradation in chickens due to an inflammatory challenge. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, v.176, p.292-296, 1984c.

KLASING, KC; JOHNSTONE, BJ. Monokines in growth and development. *Poult. Sci.*, v.70, p.1781-1789, 1991.

LA BONNARDIÈRE, C; LEFÈVRE, F; CHARLEY, B. Interferon response in pigs: molecular and biological aspects. *Vet Immunol. Immunopathol.*, v.43, p.29-36, 1994.

MACHADO, GS. Implantação e condução de sistemas de produção segregada. In: Seminário Internacional de Suinocultura, 4., 1999, São Paulo. *Anais*....Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1999. p.122-137.

MURTAUGH, MP. Porcine cytokines. *Vet. Immunol. Immunopathol.*, v.43, p.37-44, 1994.

MURTAUGH, MP. et al. Inflammatory cytokines in animal health and disease. *Vet. Immunol. Immunopathol.*, v.54, p.45-55, 1996.

SAUBER, TE; STAHLY, TS; NONNECKE, BJ. Effect of level of chronic immune system activation on the lactational performance of sows. *J. Anim. Sci.*, v.77, p.1985-1993, 1999.

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.

SHUSTER, DE. et al. Reduced lactational performance following intravenous endotoxin administration to dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.74, p.3407-3411, 1991.

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

TIZARD, IR. *Imunologia veterinária*. 5.ed. São Paulo: Roca, 1998.

VAN HEUTGEN, E; SPEARS, JW; COFFEY, MT. The effect of dietary protein on performance and immune response in weanling pigs subjected to an inflammatory challenge. *J. Anim. Sci.*, v.72, p.2661-2669, 1994.

VAN HEUTGEN, E; COFFEY, MT; SPEARS, JW. Effects of immune challenge, dietary energy density and source of energy on performance and immunity in weanling pigs. *J. Anim. Sci.*, v.74, p.2431-2440, 1996.

WALLGREN, P. et al. Incidence of infections in pigs bred for slaughter revealed by elevated serum levels of interferon and development of antibodies to *Mycoplasma hyopneumoniae* and *Actinobacillus pleuropneumoniae*. *J. Vet. Méd* B, v.40, p.1-12, 1993.

WATTRANG, E et al. Tissue chambers – a useful model for in vivo studies of cytokine production ini the pig. *Vet. Immunol. Immunopathol.*, v.56, p.133-150, 1997.

WATTRANG, E et al. Signs of infections and reduced immune functions at weaning of conventionally reared and SPF pigs. *J. Vet. Med.* B, v.45, p.7-17, 1998.

WEBEL, DM. et al. Time course of increased plasma cytokines , cortisol and urea nitrogen in pigs following intraperitoneal injection of lipopolysac-

charide. *J. Anim. Sci.*, v.75, p.1514-1520, 1997.

WILLIAMS, NH; STAHLY, TS.; ZIMMERMAN, DR. 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. *J. Anim. Sci.*, v.75, p.2463-2471, 1997a.

WILLIAMS, NH; STAHLY, TS.; ZIMMERMAN, DR. Effect of chronic immune system activation on body nitrogen retention, partial efficiency of lysine utilization and lysine needs of pigs. *J. Anim. Sci.*, v.75, p.2472-2480, 1997b.

WILLIAMS, NH; STAHLY, TS; ZIMMERMAN, DR. Effect of level of chronic immune system activation on the growth and dietary lysine needs of pigs from 6 to 112 kg. *J. Anim. Sci.*, v.75, p.2481-2496, 1997c.

WILLIAMS, NH. Impact of immune system activation on pig growth and amino acid needs. In: WISEMAN, J; VARLEY, MA; CHADWICK, JP (Ed.) *Progress in pig science*. Nottingham: University Press, 1998. p.583-588.

Cad. Téc. Vet. Zootec., n.42, p.45-56, 2003.

31 OUT 20
VETERINÁRIA

ENTEROPATIA PROLIFERATIVA SUÍNA (ILEÍTE)

Roberto Maurício Carvalho *Guedes*
MédVet, PhD, Prof.Adj.
guedes@vet.ufmg.br

Departamento de Clínica e Cirurgia
Escola de Veterinária da UFMG
Caixa Postal 567
30123-970 Belo Horizonte, MG

SUMÁRIO

1. Introdução 45
2. Cultivo do microorganismo intracelular 46
3. epidemiologia 47
4. Patogênese 48
5. Sinais clínicos 49
6. Lesões 50
7. Diagnóstico 51
8. Controle 52
9. considerações finais 53

1. INTRODUÇÃO

A enteropatia proliferativa (EP) é uma doença entérica que acomete suínos (McOrist & Gebhart, 1999) e outras espécies animais (Cooper, 1996). O agente etiológico da EP é uma bactéria intracelular obrigatória, *Lawsonia intracellularis* (Gebhart et al., 1993; Lawson et al., 1993; McOrist et al., 1993; McOrist et al., 1995a). A EP é caracterizada pelo espessamento da mucosa intestinal causada pela proliferação de enterócitos infectados pela bactéria *L. intracellularis*.

A doença foi primeiramente descrita em suínos em 1931 (Biester & Schwarte, 1931) mas naquele momento relatada como um processo neoplásico transmissível. Somente em 1973 (Rowland & Lawson, 1973), conseguiu-se associar as lesões histológicas proliferativas com a presença de um microorganismo intracelular, localizado na porção apical de enterócitos hiperplásicos. Nas duas décadas subseqüentes, devido à similaridade morfológica com microorganismos da espécie *Campylobacter* e a dificuldade de isolamento, muito esforço foi despendido em vão para o isolamento e caracterização dessa bactéria. O isolamento e manutenção *in vitro* da bactéria causadora da EP foram realizados somente em 1993, pelo grupo escocês liderado pelo Dr. Lawson (Lawson et al., 1993). No mesmo ano, usando culturas puras da bactéria conseguiu-se reproduzir a doença e isolá-la novamente, atendendo os requisitos do postulado de Koch (McOrist et al., 1993). Baseado no seqüenciamento do DNA ribossômico 16S, a bactéria foi classificada como sendo de novo gênero e nova espécie (McOrist et al., 1995), dentro da família das Desulfovibriaceas. O nome

definitivo da bactéria foi *L. intracellularis*, em homenagem ao pesquisador escocês da Universidade de Edimburgo, Dr. Gordon Lawson.

A enteropatia proliferativa suína (EPS), comumente conhecida como ileíte, apesar de o constituinte inflamatório não ser importante característica da afecção, causa perdas econômicas substanciais na indústria suinícola. Essas perdas são representadas por redução do ganho de peso e diarréia em animais em crescimento (forma crônica), e/ou mortalidade de animais de reposição ou próximos à idade de abate (forma aguda) (McOrist & Gebhart, 1999). Foi estimado um custo anual de 20 US$ por matriz na Austrália (Lawson & McOrist, 1993) e de 20 milhões de dólares anuais nos Estados Unidos em decorrência da EPS (Winkelman & Dee, 1996). De acordo com resultados do monitoramento sanitário executado nos Estados Unidos, a enfermidade é a doença mais comum em animais de crescimento e terminação, ocorrendo em 1/3 das unidades de produção de suínos norte-americanas e relatada em 75% dos grandes sistemas de produção (Highlights, 2002). Depois da colibacilose, EPS foi a doença entérica mais freqüentemente diagnosticada no Laboratório de Referência em Alberta, Canadá (Wilson et al., 2002).

Grandes avanços, principalmente em relação aos métodos de diagnóstico, interpretação de resultados, produção comercial de vacina viva e seqüenciamento do código genético da bactéria, vêm sendo alcançados nos últimos anos. Esta revisão tem como objetivo discutir alguns aspectos importantes e atuais sobre a infeção de suínos pela *L. intracellularis* e a doença conseqüente.

2. CULTIVO DO MICROORGANISMO INTRACELULAR

Como mencionado anteriormente, passaram-se 20 anos entre a primeira descrição da presença da bactéria intracelular em enterócitos hiperplásicos e seu isolamento bem-sucedido. Esse longo período pode ser justificado pelas restritas condições necessárias para manutenção do microorganismo *in vitro*. Por ser um microorganismo intracelular obrigatório, a *L. intracellularis* necessita de cultivos celulares contendo células ainda em multiplicação (Lawson et al., 1993). Dessa forma são necessárias condições semelhantes ao isolamento viral, onde cultivos celulares também se fazem necessários. Até o momento, é impossível o isolamento da *L. intracellularis* em meios de cultivo bacteriológicos convencionais. São três as linhas celulares mais freqüentemente utilizadas para manutenção da *L. intracellularis in vitro*: IEC-18, células intestinais de rato; McCoy, células de camundongo com morfologia semelhante a fibroblasto; e INT-407, linhagem celular derivada de intestino de feto humano (Guedes, 2002). Além do requerimento de células em crescimento para a manutenção *in vitro* da *L. intracellularis*, são necessários níveis de gases similares aos encontrados no intestino. Não se podem usar estufas de CO_2, usualmente utilizadas para crescimento viral. É necessária a utilização de estufas com oxigênio reduzido e altos níveis de nitrogênio (Lawson et al., 1993; McOrist et al., 1993, 1995a).

Por colonizar um ambiente altamente contaminado, a purificação da *L. intracellularis* de enterócitos infectados é extremamente difícil. Tem-se que eliminar o maior número de bactérias contaminantes possível através de filtrações e centrifugações, e utilizar somente um número muito restrito de antibióticos, uma vez que a *L. intracellularis* é também susceptível à ação de antimicrobianos (McOrist & Gebhart, 1999). Dessa forma, existem no mundo somente cerca de 13 isolados de *L. intracellularis* e cerca de quatro laboratórios em condições de crescer a bactéria. Com base nas informações desta seção, fica claro que o isolamento de *L. intracellularis* de fezes ou de lesões intestinais de animais doentes não é uma opção diagnóstica.

31 00
VETERINÁRIA

3. EPIDEMIOLOGIA

A infeção de animais susceptíveis ocorre por via orofecal (McOrist & Gebhart, 1999). Animais infectados podem eliminar até cerca de 10^8 organismos de *L. intracellularis* por grama de fezes (Smith & McOrist, 1997). Essa eliminação da bactéria nas fezes pode ocorrer por um período de até 3 meses em alguns animais (Guedes et al., 2002b; Guedes & Gebhart, 2003). Colonização intestinal por *L. intracellularis* foi detectada em animais inoculados oralmente com fezes mantidas a 23°C por 14 dias, demonstrando que a bactéria pode sobreviver por até 2 semanas à temperatura ambiente (Collins et al., 2000). Inóculo contendo 10^3 organismos de *L. intracellularis* provocou infeção em leitões (Collins et al., 2001), demonstrando que um número reduzido de bactérias é suficiente para infectar animais susceptíveis. Em estudos *in vitro*, *L. intracellularis* demonstrou ser altamente susceptível à ação de desinfetantes à base de amônia quaternária e povidona-iodo (*iodopovidine*) (Collins et al., 2000). Todas estas informações, obtidas de trabalhos científicos publicados nos últimos 5 anos, demonstram que *L. intracellularis*, apesar de ser um organismo muito exigente para o crescimento e manutenção *in vitro*, é eliminado em grande quantidade e por um longo período nas fezes de animais infectados, resiste por certo tempo no meio ambiente e não necessita de uma dose infectante elevada. Baseado nisto, não é de se espantar que estudos sorológicos de prevalência da enfermidade venham mostrando índices entre 60 e 90% de rebanhos positivos em diferentes países (McOrist & Gebhart, 1999; Lawson & Gebhart, 2000). Ponto importante a ser considerado é que animais infectados, mesmo que não apresentem diarréia, sofrem redução de performance durante algum período da infeção.

Um trabalho prospectivo realizado em granjas com e sem histórico clínico de EPS, utilizando questionários, avaliação de índices de produção e testes de amostras fecais por PCR demonstrou que o transporte de animais para novas instalações, mistura de animais e mudança de antibiótico na ração, aumentam significativamente o risco de novos casos de EPS (Bane et al., 2001). Essas observações geram a hipótese da presença de animais carreadores ou subclinicamente afetados que estariam eliminando *L. intracellularis* nas fezes, principalmente quando estressados. Conseqüentemente, ocorreria a contaminação das instalações e transmissão para animais susceptíveis presentes no mesmo grupo.

Em outro estudo (Bronsvoort et al., 2001), no qual foram avaliados sorologicamente matrizes e leitões em crescimento em 184 rebanhos, demonstrou-se que sorologia

positiva em animais em crescimento é um importante fator de risco para novos casos da forma aguda em matrizes de reposição, e vice-versa, ou seja, sorologia positiva em matrizes é um importante fator de risco para casos da forma crônica em animais em crescimento. Baseado neste trabalho, a transmissão horizontal da bactéria *L. intracellularis* entre matrizes e leitões durante o período de lactação parece ser uma explicação bastante realista para a associação de casos da forma aguda no rebanho de reprodução e da forma crônica nos animais em crescimento. Eliminação de *L. intracellularis* nas fezes de leitões de 3 semanas de idade (Lopez et al., 2000) e entre 25 e 42 dias de idade já foi relatada (Moreno et al., 2000). Entretanto, apesar de muito provável, não existe nenhuma informação científica a respeito da eliminação da bactéria nas fezes de matrizes antes e após o parto. Permanece então a dúvida com relação à importância da transmissão matriz-leitão.

Outros possíveis mecanismos de transmissão da doença que devem ser considerados em futuros estudos epidemiológicos são a transmissão de *L. intracellularis* através de vetores mecânicos como botas de borracha, e a transmissão através de vetores biológicos como camundongos e pássaros. Foi recentemente relatado um surto de enteropatia proliferativa causada por *L. intracellularis* em uma colônia de camundongos convencionais em uma unidade experimental na Universidade do Missouri (Abshier et al., 2001). Já foram relatados casos de enteropatia proliferativa em aves como o emu (Lemarchand et al., 1997) e o avestruz (Cooper et al., 1997ab; Cooper & Gebhart, 1998), mas não existe nenhuma descrição em aves da ordem Passeriformes.

4. PATOGÊNESE

Estudos utilizando leitões experimentalmente infectados com culturas puras de *L. intracellularis* ou homogeneizado de mucosa com lesões de EPS demonstraram que sinais clínicos caracterizados por diarréia começam a ser observados de sete a 10 dias após inoculação (Knittel et al., 1998; Guedes et al., 2002a). Eliminação de bactéria nas fezes foi observada a partir de três dias (Guedes, 2002) e até 12 semanas após inoculação (Guedes et al., 2002b; Guedes & Gebhart, 2003a).

Em estudo recente (Guedes & Gebhart, 2002) no qual leitões foram inoculados com culturas puras de *L. intracellularis* e sacrificados em diferentes dias após inoculação, a bactéria foi detectada no citoplasma de enterócitos na mucosa, ainda histologicamente normal, do jejuno e íleo cinco dias após a inoculação. Lesões histológicas típicas de EPS foram observadas somente 11 dias após inoculação, quando também se detectaram lesões macroscópicas leves na mucosa do íleo caracterizadas por hiperemia e hemorragia. Lesões macroscópicas típicas só foram observadas entre 15 e 29 dias após inoculação. Foram também observadas lesões histológicas e a presença da bactéria, detectada através da técnica de imunoistoquímica, no ceco, cólon espiral e reto, entre 15 e 29 dias após inoculação. Aparentemente todos os segmentos intestinais são susceptíveis à infeção por *L. intracellularis,* e o intestino grosso parece ser infectado mais tardiamente durante o curso da infeção. Antígeno bacteriano só foi encontrado no intestino, nos linfonodos mesentéricos e raramente em criptas tonsilares. Entretanto a tonsila parece não ser local de importância durante o curso

da infeção.

Pouco se sabe sobre os mecanismos celulares de infeção pela *L. intracellularis*. Estudos *in vitro* (McOrist et al., 1995b) demonstraram que 10 minutos após exposição à bactéria, esta pode ser encontrada em íntimo contato com a membrana de células eucariotas permissíveis à infeção. Uma hora após exposição, a bactéria pode ser encontrada em vacúolos no citoplasma de células eucariotas. Três horas após inoculação a bactéria é observada livremente no citoplasma de células infectadas. A bactéria então multiplica-se no citoplasma celular por divisão binária e, cinco a 10 dias após infeção, protusões celulares repletas de bactéria se rompem liberando-as no meio extracelular.

Suspeita-se de que o contato inicial entre bactéria e membrana celular seja receptor específico e dependente, entretanto ainda não existem dados comprobatórios. Especula-se sobre a produção de toxinas bacterianas que propiciariam a liberação da mesma dos vacúolos, evitando assim a digestão lisossômica. Foi relatada atividade citolítica da *L. intracellularis* em células infectadas (Hannigan, 1997) e, recentemente, a expressão de uma proteína hemolisina que pode estar relacionada com a adesão e a invasão celulares foi descrita *in vitro* e *in vivo* (McCluskey et al., 2002). Entretanto experimentos funcionais ainda necessitam realização. Genes codificadores de proteínas similares a Yop, produzidas pela enterobactéria *Yersinia* sp. e responsável pela evasão do sistema imune do hospedeiro, foram detectados em estudo preliminar de seqüenciamento do código genético da *L. intracellularis* (Gebhart et al., 2002). A proliferação celular, característica marcante da EP, não é reproduzida *in vitro*. Em deco rência disto, experimentos *in vivo* se f zem necessários, o que dificulta mui estudos aprofundados sobre os mecani mos celulares da proliferação.

5. SINAIS CLÍNICOS

A EPS apresenta duas formas clínic distintas. Apresenta-se ou como um síndrome hemorrágica aguda que resul em morte, conhecida como enteropat proliferativa hemorrágica, ou como um síndrome não hemorrágica que caus redução do ganho de peso, conhecid como adenomatose intestinal porcina. forma aguda acomete suínos entre 4 e 1 meses de idade, normalmente animais d reposição e cevados próximos à idade d abate, que apresentam hemorragia intest nal pr usa e morrem subitamente. forma crônica afeta leitões em cresci mento, entre 2 e 4 meses de idade, qu apresentam redução de ganho de pes com conseqüente desuniformidade entr animais da mesma idade e atraso na idad de abate. Diarréia transitória é normal mente observada (McOrist & Gebhar 1999; Lawson & Gebhart, 2000). Em contraste com a forma aguda da doenç que é normalmente diagnosticada medi ante necropsia de animais afetados e exa mes complementares, a forma crônic muitas vezes passa despercebida. Isto s dá devido a não detecção da diarréia tran sitória ou pela não detecção do impact no ganho de peso. Muitas vezes, mesm observando esses indicativos clínicos, po serem estes também presentes em outra enfermidades entéricas em animais d crescimento, a possibilidade de EPS não perseguida com utilização de diagnóstico complementares.

6. LESÕES

Casos de diarréia hemorrágica e morte súbita em marrãs, ou mesmo porcas de primeiro e segundo parto em alguns casos, são situações bastante comuns a campo e a forma aguda da EPS está sempre no topo da lista de suspeitas clínicas. Nessas situações a necropsia de animais que morreram com sintomas clínicos é de fundamental importância. Para confirmação da forma aguda da EPS, lesões no íleo caracterizadas por espessamento da parede intestinal, edema e congestão do mesentério, rugosidade da mucosa com pregas espessas e evidentes e conteúdo fibrino-hemorrágico com coágulo no lúmen intestinal são normalmente encontradas. Caso essas lesões não sejam observadas no íleo, a avaliação de toda a extensão do jejuno é de extrema importância, pois muito comumente existem lesões somente no jejuno. Examinar somente o íleo é um erro muito comum e pode custar retardo no diagnostico. Possibilidade de úlcera gástrica deve ser afastada. Síndrome hemorrágica intestinal (*Hemorrhagic Bowell Syndrome*, HBS) é outro diagnóstico diferencial importante. Em casos de HBS, que são normalmente esporádicos, as alças intestinais se encontram bastante distendidas com gases, congestas e parede intestinal delgada. Caso lesões macroscópicas sejam observadas somente no intestino grosso, salmonelose e espiroquetose colônica devem ser consideradas importantes diferenciais, mas EPS pode, em alguns casos, acometer somente esta porção intestinal (Jensen, 2002; Guedes et al., 2002a).

A identificação e seleção de animais em crescimento com suspeita da forma crônica da EPS para eutanásia é mais complicada. Animais com diarréia evidente são os candidatos mais prováveis para observação de lesões macroscópicas. Animais severamente afetados apresentam edema de mesentério próximo à inserção com a alça intestinal lesada. A serosa intestinal apresenta aspecto cerebróide, assemelhando-se às circunvoluções cerebrais. A parede intestinal está espessada e a mucosa com pregas bem evidentes. Como na forma aguda, o íleo é mais freqüentemente afetado, mas lesões podem ser encontradas somente no jejuno ou ceco ou cólon. Uma membrana fibrinonecrótica pode estar presente em animais com lesões avançadas (Ward & Winkelman, 1990). Nos casos mais brandos da forma crônica as lesões são bem pequenas, com 5 a 10 cm de extensão, e podem passar despercebidas (Guedes et al., 2002a). A avaliação de lesões macroscópicas é bem subjetiva e depende em grande número das vezes da experiência do veterinário. Assim sendo, o envio de amostras para laboratório são necessárias para confirmação do diagnóstico.

As duas formas clínicas da doença têm basicamente as mesmas características histopatológicas. Observa-se uma proliferação das células epiteliais das criptas de Lieberkühn no intestino delgado e glândulas mucosas do intestino grosso com a presença de um microorganismo intracelular curvo na porção apical desses enterócitos (Rowland & Lawson, 1974; Jubb et al.; 1993). Essas criptas estão alongadas e alargadas com um número aumentado de células epiteliais imaturas com elevado índice mitótico. Há uma redução marcante do número de células caliciformes nas criptas afetadas. A infiltração de células inflamatórias não é uma característica marcante da enfermidade (McOrist & Gebhart, 1999). Intestinos afetados pela forma aguda da EPS apresentam congestão severa de vasos sangüíneos da mucosa e acúmulo de sangue no lúmen intestinal. Estudos ultra-estruturais de áreas lesadas em hamsters (Jonhson & Jacoby, 1978; Jasni et al., 1994) e suínos (Rowland & Lawson, 1974, 1975; Love & Love, 1979; Lomax & Glock, 1982) demonstraram um encurtamento de microvilosidades em enterócitos altamente infectados pela bactéria.

A bactéria *L. intracellularis* foi demonstrada na porção apical de enterócitos imaturos através do uso de técnicas histoquímicas como coloração pela prata – Warthin Starry, Young modificado ou Levaditi (Rowland & Lawson, 1974; Mores et al., 1984), imunofluorescência indireta (McOrist et al., 1987) e imunoperoxidase (Jensen et al., 1997) usando anticorpo monoclonal específico contra *L. intracellularis* (McOrist et al., 1987).

7. DIAGNÓSTICO

Para confirmação do diagnóstico em casos suspeitos da forma aguda da EPS, animais que morreram com diarréia hemorrágica devem ser necropsiados e segmentos intestinais devem ser enviados a laboratórios de diagnóstico de duas formas. Fragmentos intestinais de cerca de 5 cm de extensão devem ser fixados em formalina 10% e, em outro recipiente, fragmentos de fígado, linfonodo mesentérico, jejuno, íleo, ceco e cólon espiral devem ser mantidos e enviados sob refrigeração. Histologia de rotina utilizando colorações de hematoxilina e eosina nos fragmentos fixados deve ser suficiente para verificação de lesões histológicas típicas da forma aguda da EPS. Exames bacteriológicos nas amostras refrigeradas serão importantes para afastar suspeitas de *Salmonella* e *Brachyspira hyodysenteriae*..

Como a forma crônica da EPS não se caracteriza por mortalidade e sim por diarréia e/ou redução do ganho de peso, o processo diagnóstico é um pouco mais complexo do que a forma aguda. Fezes amolecidas podem ser causadas por diferentes entidades como por exemplo: gastroenterite transmissível enzoótica (TGE), espiroquetose colônica (*Brachyspira pilosicoli*), disenteria suína (*B. hyodysenteriae*), salmonelose (*Salmonella typhimurium*), colibacilose (*Escherichia coli*) ou hipersensibilidade a soja. Assim sendo, detecção de diarréia e/ou redução da performance são indicativos clínicos que não devem passar despercebidos, mas encarados somente como passos iniciais do processo diagnóstico.

Existem dois procedimentos diagnósticos frente a problemas com a forma crônica da EPS. No caso de problema clínico evidente caracterizado por diarréia e/ou redução do ganho de peso onde busca-se o agente causal, a melhor forma de diagnóstico é inicialmente identificar baias com maior número de animais afetados, avaliando principalmente presença de fezes amolecidas no piso. Como mencionado acima, animais infectados iniciam a eliminação de *L. intracellularis* nas fezes poucos dias após infeção e alguns desses animais podem continuar eliminando bactéria por até 12 semanas (Guedes et al., 2002b; Guedes & Gebhart, 2003). Assim sendo, o próximo passo é identificar, nas baias mais afetadas, animais que estejam apresentando sinais de diarréia. Amostras fecais de cerca de 10 a 20 ani-

mais com diarréia devem ser coletadas diretamente do reto, utilizando luvas. Essas amostras armazenadas em tubos plásticos devem ser enviadas ao laboratório, sob refrigeração, e testadas pela técnica de PCR que detecta especificamente DNA de *L. intracellularis* (Jones et al., 1993). Apesar da baixa sensibilidade da técnica de PCR em amostras fecais (40 e 70 %) (Knittel et al., 1997, 1998; Guedes et al., 2002a), este teste em amostra viciada de fezes (animais clinicamente afetados) ainda é a melhor forma de identificar *in vivo* animais infectados. Além disso, na intenção de reduzir os custos com exames de PCR, dois ou três animais que apresentem sinais de diarréia mais severa devem ser sacrificados.

Como as lesões da forma crônica podem ser bem mais discretas que a forma aguda, além da avaliação macroscópica criteriosa, amostras de intestino (jejuno, íleo, ceco e cólon), linfonodo e fígado fixados em formalina 10% e sob refrigeração devem ser enviados para laboratórios de diagnóstico, como descrito acima em casos da forma aguda. Imunoistoquímica em cortes histológicos usando anticorpos específicos para *L. intracellularis* demonstrou ser muito superior à coloração histológica de rotina hematoxilina e eosina e colorações especiais pela prata para a detecção de animais infectados (Jensen et al., 1997; Guedes et al., 2002a). Além disso, a imunoistoquímica é mais sensível que o teste de PCR em amostras fecais (Guedes et al., 2002a), a desvantagem sendo a necessidade do sacrifício do animal. O exame bacteriológico nos tecidos sob refrigeração será importante para descartar suspeitas de possíveis enfermidades como salmonelose, colibacilose e espiroquetoses.

Em granjas onde a EPS já tenha sido detectada como sendo problema, a determinação da fase provável de infeção e conseqüentemente o melhor período para utilização de medicação estratégica ou vacinação de leitões em creche e terminação é a pergunta em questão. Nessa situação, o exame sorológico, que é bem mais barato que testes de PCR e pode ser executado em maior volume de amostras, é a melhor opção. Amostras de soro de vários grupos de 20 animais com diferença de três semanas de idade devem ser coletadas para testes sorológicos. Normalmente, soroconversão em animais em crescimento ocorre três a quatro semanas após a detecção de eliminação de bactéria nas fezes (Guedes et al., 2002b). Com base nisto, a utilização de medicação estratégica ou vacinação deve ser feita dentro desse período, três a quatro semanas antes do início da detecção de soroconversão.

8. CONTROLE

Diferentes antibióticos demonstraram efetividade no controle da forma crônica da EPS. Dentre eles estão tilosina (100 ppm) (McOrist et al., 1997), tiamulin (50 e 150 ppm) (McOrist et al., 1996; Moller et al., 1998), valnemulina (25, 50 e 75 ppm) (McOrist et al., 1998; Haugegaard et al., 2000; Winkelman et al., 2000ab), lincomicina, (40 e 100 ppm) (Winkelman et al., 1998; Winkelman et al., 2002), clortetraciclina (300 e 600 ppm) (McOrist & Morgan, 1998; McOrist et al., 1999), oxitetraciclina (300 e 600 ppm), olaquindox (100 ppm) (Collins et al., 2001) e carbadox (25 e 50 ppm) (Winkelman & Hawkins, 1996) administrados na ração. *In vitro*, diferentes isolados de *L. intracellularis* demonstraram ser totalmente resistentes a várias concentrações de neomicina, gentamicina, apramicina e vancomicina (McOrist et al., 1995b; McOrist & Gebhart, 1995). Virginiamicina (10 ppm) e neomicina-oxitetraciclina (150-150 ppm) não mostraram efetividade para o controle de EPS em animais experimentalmente infectados (Winkelman, 1996).

VETERINÁRIA

A escolha da droga a ser usada deve ser baseada no custo, idade dos animais (tempo de retirada de algumas drogas que podem deixar resíduo na carne) e a presença de outras enfermidades concomitantes que podem ser controladas por um mesmo antibiótico (Guedes, 2003). Pulsos de medicamentos na ração por um período de duas semanas e em intervalos de três semanas tem sido um procedimento muito usado nas fases de final de creche, recria e terminação como forma de controle da EPS, a custos reduzidos. Mudança de drogas usadas em cada pulso é recomendada.

Recentemente, o lançamento comercial de uma vacina viva modificada de *L. intracellularis* (Enterisol® Ileitis, Boehringer Ingelheim Vetmedica) criou uma opção extremamente interessante e atraente para o controle da EPS em animais de crescimento e reposição. Essa vacina é comercializada congelada. Como é adicionada na água, é necessária a utilização de solução anticloro e interrupção da adição de antibióticos na ração e na água por um período de 48 horas antes e depois da utilização do produto. A vacina demonstrou ser segura e eficaz para suínos experimentalmente infectados (Knittel et al., 2000; Roof, 2001). Estudo preliminar sobre o desempenho de animais vacinados a campo (Sick et al., 2002) demonstrou melhora no ganho de peso, conversão alimentar e significativa diminuição da mortalidade. A vacina induz proteção em animais até sete semanas após exposição à mesma e é indicada para animais a partir de 3 semanas de idade. Mais uma vez um ponto importante para maximizar a proteção obtida com uso da vacina é a idade dos animais expostos à vacina. Também aqui testes sorológicos têm auxiliado, sendo a vacina introduzida três a quatro semanas antes da idade esperada de soroconverção.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Avanços importantes foram obtidos nas áreas de diagnóstico e controle. Muito ainda necessita ser descoberto sobre os mecanismos de patogênese e epidemiologia da *L. intracellularis*. O seqüenciamento do código genético bacteriano vai aumentar em muito a compreensão sobre mecanismos de invasão e proliferação celular. Com a obtenção desses novos conhecimentos, a erradicação da EPS pode se tornar uma realidade num futuro próximo.

No momento, o passo mais importante que o médico veterinário pode dar em direção a uma melhora de prestação de serviço é a utilização de diagnósticos complementares que auxiliarão sobremaneira o processo de tomada de decisão. Atualmente, com o aumento crescente do número de matrizes instaladas por unidade de produção, uma decisão pode provocar a economia ou a perda de uma quantia considerável de dinheiro.

ABSHIER, JM et al.. Spontaneous infection of *Lawsonia intracellularis*-like bacteria in the mouse.

In: Conference of Research Workers in Animal Diseases, 82, 2001, Saint Louis. *Proceedings*...Ames: Iowa University Press, 2001. p.49.

BANE, DP et al.. Porcine proliferative enteropathy: a case-control study in swine herds in the Unites States. *J.S.H.A.P.*, v.9, p.155-158, 2001.

BIESTER, HE; SCHWARTE, LH. Intestinal adenoma in swine. *Am. J. Pathol.*, v. 7, p. 175-185, 1931.

BRONSVOORT, M et al.. Management factors associated with seropositivity to *Lawsonia intracellularis* in US swine herds. *J.S.H.A.P.*, v.9, p.285-290, 2001.

COLLINS, AM et al.. Studies on the *ex vivo* survival of *Lawsonia intracellularis*. J.S.H.A.P., v.8, p.211-215, 2000.

COLLINS, AM et al.. Immunity to *Lawsonia intracellularis*. In: Allen D. Leman Conference, 28, 2001, Minneapolis. *Proceedings*...Saint Paul: Veterinary Outreach Programs/UMN, 2001. p.115-120.

COOPER, DM. *Proliferative enteritis in the hamster, horse, deer and ostrich:* detection and characterization of *Lawsonia intracellularis*. St. Paul: University of Minnesota, 1996 (Master Thesis).

COOPER, DM; GEBHART, CJ. Comparative aspects of proliferative enteritis. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, v.212, p.1446-1451, 1998.

COOPER, DMet al.. Comparison of the 16S ribosomal DNA sequence from the intracellular agent of proliferative enteritis in a hamster, deer, and ostrich with the sequence of a porcine isolate of *Lawsonia intracellularis*. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, v.47, p.635-639, 1997a.

COOPER, DM; SWASON, DL; GEBHART, CJ. Diagnosis of Proliferative Enteritis in frozen and formalin fixed, paraffin-embedded tissues from a hamster, horse , deer and ostrich using a *Lawsonia intracellularis*-specific multiplex PCR assay. *Vet. Microbiol.*, v.54, p.47-62, 1997b.

GEBHART, CJ et al.. *Ileal symbiont intracellularis*, an obligate bacterium of porcine intestine showing a relationship to *Desulfuvibrio* species. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, v.43, p.533-538, 1993.

GEBHART, CJ et al.. A genomic sequence survey of *Lawsonia intracellularis* identifies numerous genes of relevance to diagnosis, virulence and immunoprophylaxis. In: Conference of Research Workers in Animal Diseases. 83, 2002, St. Louis. *Proceedings*...Ames: Iowa State University Press. 2002, 62 p.

GUEDES, RMC. *Porcine proliferative enteropathy: diagnosis, immune response and pathogenesis*. St. Paul: University of Minnesota, 2002. 261p. (PhD Thesis)

GUEDES, RMC. Enteropatia proliferativa suína: epidemiologia, diagnóstico e controle. *MEDVEP-Suínos*, v.1, 2003 (in press)

GUEDES, RMC et al.. Comparison of different methods for diagnosis of Porcine Proliferative Enteropathy. *Can. J. Vet. Res.*, v.66, p.99-107, 2002a.

GUEDES, RMC et al.. Serologic follow-up of a repopulated swine herd after an outbreak of proliferative enteropathy. *Can. J. Vet. Res.*, v.66, p.258-263, 2002b.

GUEDES, RMC; GEBHART, CJ. Onset and duration of fecal shedding, cell-mediated and humoral immune responses in pigs after challenge with a pathogenic isolate or attenuated vaccine strain of *Lawsonia intracellularis*. *Vet. Microbiol.*, v.91, p.135-145, 2003.

GUEDES, RMC; GEBHART, CJ. Progression of *Lawsonia intracellularis* infection in experimentally infected pigs. In: Conference of Research Workers in Animal Diseases, 83, 2002, St. Louis. *Proceedings*...Ames: Iowa State University Press, 2002. p. 108.

HANNIGAN, J. *Identification and preliminary characterization of Lawsonia intracellularis cytolytic activity*. Edinburgh: University of Edinburgh. 1997 (Master Thesis).

HAUGEGAARD, J et al.. Evaluation of the efficacy of Econor® (Valnemulin) in the treatment of a naturally occurring outbreak of porcine proliferative enteropathy (PPE) (Ileitis) in Denmark. In: Pig International Veterinary Society Congress, 16, 2000, Melbourne. *Proceedings*...Melbourne: IPVS, 2000. p.76.

HIGHLIGHTS of NAHMS Swine 2000: Part II. Information sheet, Veterinary Services, United States Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS). Disponível em: http://www.aphis.usda.gov/vs/ceah/cahm/Swine/Swine2000/Swine2highlights.PDF. [Citado abril de 2002].

JASNI, S; MCORIST, S; LAWSON, GHK. Reproduction of proliferative enteritis in hamsters with a pure culture of porcine *Ileal symbiont intracellularis*. *Vet. Microbiol.*, v.41, p.1-9, 1994.

JENSEN, TK et al.. Comparison of histology, immunohistochemistry and polymerase chain reaction for detection of *Lawsonia intracellularis* in natural porcine proliferative enteropathy. *Eur. J. Vet.*

Pathol., v.3, p.115-123, 1997.

JENSEN, TK. *Lawsonia intracellularis* as a common cause of colitis in swine. In: International Pig Veterinary Society Congress, 17, 2002, Ames. *Proceedings*...Ames: Iowa State University, 2002. p. 217.

JONES, GF et al.. Enhanced detection of intracellular organism of Swine Proliferative Enteritis, *Ileal symbiont intracellularis*, in feces by Polymerase Chain Reaction. *J. Clin. Microbiol.*, v.31, p.2611-2615, 1993.

JOHNSON, EA; JACOBY, RO. Transmissible ileal hyperplasia of hamster. *Am. J. Pathol.*, v.91, p.451-459, 1978.

JUBB, K; KENNEDY, P; PALMER, N. Infectious and parasitic diseases of the gastrointestinal tract. In: JUBB, K, KENNEDY, P, PALMER, N. (Ed.) *Pathology of domestic animals*. San Diego: Academic Press. 1993. pp. 229-233.

KNITTEL, JP; SCHWARTZ, KJ; McORIST, S. Diagnosis of porcine proliferative enteritis. *Comp. Cont. Educ.: Food Anim.*, p.S26-35, 1997.

KNITTEL, JP et al.. Evaluation of ante-mortem polymerase chain reaction and serologic methods for detection of *Lawsonia intracellularis* exposed pigs. *Am. J. Vet. Res.*, v.59, p.722-726, 1998.

KNITTEL, JP et al.. Efficacy of an avirulent *Lawsonia intracellularis* vaccine in swine. In: International Pig Veterinary Society Congress, 16, 2000, Melbourne. *Proceedings*...Melbourne: IPVS, 2000. p. 24.

LAWSON, GHK; GEBHART, CJ. Proliferative enteropathy: review. *J. Comp. Pathol.*, v.122, p.77-100, 2000.

LAWSON, GHK; McORIST, S. The enigma of the proliferative enteropathies: a review. *J. Comp. Pathol.*, v.108, p.41-46, 1993.

LAWSON, GHK et al.. Intracellular bacteria of porcine proliferative enteropathy: cultivation and maintenance *in vitro*. *J. Clin. Microbiol.*, v.31, p.1136-1142, 1993.

LEMARCHAND, TX et al.. Intracellular *Campylobacter-like* organisms associated with rectal prolapse and proliferative enteroproctitis in emus (*Dromaius novae-hollandiae*). *Vet. Pathol.*, v.34, p.152-156, 1997.

LOMAX, LG; GLOCK, RD. Naturally occurring Porcine Proliferative Enteritis: pathologic and bacteriologic findings. *Am. J. Vet. Res.*, v.43, n.8, p.1608-1621, 1982.

LÓPEZ, J et al.. A longitudinal study of porcine proliferative enteropathy in a commercial pig farm in Yucatan, Mexico. In: International Pig Veterinary Society Congress, 16, 2000, Melbourne. *Proceedings*... Melbourne: IPVS, 2000. p. 68.

LOVE, DN; LOVE, RJ. Pathology of proliferative haemorrhagic enteropathy in pigs. *Vet. Pathol.*, v.16, p.41-48, 1979.

McCLUSKEY, J et al.. LsaA, an antigen involved in cell attachment and invasion, is expressed by *Lawsonia intracellularis* during infection *in vitro* and *in vivo*. *Inf. Imm.*, v.70, n.6, p.2899-2907, 2002.

McORIST, S et al.. Monoclonal antibodies to intracellular *Campylobacter*-like organisms of the porcine proliferative enteropathies. *Vet. Rec.*, v.121, p.421-422, 1987.

McORIST, S; GEBHART, CJ. In vitro testing of antimicrobial agents for proliferative enteropathy (ileitis). *J.S.H.A.P.*, v.3, p.146-149, 1995.

McORIST, S., GEBHART, C.J. Porcine proliferative enteropathies. In: STRAW, BE et al. (Eds.) *Diseases of swine*. 8.ed. Ames: Iowa State University Press, 1999. p.521-534.

McORIST, S et al.. Characterization of *Lawsonia intracellularis* gen. nov, sp nov, the obligately intracellular bacterium of porcine proliferative enteropathy. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, v.45, p.520-525, 1995a.

McORIST, S et al.. Reproduction of porcine proliferative enteropathy with pure culture *of Ileal symbiont intracellularis*. *Inf. Immunol.*, v.61, p.4286-4292, 1993.

McORIST, S; MACKIE, RA; LAWSON, GHK. Antimicrobial susceptibility of *Ileal symbiont intracellularis* isolated from pigs with porcine proliferative enteropathy. *J. Clin. Microbiol.*, v.33, p.1314-1317, 1995b.

McORIST, S; MORGAN, JH. An evaluation of chlortetracycline feed additive for ontrol of porcine proliferative enteropathy. In: International Pig Veterinary Society Congress, 15, 1998, Birmingham. *Proceedings*...Birmingham: IPVS, 1998. p. 111.

McORIST, S et al.. In vitro and in-life studies of efficacy of valnemulin for proliferative enteropathy (ileitis). In: International Pig Veterinary Society Congress, 15, 1998, Birmingham. *Proceedings*... Birmingham: IPVS, 1998. p. 114.

McORIST, S et al.. Oral administration of tylosin phosphate and prevention of proliferative enteropathy in pigs. *Am. J. Vet. Res.*, v.58, p.136-139, 1997.

McORIST, S; SHEARN, MFH; MORGAN, J.

Control of porcine proliferative enteropathy by oral administration of chlortetracycline. *Vet. Rec.*, v.144, p.48-49, 1999.

McORIST, S et al.. Treatment and prevention of proliferative enteropathy with oral tiamulin. *Vet. Rec.*, v.139, p.625-628, 1996.

MOLLER, K et al.. Control of naturally occurring porcine proliferative enteropathy and porcine colonic spirochaetosis with tiamulin – a clinical trial. In: International Pig Veterinary Society Congress, 15, v.2, 1998, Birmingham. *Proceedings...* Birmingham: IPVS, 1998. p. 63.

MORENO, AM; COUTINHO, LL; BACCARO, MR. Detection of DNA of *Lawsonia intracellularis* using polymerase chain reaction. In: International Pig Veterinary Society Congress, 15, 1998, Birmingham. *Proceedings...* Birmingham: IPVS, 1998. p. 113.

MORÉS, N et al.. (1985) Diagnóstico clínico e anatomo-histopatológico de casos espontâneos de enterite proliferativa hemorrágica dos suínos (EPH). *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.37, n.1, p.29-37, 1985.

ROWLAND, AC; LAWSON, GHK. Intestinal adenomatosis in the pig: immunofluorescent and electron microscopic studies. *Res. Vet. Sci.*, v.17, p.323-330, 1974.

ROWLAND, AC; LAWSON, GHK. Intestinal adenomatosis in the pig: a possible relationship with a haemorrhagic enteropathy. *Res. Vet. Sci.*, v.18, p.263-268, 1975.

ROWLAND, AC; LAWSON, GHK; MAXWELL, A. Intestinal adenomatosis in the pig: occurrence of a bacterium in affected cells. *Nature*, v.243, p.417, 1973.

ROOF, MB. Vaccinating for ileitis. In: Allen D. Leman Swine Conference, 28, 2001, Minneapolis. *Proceedings...*Saint Paul: Veterinary Outreach Programs/UMN, 2001. p.121-126.

SICK, F; HAYES, P; KOLB, J. Enterisol Ileitis vaccine: Field efficacy evaluation. In: Annual Meeting of the American Association of Swine Veterinarians, 33, 2001, Nashville. *Proceedings...*Nashville: AASV, 2001. p. 161-163.

SMITH, SH; McORIST, S. Development of persistent intestinal infection and excretion of *Lawsonia intracellularis* by pigs. *Res. Vet. Sci.*, v.62, p.6-10, 1997.

WARD, GE; WINKELMAN, NL. Recognizing the three forms of proliferative enteritis in swine. *Vet. Med.*, v.85, p.197-203, 1990.

WILSON, JB et al.. Surveillance for porcine proliferative enteropathy in Alberta by using routine diagnostic laboratory data. *Can. Vet. J.*, v.43, p.604-606, 2002.

WINKELMAN, NL. Treatment and control of proliferative enteritis: research and empirical information. In: Roche Animal Nutrition and Health Veterinary Education Seminar, 1996, Saint Paul. *Proceedings...* Saint Paul: University of Minnesota, 1996. p.40-49.

WINKELMAN, NL; CORNELL, P; BRADFORD, J. Lincomycin feed medication and two water medications against ileitis caused by *Lawsonia intracellularis*. In: American Association of Swine Practitioners Meeting, 29, 1998. *Proceedings...* Ames: Iowa State University Press. 1998. 195-199p.

WINKELMAN, NL et al. Lincomycin-medicated feed for the control of porcine proliferative enteropathy (ileitis) in swine. *J. S. H. A. P.*, v.10, n.3, p.106-110, 2002.

WINKELMAN, NL; DEE, SD Ileitis: an update. *Comp. Cont. Educ.*, v.19, p.519-525, 1996.

WINKELMAN, NL; HAWKINS, PA. Evaluation of carbadox and neomycin-oxytetracycline for control of proliferative enteropathy (ileitis) in swine. In: International Pig Veterinary Society Congress, 14, 1996, Bologna. *Proceedings...* Bologna: IPVS, 1996. p.278.

WINKELMAN, NL et al. Dose evaluation of Econor® (Valnemulin hydrochloride) for the control of porcine proliferative enteritis using a *Lawsonia intracellularis* mucosal homogenate challenge. In: International Pig Veterinary Society Congress, 16, 2000a, Melbourne. *Proceedings...*Melbourne: IPVS, 2000a. p.33.

WINKELMAN, NL et al.. Therapeutic impact of Econor® (Valnemulin hydrochloride) on the development of porcine proliferative enteritis when supplied simultaneous to a *Lawsonia intracellularis* challenge. In: International Pig Veterinary Society Congress, 16, 2000, Melbourne. *Proceedings...*Melbourne, 2000b. p.70.

Cad. Téc. Vet. Zootec., n.42, p.57-70, 2003.

CONSUMO DE RAÇÃO E DESEMPENHO REPRODUTIVO DE FÊMEAS SUÍNAS

Márcia Nunes *Bandeira*
Med. Vet., Doutoranda

Israel José da *Silva*
Med. Vet. Dr, Prof. Adj.
Depto. Medicina Veterinária Preventiva

José Monteiro da *Silva*
Med. Vet. Dr, Prof. Adj.
Depto. de Clínica e Cirurgia Veterinárias

Escola de Veterinária da UFMG
Caixa Postal 567
30123-970 Belo Horizonte, MG

SUMÁRIO

1. Introdução 57
2. Consumo de ração e taxa de ovulação 58
3. Influência do consumo de ração durante o período de lactação 59
4. Influência do consumo de ração durante o intervalo desmama-cio 61
5. Influência do consumo de ração na fase inicial de gestação 62
6. Conclusões 68

1. INTRODUÇÃO

A suinocultura industrial trabalha dentro de estreitos limites de lucratividade e resultados, portanto, para que o retorno financeiro seja positivo precisa reduzir ao máximo os custos de produção e aumentar a eficiência produtiva. Dentro do sistema de produção de suínos todos os setores da criação devem ser cuidadosamente avaliados para que se explore ao máximo o potencial genético das linhagens comerciais disponíveis no mercado. Particularmente a interação entre reprodução e nutrição tem merecido a atenção de vários pesquisadores, pois dessa interação depende boa parte da eficiência reprodutiva das fêmeas suínas. Almeida (1999) acrescenta que essa interação deve ser melhor entendida, particularmente nas explorações comerciais onde a eficiência reprodutiva é a meta mais importante para obtenção de lucro.

A viabilidade biológica da produção suinícola está diretamente relacionada com a eficiência reprodutiva e a mortalidade geral do plantel. No tocante às fêmeas, a eficiência é influenciada segundo Faccin (1991), pelo número de leitões nascidos vivos/parto, pelo número de partos/porca/ano e pela mortalidade, sendo o número de leitões desmamados e o de suínos vendidos por porca/ano freqüentemente os índices zootécnicos utilizados para avaliar essa eficiência.

O aumento do número de leitões desmamados por porca anualmente depende necessariamente do número de leitões nascidos vivos e da mortalidade durante o período de lactação. Dessa forma, para se melhorar a eficiência reprodutiva das fêmeas suínas torna-se necessário reduzir o

período de lactação e o intervalo desmama cio (IDC), bem como aumentar o número de leitões nascidos vivos.

O número de leitões nascidos vivos normalmente é influenciado pela taxa de ovulação, fertilização, mortalidade embrionária e capacidade uterina da porca (Decker et al., 1994). Dentre estes, a mortalidade embrionária é um importante fator em suínos, pois aproximadamente 30% dos óvulos fecundados não chegam ao final do período de gestação, sendo a maioria das perdas verificadas nos primeiros 40 dias. Vários são os fatores que contribuem para essa perda na fase inicial de gestação, merecendo ênfase o efeito do macho, período de lactação, momento da inseminação, estresse, infecções (parvovírus, leptospiras, enterovírus e síndrome reprodutiva e respiratória suína) e alimentação (Van Der Lende et al., 1994).

No que se refere à alimentação, vários trabalhos têm avaliado os efeitos da quantidade de ração consumida e da concentração de energia e proteína na fase inicial de gestação sobre o desempenho reprodutivo das fêmeas suínas. Em sua maioria, as pesquisas têm mostrado que o aumento de consumo de ração na fase inicial de gestação resulta no aumento da mortalidade embrionária e conseqüentemente menor números de leitões nascidos por parto. Por outro lado, existem outros estudos que não demonstraram efeito significativo do consumo de ração sobre a mortalidade embrionária. Os experimentos que demonstraram aumento da mortalidade embrionária em conseqüência do aumento do consumo de ração sugerem ser esse efeito associado à redução das concentrações séricas de progesterona que, por sua vez, afeta o ambiente uterino e os nutrientes necessários para o crescimento embrionário.

Na presente revisão será abordado o estudo do consumo de ração sobre o desempenho reprodutivo nos diferentes estágios da vida reprodutiva da fêmea suína, dando maior ênfase ao período inicial de gestação.

2. CONSUMO DE RAÇÃO E TAXA DE OVULAÇÃO

A puberdade na fêmea suína é caracterizada pelo aparecimento do primeiro cio fértil e ocorre entre 5,5 e 6,5 meses de idade com uma ligeira variação ligada ao genótipo e às condições de exploração (Silveira et al., 1998). Partindo desse pressuposto, sabe-se que o número médio de ovulações aumenta do primeiro para o terceiro cio, melhorando a prolificidade da fêmea suína. No entanto, segundo Silveira et al. (1998), a cobrição poderia ser realizada no segundo cio, desde que manejadas adequadamente. Completando estas informações Foxcroft et al. (1996) recomendam a realização de cobrições no segundo estro, com um peso ao redor de 125 kg e 15 mm ou mais de espessura de toucinho.

Há ampla evidência demonstrando que o aumento do consumo de ração e/ou de energia durante o período anterior à primeira cobrição poderá aumentar significativamente a taxa de ovulação na puberdade. É também estabelecido que o aumento do consumo de ração durante 10 a 14 dias antes da cobrição (efeito *flushing*) aumenta a taxa de ovulação nas marrãs em relação às que receberam ração restrita nesse período (Aherne & Willians, 1992). Beltranema et al. (1991) demonstraram

que o efeito flushing apenas restabelece a taxa de ovulação aos níveis normais, quando se observam baixas taxas ovulatórias. Anderson & Melampy (1972), revisando o assunto em mais de 30 experimentos, concluíram que o alto nível de alimentação por 11-14 dias antes da cobrição produziu a melhor resposta em termos de ovulações. O aumento da taxa de ovulação antes da maturidade do eixo reprodutivo (hipótalamo-hipófise-ovários) poderá ocasionar um aumento da mortalidade embrionária (Asworth, 1998). Por outro lado, experimentos como o de Den Hartog & Noordewier (1984) têm demonstrado que marrãs submetidas à restrição alimentar durante a cobrição produziram maior número de leitões do que as com consumo maior. Os autores também concluíram que a taxa de ovulação aumentou do primeiro para o terceiro cio, o que também foi observado por Silveira et al. (1998).

No manejo proposto por manuais de granjas comerciais, sugere-se a aplicação do flushing às leitoas com peso de 110 a 120 kg e idade de 180 a 190 dias, fornecendo uma dieta com 3200 kcal EM/dia à vontade, até a cobrição (Ludke et al., 1998).

2.1. INTERAÇÃO NUTRIÇÃO × REPRODUÇÃO SOBRE A TAXA DE OVULAÇÃO

A explicação pelo qual o efeito *flushing* afeta a taxa de ovulação parte do pressuposto que este altera os níveis plasmáticos de insulina e do fator de crescimento semelhante à insulina (IGF-1), aumentando conseqüentemente os níveis plasmáticos dos hormônios folículo estimulante (FSH) e luteinizante (LH) (Aherne & Willians 1992 e Den Hartog et al., 1994). Para comprovar o efeito da insulina, Cox et al. (1987) estimularam, via cerebral, a produção de insulina em leitoas e observaram efeito positivo na produção de LH, sugerindo que há evidências da presença de receptores desse hormônio no sistema nervoso central (Almeida 1999).

O aumento da concentração de insulina no plasma sangüíneo resultou em menor número de folículos atrésicos, confirmando que seu aumento no plasma poderá ocasionar importante ação sinérgica com as gonadotropinas e o IGF-1 mediando a resposta ovulatória ao efeito flushing (Den Hartog et al., 1994).

3. INFLUÊNCIA DO CONSUMO DE RAÇÃO DURANTE O PERÍODO DE LACTAÇÃO

Durante a fase de lactação o objetivo é maximizar a produção de leite, minimizar a perda de peso corporal para controlar o intervalo desmama-cio (IDC), garantir uma taxa de ovulação adequada e promover a longevidade da fêmea (Ludke et al., 1998). Estudos em porcas demonstram que o consumo de ração durante a lactação pode influenciar a intensidade do anestro lactacional, e o baixo consumo nessa fase pode aumentar o IDC (Kirkwood et al., 1987). A restrição de ingestão de nutrientes durante a lactação está associada com a supressão pulsátil do LH, e níveis baixos de energia parecem comprometer o retorno ao cio após a desmama (Koketsu et al., 1992). O mesmo tem sido demonstrado em pesquisas, em que um menor consumo de energia (abaixo de 50% da exigência do NRC, 1988) durante a lactação resulta em perda excessiva do peso corporal e gordura,

estando associado a um maior IDC e aumento das taxas de anestro (Kirkwood et al., 1990).

A perda de peso em fêmeas durante o período de lactação causa maior intervalo desmama-cio, baixa porcentagem de porcas retornando ao cio dentro de dez dias após a desmama, redução da taxa de gestação e da sobrevivência embrionária. A taxa de ovulação não é afetada pelo nível de alimentação durante a lactação. Em porcas com considerável perda de peso durante a lactação, o aumento do consumo de ração no período pós-desmama poderá melhorar a sobrevivência embrionária (Aherne & Willians, 1992).

Completando essas informações, Baidoo (1989) apud Guedes (1995), estudou a influência do consumo de ração durante a lactação e na fase inicial de gestação sobre a sobrevivência embrionária. O autor utilizou dois tratamentos (3 e 6 kg de ração/dia), durante o período de lactação até 48 horas após a cobrição. Após esse período, as fêmeas receberam 1,8 kg e 3,6 kg ração/dia, até os primeiros 25 dias de gestação. Observou-se que as porcas alimentadas com 3 kg de ração durante a lactação apresentaram redução da sobrevivência embrionária, quando comparadas com as que receberam 6 kg ração/dia durante o mesmo período. Ainda nesse estudo, verificaram que nas porcas com baixo consumo de ração o número de embriões e a porcentagem de sobrevivência embrionária foram significativamente melhorados pelo aumento do consumo de ração durante a fase inicial da gestação.

3.1. INTERAÇÃO NUTRIÇÃO × REPRODUÇÃO SOBRE A FASE DE LACTAÇÃO

Durante a fase de lactação, as porcas permanecem em anestro. Isso ocorre em virtude da reduzida resposta do ovário à estimulação hormonal provocada no eixo hipotalâmico-hipofisário (Kirkwood et al., 1987). A lactação na porca é caracterizada pela redução do desenvolvimento folicular, aumento da secreção de prolactina, picos de ocitocina e redução da produção de LH. Após a desmama, o bloqueio do hipotálamo é removido, causando aumento da secreção de GnRH. Esse processo é seguido por discreto aumento no FSH plasmático e maior aumento nas concentrações de LH. A secreção de estrógeno bem como de ocitocina, ACTH e corticóides da adrenal, devem também estar envolvidos no reinicio da atividade ovariana após a desmama (Matte et al., 1992 apud Reis, 1997).

A relação entre consumo de ração e níveis sangüíneos de LH e FSH foi pesquisada por Kirkwood et al. (1990), sugerindo que a redução do consumo de energia na lactação (45% do NRC, 1988) está associada à redução dos níveis plasmáticos de LH e FSH durante esse período até o inicio do cio.

Kirkwood et al. (1987) estudaram a influência do consumo de ração, durante o período de lactação, sobre os níveis de LH após a aplicação de GnRH, bem como a performance reprodutiva das porcas depois da desmama. No primeiro, foram utilizadas 20 porcas divididas em dois grupos, sendo as do primeiro grupo alimentadas com 3 kg de ração de lactação e as do segundo, com 6 kg da mesma ração

VETERINÁRIA

(16% de proteína bruta e 12,5 MJ DE kg) durante 21 dias de lactação. As porcas foram pesadas aos 21 dias de lactação, quando receberam injeção intravenosa de 50 µg de GnRH sintético. O sangue foi colhido aos 30 e 10 minutos antes da injeção de GnRH e zero, 10, 20, 30, 45, 60, 90 e 120 minutos depois da injeção para avaliar as concentrações de LH. Os autores observaram uma redução da produção de LH nas porcas recebendo menor quantidade de ração (1,34 ng/ml) quando comparadas as recebendo maiores quantidades (1,93 ng/ml) durante a fase de lactação. O pico de LH encontrado depois da aplicação do GnRH não apresentou diferença significativa (5,0 × 5,8 ng/ml, respectivamente) entre os tratamentos.

No segundo experimento, foram utilizadas 38 porcas alimentadas com 3 kg/ração de lactação/dia e 40, com 6 kg/ração/dia durante cinco semanas de lactação. As porcas que receberam 3 kg de ração apresentaram maior perda de peso e de gordura corporal do que as recebendo 6 kg/ração/dia (17,4×41,2kg e 3,2×6,3 mm, $p<0,001$; respectivamente). O baixo consumo de ração durante esse período também resultou em aumento da incidência de anestro (15,0×0,0%) e maior IDC (140,7×103 horas, $p<0,05$). As mesmas porcas, quando da apresentação do cio, foram divididas em outros dois grupos, sendo as do grupo um, inseminadas com sêmen fresco e as do segundo grupo, com sêmen congelado formando quatro tratamentos [3 kg/ração/dia – (L) e 6 – (H), inseminadas com sêmen fresco – (F) e congelado – (T)], LF, LT, HF e HT. A taxa de ovulação não foi afetada pelo aumento do consumo de ração durante a lactação (18,7×18,2, respectivamente), embora a sobrevivência embrionária fosse influenciada pelo consumo de ração e tipo de sêmen, sendo de 68,3%, 53,7%, 82,7% e 46,4% para os grupos LF, LT, HF e HT. De ambos os grupos retiraram-se oito porcas (H) e 20 (L) para coleta de sangue diário do desmame até o fim do cio. Os autores não observaram efeito do consumo de ração sobre os níveis de LH, hormônio de crescimento, estradiol 17-β e testosterona durante esse período.

4. INFLUÊNCIA DO CONSUMO DE RAÇÃO DURANTE O INTERVALO DESMAMA-CIO

O objetivo da alimentação durante o período pós-desmama é a diminuição do IDC, sincronização do início do cio e máxima taxa de ovulação e concepção (Aherne & Willians, 1992). Segundo Den Hartog & Kempem (1980), níveis elevados de ingestão de ração logo após o desmame até a cobrição apresentam efeito positivo sobre a taxa de parto. O mesmo efeito foi determinado por Kirkwood et al. (1987) para matrizes após a segunda lactação.

Em relação ao manejo nutricional durante o IDC, para que não haja perda excessiva da condição corporal, recomenda-se ração de lactação à vontade até o dia da cobrição. Ludke et al. (1998) acrescentam que matrizes com mais de três partos não apresentam resposta significativa frente ao flushing. Assim, após os dois primeiros desmames, é recomendado que as fêmeas continuem recebendo ração de lactação à vontade até o dia da cobrição ou inseminação, desde que o retorno ao cio esteja compreendido no período máximo de dez dias após o desmame.

Marsteller et al. (1997) demonstraram a influência do tipo de desmame (convenci-

onal ou precoce) sobre taxa de ovulação, sobrevivência embrionária, IDC e taxa de concepção. Nesse experimento, 124 porcas foram divididas em dois grupos, sendo as do tratamento um desmamadas precocemente (8-12 dias de lactação), e as do tratamento dois desmamadas convencionalmente (18-21 dias de lactação). Aos 35 dias depois da cobrição, as porcas foram abatidas e os sistemas genitais coletados e avaliados. Os resultados não apresentaram diferença estatística para a taxa de ovulação. No entanto, a sobrevivência embrionária foi significativamente menor nas porcas desmamadas precocemente, em relação às desmamadas convencionalmente (53%×83%; respectivamente), o mesmo ocorrendo com o intervalo desmama-cio (7,0×5,2 dias) e a taxa de concepção (68%×87%). Os autores concluíram que a sobrevivência embrionária foi o fator mais importante na avaliação de porcas submetidas ao desmame precoce.

4.1. INTERAÇÃO NUTRIÇÃO × REPRODUÇÃO SOBRE O INTERVALO DESMAMA CIO (IDC)

A atividade ovariana nas porcas está reduzida durante o período de lactação e após a desmama, sendo o cio normalmente observado dentro de quatro a seis dias. As secreções de estrógeno, ocitocina, ACTH e corticóides da adrenal estão envolvidos no reinício da atividade ovariana, após a desmama (Matte et al., 1992 apud Reis, 1997).

Dentro desse contexto, Kirkwood et al. (1987) estudaram 78 porcas distribuídas em dois tratamentos (3 e 6 kg/ração/dia) durante a lactação e concluíram que a redução dos níveis de LH no plasma durante o cio não está envolvida com o aumento da mortalidade embrionária na fase inicial de gestação. Alternativamente, Rhind et al. (1986), trabalhando com ovelhas, afirmam que um baixo consumo de ração pode interferir na produção de FSH e influenciar a duração do IDC, pois os níveis de FSH e LH podem interferir na função luteal. Além disso, estabelecem que uma condição corporal ruim pode estar associada com redução dos níveis de FSH.

5. INFLUÊNCIA DO CONSUMO DE RAÇÃO NA FASE INICIAL DE GESTAÇÃO

A alimentação durante a gestação tem uma função estratégica: além de influenciar o desenvolvimento da prenhez, o tamanho, o peso e a uniformidade da leitegada, afeta também a produtividade no período de lactação, o IDC e a longevidade da fêmea suína. Matrizes que receberam pouca energia ou limitação de nutrientes essenciais durante a gestação produziram leitões com pesos desuniformes e maior proporção de leitões fracos (Ludke et al., 1998).

Atualmente recomenda-se que a fêmea nesse período não deve ingerir mais que 2kg de ração nos primeiros dois dias após a cobrição. Após este período, a ração deverá ser oferecida conforme o escore corporal do animal (Muirhed & Alexander 1997). No entanto, é prática comum entre os produtores restringir a alimentação das porcas na fase inicial de gestação, pois tem sido demonstrado que variações na dieta podem interferir na sobrevivência embrionária e, conseqüentemente, no número de leitões nascidos vivos por parto. À luz deste conhecimento, vários trabalhos vêm sendo conduzidos com dois enfoques principais: um que estuda a quantidade diferente de ração e outro as concentrações de proteína e energia sobre a sobrevivência embrionária, discutidos a seguir.

5.1. DIVISÃO DA QUANTIDADE DIÁRIA DE RAÇÃO NA FASE INICIAL DE GESTAÇÃO E SOBREVIVÊNCIA EMBRIONÁRIA

Muitos experimentos têm sido realizados com o objetivo de estudar a influência da quantidade de ração sobre a sobrevivência embrionária. No entanto, a literatura mostra resultados contraditórios entre os diferentes autores.

Den Hartog et al. (1994) observaram que o aumento do consumo de ração, na fase inicial de gestação, diminuiu a sobrevivência embrionária. Esse resultado foi confirmado por Jindal et al. (1996a) que, utilizando 72 marrãs, avaliaram três regimes alimentares (1,5; 1,9 e 2,5kg de ração por dia) oferecidos 16 horas após a observação do início do cio. Nesse estudo concluíram que o aumento do consumo de ração diminui a sobrevivência embrionária de 85,93% (1,5kg) para 66,96% (2,5kg). Dick & Strain (1983) já haviam estudado o efeito do consumo de ração sobre a sobrevivência embrionária em 128 marrãs que receberam quatro quantidades diferentes de ração por 30 a 35 dias de gestação, encontrando que a redução do consumo de ração, desde a cobertura até os dez primeiros dias de gestação, aumentou a sobrevivência embrionária de 75,8% para 86,7%.

Já Toplis et al. (1983) obtiveram resultados diferentes. Esses pesquisadores estudaram 38 porcas da 2ª à 6ª ordem de parição, distribuídas em dois tratamentos (2 e 4kg de ração/dia), e observaram que o maior consumo de ração não influenciou significativamente a sobrevivência embrionária. Dick et al. (1980) também não encontraram efeito do consumo de ração sobre o desempenho reprodutivo (peso e sobrevivência fetal) até aos 60 dias de gestação. Esses autores trabalharam com marrãs, distribuídas em três tratamentos (1,5, 2,25 e 3kg de ração por dia). Toplis et al. (1983) concluíram que as marrãs são mais sensíveis do que as porcas ao efeito do aumento no consumo de ração na sobrevivência embrionária. Por sua vez, tanto Dick & Strain (1983) quanto Toplis et al. (1983) salientam, que o momento do aumento do consumo de ração é muito importante, sugerindo que se este ocorrer antes ou durante o período do cio pode aumentar a taxa de ovulação e conseqüentemente diminuir a sobrevivência embrionária. Caso o aumento do consumo de ração, ocorra depois do período de cio, não afetará a taxa de ovulação e a sobrevivência embrionária. Segundo Aherne & Willians (1992), os resultados dos experimentos demonstrando efeito do aumento do consumo de ração na fase inicial da gestação sobre a mortalidade embrionária foram devidos a um possível aumento da taxa de ovulação.

5.2. DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE ENERGIA E PROTEÍNA NA RAÇÃO E SOBREVIVÊNCIA EMBRIONÁRIA

Pharazin et al. (1991), trabalhando com 55 marrãs distribuídas em um esquema fatorial 2×2 (dois níveis de proteína bruta e de energia – alto e baixo), oferecidos no terceiro dia após o cio, não observaram efeito significativo dos níveis de proteína

e energia na sobrevivência embrionária.

Liao & Veum (1994), utilizando 72 leitoas, avaliaram dois níveis de energia (5,4 e 8,1 Mcal), oferecidos do terceiro dia após a cobrição até 30 a 32 dias de gestação, e observaram que o aumento do consumo de energia não influenciou a sobrevivência embrionária. Dick (1991) e Pharazyn et al. (1991) também trabalhando com alto consumo de energia entre os dias 10 e 20 de gestação, com os tratamentos iniciando depois da cobrição, não observaram efeito do alto consumo de energia sobre a sobrevivência embrionária. No entanto, Dick & Cole (1986) observaram que a diminuição do consumo de energia entre o primeiro e o décimo dia após a cobrição afetou a performance reprodutiva .

Jindal et al. (1996b) identificaram o período em que a alimentação influencia a sobrevivência embrionária. Nesse estudo, todas as marrãs foram alimentadas à vontade até o primeiro estro. Do primeiro ao segundo estro, consumiram 7 Mcal ED/dia, quando foram inseminadas e distribuídas nos seguintes grupos: Grupo I, consumo de 5,7 Mcal de ED/dia, já no primeiro dia pós-cobertura; Grupo II, consumo de 7 Mcal de ED/dia, até o terceiro dia pós-cobertura e 5,7 Mcal de ED/dia após este período; Grupo III, consumo de 7,8 Mcal ED/dia, a partir do primeiro dia pós-cobertura. Os autores relatam que a taxa de ovulação não foi influenciada pelos tratamentos. No entanto, as marrãs em regime de maior consumo energético tiveram menor concentração de progesterona sérica no terceiro dias após a cobertura e isso resultou em redução na taxa de sobrevivência embrionária entre 28 e 35 dias pós-cobertura

Segundo Liao & Veum (1994), os experimentos que avaliaram o efeito do aumento do consumo de energia sobre a sobrevivência embrionária muitas vezes são confundidos com o efeito *flushing*, em virtude de os tratamentos (aumento da energia) iniciarem antes da cobrição, afetando conseqüentemente a taxa de ovulação e aumentando a mortalidade embrionária, o que concorda com as propostas apresentadas por Dick & Strain (1983) e Toplis et al. (1983)

5.3. FRACIONAMENTO DA ALIMENTAÇÃO DIÁRIA E SOBREVIVÊNCIA EMBRIONÁRIA

Poucos experimentos têm sido realizados com objetivo de estudar a influência do fracionamento da alimentação diária nas características reprodutivas das fêmeas suínas. Bandeira (1999) investigou a influência do fracionamento da alimentação diária na fase inicial da gestação no desempenho reprodutivo de fêmeas suínas, utilizando 116 fêmeas, sendo 15 marrãs e 111 porcas da primeira à sexta ordem de parição. As fêmeas foram distribuídas em três tratamentos da seguinte forma: 39, 40 e 37 fêmeas, respectivamente, para o grupo controle (tratamento 1) que recebeu um único arraçoamento de 2kg de ração, um segundo grupo (tratamento 2) que recebeu dois arraçoamentos de 1kg cada, pela manhã e à noite e o terceiro grupo (tratamento 3) que recebeu três arraçoamentos de 666g cada, pela manhã, à tarde e à noite. Esses tratamentos foram iniciados 12 horas após a última inseminação artificial a que cada fêmea foi submetida e terminados com 30 dias de gestação. Analisaram-se os seguintes parâmetros: peso corporal, espessura de toucinho, escore corporal das fêmeas no início dos

tratamentos, aos 30 dias de gestação e aos 110 dias, número de leitões nascidos, peso ao nascer e percentagem de natimortos e mumificados e consumo de ração no período de 30 dias. Não se observou efeito do fracionamento diário da ração nos primeiros 30 dias de gestação sobre as condições corporais e o desempenho reprodutivo das porcas.

Pela literatura consultada, poucos trabalhos avaliaram a influência do fracionamento da alimentação diária sobre as características reprodutivas das fêmeas suínas. Contudo, esse manejo alimentar tem sido estudado em fêmeas bovinas. Vasconcelos (1998) avaliou a relação entre o horário e a quantidade de alimento ingerido sobre a concentração sérica de progesterona em 12 vacas holandesas submetidas a quatro tratamentos. O primeiro consistiu em alimentá-las com 100% da ração às 8 horas, o segundo em alimentá-las duas vezes ao dia, o terceiro quatro vezes ao dia e o quarto em alimentá-las com 100% da ração às 20 horas. Foram realizadas colheitas de sangue às 20 horas antes da remoção do restante da ração completa e a cada hora, por 25 horas, com a realização da primeira colheita antes do tratamento às 8 horas. O autor concluiu que os tratamentos 1 e 2 apresentaram decréscimo na concentração de progesterona com 3 horas após a alimentação (15%), ao passo que as vacas dos tratamentos 3 e 4 não mostraram redução na concentração do hormônio. O tratamento 3, que consistiu da alimentação dividida em quatro vezes, apresentou concentração sérica de progesterona mais constante em 24 horas.

5.4. INTERAÇÃO NUTRIÇÃO × REPRODUÇÃO E SOBREVIVÊNCIA EMBRIONÁRIA

Várias propostas sobre os mecanismos de ação e influência do consumo de ração sobre a sobrevivência embrionária tem sido relatadas na literatura. Entretanto esses mecanismos de ação não são claros. Os experimentos que demostraram aumento do consumo de ração influenciando a sobrevivência embrionária dos suínos relacionaram tal efeito com as concentrações séricas de progesterona. Aherne & Kirkwood (1985), Pharazyn et al. (1991), Den Hartog et al. (1994) e Jindal et al. (1996a) demonstraram com seus estudos que a maior taxa de remoção da progesterona circulante, causada pelo aumento do consumo de ração após a inseminação artificial, pode influenciar a sobrevivência embrionária.

A seguir serão abordados alguns dos mecanismos hormonais envolvidos na sobrevivência embrionária em porcas com diferentes manejos alimentares.

5.4.1 Efeitos mediados pela progesterona

A progesterona é o hormônio responsável pela manutenção da gestação (Van Der Lende et al., 1994). Algumas espécies (mulher e ovelhas) dependem predominantemente da progesterona sintetizada pela placenta para a manutenção da gestação; entretanto, em outras espécies como nos suínos, a contribuição da placenta é relativamente baixa, sendo a gestação mantida praticamente pelo corpo-lúteo (Craig, 1982). O processo de luteinização envolve dois eventos morfológicos, o primeiro, caracterizado pela diferenciação

das células da granulosa e da teca em células luteais e o segundo, pela migração dos elementos vasculares para uma rede de capilares (Foxcroft et al., 1994). Aproximadamente quatro a seis corpos-lúteos são necessários para a produção suficiente de progesterona para manutenção da gestação em suínos (Christianson, 1992).

Em porcas não gestantes, o corpo-lúteo é formado aproximadamente do quarto ao quinto dia do ciclo estral, ocorrendo nesta fase, mudanças nos níveis de progesterona no plasma. Segundo Guthrie & Rexroad (1980), no 8° dia do ciclo estral a concentração sérica de progesterona é de 25,1 ng/ml, no 12°, 42,8; 14°, 36,3; 16°, 5,9 e 18°, 4,5 ng/ml. Observa-se que a concentração de progesterona no plasma aumenta do 8° para o 12° dia do ciclo estral e diminui do 14° para o 16° dia, com a regressão luteal ocorrendo aproximadamente no 15° dia. Em fêmeas gestantes, segundo Robertson & King (1974), observa-se um aumento da concentração de progesterona no plasma nos primeiros 10 dias de gestação, com pico de produção (21,9 ng/ml) ao 14° dia. No 28° dia essa concentração diminui (13 ng/ml) e daí em diante varia pouco até 91 dias de gestação, decrescendo até 4,7 ng/ml no dia do parto. Esses efeitos foram ratificados no trabalho de Aschibong et al. (1987) que analisaram as concentrações séricas de progesterona e estrógeno em marrãs cobertas do primeiro até o terceiro cio e concluíram que, nos períodos referidos, os níveis de progesterona foram menores no terceiro dia e maiores no 15° dia de gestação, observando-se uma concentração mais baixa ao 30° dia.

Estudando este assunto, Dick et al. (1980) avaliaram as concentrações séricas de progesterona entre o 10° e o 56° dia de gestação, a intervalos de 3 a 4 horas, em 48 marrãs, submetidas a três tratamentos (1,5, 2,25 e 3kg de ração). Os resultados mostraram que as concentrações séricas deste hormônio foram altas em marrãs que receberam 1,5kg de ração por dia (16,7 ng/ml) e baixas nas que receberam 3,0kg (11,8 ng/ml), concluindo que a quantidade de ração pode afetar os níveis séricos de progesterona. Os autores relatam ainda que as concentrações encontradas no estudo foram mais baixas quando comparadas às de outras pesquisas. Sugerem que, talvez por serem marrãs, os níveis de progesterona foram mais baixos porque são mais sensíveis ao aumento do consumo de ração. Pharazin et al. (1991) salientam que as mudanças na progesterona sérica circulante no período imediato após a ovulação pode ser de grande importância na determinação da sobrevivência embrionária, quando comparadas às de períodos mais tardios da gestação. Os autores afirmam que o período crítico, quando o consumo de ração influência a sobrevivência embrionária, ocorre antes dos dez dias após a fertilização.

5.4.2 Influência da progesterona sobre o ambiente uterino

A progesterona afeta o ambiente uterino como também influencia a disponibilidade dos nutrientes necessários para o crescimento e desenvolvimento do embrião, antes da implantação deste no útero (Asworth, 1991). As secreções uterinas são importantes como fonte de nutrientes para o embrião, sendo caracterizadas por um grupo de proteínas sintetizadas pelo endométrio em resposta à produção de progesterona. Vários experimentos mostram que algumas dessas proteínas podem ser induzidas em porcas ovariectomizadas tratadas com aquele hormônio (Flint et al., 1982). Portanto, as secreções uterinas assumem papel importante no desenvolvimento do embrião, principalmente em espécies onde a implantação ocorre tardiamente ou onde a placenta é do tipo superficial não invasiva, como no caso dos suínos (Den Hartog et al., 1994). Em ovelhas, Ashworth et al. (1989) observaram inter-relações entre a secreção de progesterona, o ambiente uterino e a sobrevivência embrionária. No caso de suínos, Van Der Lende et al. (1994) verificaram o aparecimento precoce de proteínas uterinas em marrãs alimentadas com 4kg de ração por dia, quando comparadas às que receberam 2,5kg. Estes resultados sugerem que o alto consumo de ração pode causar assincronia entre o embrião e o desenvolvimento uterino, pois as proteínas básicas têm funções importantes na fase de crescimento do embrião, bem como a sua implantação no útero. O aumento do teor dessas proteínas pode induzir o desenvolvimento uterino precoce, influenciando o desenvolvimento normal do embrião.

5.4.3 Influência do consumo de ração na sobrevivência embrionária

A hipótese de uma possível associação entre consumo de ração, sobrevivência embrionária e níveis séricos de progesterona tem sido estudada por vários autores. Einarsson & Rojkittikhum. (1993) relatam que o aumento do consumo de ração pode levar ao incremento do fluxo sangüíneo hepático, alterando sua atividade e gerando mudanças no catabolismo da progesterona no plasma. Em revisão recente sobre os mecanismos nutricionais que interferem na sobrevivência embrionária de suínos, Foxcroft (1997) também acrescenta a possibilidade de ocorrer mudanças na circulação, ou seja o desvio da circulação sangüínea do ovário; em conseqüência, o aumento do consumo de ração poderia alterar a sobrevivência embrionária. Baseando-se no princípio de que o aumento do consumo de ração pode influenciar os níveis séricos de progesterona e aumentar o fluxo sangüíneo hepático, e conseqüentemente a taxa de remoção da progesterona; Symonds & Prime (1989) avaliaram em marrãs o efeito do fornecimento de 1 a 3kg de ração/dia sobre o metabolismo da progesterona e o fluxo sangüíneo na veia porta. Os autores encontraram um aumento do metabolismo de remoção da progesterona (de 39,7 para 57 ml/min.) e do fluxo sangüíneo (de 1,34 para 1,96 ml/min.) quando se aumentou o consumo de ração.

Partindo-se do pressuposto de que aumentando-se o consumo de ração ocorre redução da sobrevivência embrionária devido a um efeito correlacionado com a progesterona, Den Hartog et al. (1994) propõem a seguinte explicação: o aumento do consumo de ração aumenta o fluxo sangüíneo hepático, acarretando aumento da taxa de remoção da progesterona circulante, levando a sua redução sérica, o que causa uma assincronia entre o ambiente uterino e o embrião. Sabe-se que a progesterona é o hormônio responsável pela manutenção da gestação, visto que afeta o ambiente uterino e os nutrientes necessários para o crescimento e desenvolvimento embrionário; portanto, é necessário que o ambiente uterino seja compatível com o nível de maturidade do embrião, pois um desenvolvimento acelerado ou debilitado do endométrio pode

VETERINÁRIA

contribuir para uma assincronia entre o útero e o embrião, resultando em uma falha reprodutiva como o aumento da mortalidade embrionária.

5.4.4 Suplementação de progesterona

Ashworth (1991) estudou a suplementação de progesterona após a cobrição em leitoas que exibiam alta taxa de ovulação, para avaliar a performance reprodutiva. Nesse estudo, 30 leitoas foram divididas em três regimes alimentares (1,5, 2,3 e 4,6 kg) e receberam os tratamentos durante dois ciclos estrais até a cobrição. Onze a 14 dias antes da cobrição os grupos de marrãs que receberam 1,5 e 4,6 kg, começaram a receber ração à vontade até a cobrição. O grupo que recebeu 2,3kg continuou a consumir a mesma quantidade até a cobrição. Depois da cobrição todas as leitoas foram alimentadas com 2,3kg de ração durante 30 ± 3 dias de gestação, quando foram abatidas. Seis leitoas tratadas à vontade antes da cobrição, receberam injeções de 50mg de progesterona diariamente até quatro dias antes do abate; outro grupo de seis leitoas, também alimentadas à vontade antes da cobrição (grupo controle), não receberam progesterona. O autor observou que as leitoas alimentadas com mais ração antes da cobrição (4,6 kg/ração/dia) exibiram maior taxa de ovulação do que aquelas que receberam 2,3kg (17,0%×15,0%, respectivamente). Houve maior número de fetos nas leitoas tratadas com maior quantidade de ração antes da cobrição e que receberam progesterona (82,8%) em relação às que não receberam (66,4%).

6. CONCLUSÕES

Várias propostas para os mecanismos de ação e influência do consumo de ração sobre o desempenho reprodutivo de fêmeas suínas têm sido relatadas na literatura. Embora a maioria dos estudos demonstre interações entre nutrição e reprodução dos suínos, os mecanismos de ação, principalmente na fase inicial da gestação, ainda permanecem obscuros, necessitando mais estudos que possam efetivamente ajudar a melhorar a eficiência reprodutiva.

AHERNE, FX; KIRKWOOD, RN. Nutrition and sow prolificacy. *J. Reprod. Fert.*, v.33, n.1, p.169-183, 1985.

AHERNE, FX; WILLIANS, HW. Nutrition for optimizing breeding herd performance. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Prac.*, v.8, p.589-608, 1992.

ALMEIDA, FRCL. Interações entre nutrição e reprodução em suínos. *Cad. Téc. Esc. Vet. UFMG*, n.26, p.45-79, 1999.

ANDERSON, LL; MELAMPY, RM. *Pig production.* London: Butterworth, 1972. Factors affecting ovulation rate in the pig. p.329-366.

ASCHIBONG, AE; ENGLAND, DC; STORMSHA, KF. Factors contributing to early embryonic mortality in gilt's bred at first estrus. *J. Anim. Sci.*, v.64, n.2, p.474-478, 1987.

ASHWORTH, CJ. Effect of pre-mating nutritional status and post-mating progesterone supplementation on embryo survival and conceptus growth in gilts. *Anim. Reprod. Sci.*, v.26, n.3-4, p.311-321, 1991.

ASHWORTH, CJ; SALES, DI; WILMUT, I. Evidence of an association between the survival of embryos and periovulatory plasma progesterone concentration in the ewe. *J. Reprod. Fertil.*, v.87, n.1, p.23-32, 1989.

ASWORTH, CI. Advances in embryo mortality research. In: Congress of International Pig Veterinary Society, 15, 1998, England. *Proceedings...* England: Press Point, 1998, p.231-235.

BANDEIRA, MN. *Fracionamento da alimentação diária na fase inicial da gestação e desempenho reprodutivo de fêmeas suínas.* Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1999. 85p. Dissertação (Mestrado).

BELTRANEMA, E et al. Endocrinology of nutritional flushing in gilts. *Can. J. Anim. Sci.*, v.71, n.4, p.1063-1071, 1991.

CHRISTIANSON, WT. Stillbirths, mummies, abortions, and early embryonic death. *Vet. Clin. North Am.: Food Anim. Prac.*, v.8 , n.3, p.623-639, 1992.

COX, NM et al. Enhancement of ovulation rate in gilts by increasing dietary energy and administering insulin during follicular growth. *J. Anim. Sci.*, v.64, n.2, p.507-516, 1987.

CRAIG, VA. Placental steroid metabolism in late pregnancy. In: COLE, DJA; FOXCROFT, GR. *Control of pig reproduction.* London: Butterworth, 1982. p.405.

DEN HARTOG, LA; NOORDEWIER, GJ. The effect of energy intake on age at puberty in gilts. *Neth. J. Agric. Sci.*, v.28, n.2, p.263-280, 1984.

DEN HARTOG, LA; VAN KEMPEN, GJM. Relation between nutrition and fertility in pigs. *Neth. J. Agric. Sci.*, v.28, n.2, p.211-227, 1980.

DEN HARTOG, LA; VESSEUR, PC; KEMP, BV. Nutrition-reproduction interactions in sows. In: COLE, DA; WISEMAN, J; VALEY, MA. *Principles of pig science.* Nottingham: Nottingham University Press, 1994. p.215.

DICK, GW. The effect of postmating diet intake on embryonic and fetal survival, and litter size in gilts. *Can. J. Anim. Sci.*, v.71, n.3, p.675-681, 1991.

DICK, GW; COLE, DJA. The effect of restricted energy and nutrient intake after mating on reproductive performance of multiparous sows. *Anim. Prod.*, v.42, n.1, p.127-130, 1986.

DICK, GW; PALMER, WM; SIMARAKS, S. Progesterone and luteinizing hormone concentration in serum of pregnant gilts on different levels of feed consumption. *Can. J. Anim. Sci* , v.60, n.4, p.877-884, 1980.

DICK, GW; STRAIN, JH. Post-mating feeding level effects on conception rate and embryonic survival in gilts. *Can. J. Anim. Sci.*, v.63, n.3, p.579-585, 1983.

EINARSSON, S; ROJKITTIKHUM, T. Effects of nutrition on pregnant and lactating sows. *J. Reprod. Fertil.*, Suppl., v.33, n.2, p.229-239, 1993.

FACCIN, MI. Desempenho reprodutivo e sua influência no custo de produção. In: Congresso Brasileiro de Reprodução Animal, 9, 1991, Belo Horizonte. *Anais* ...Belo Horizonte: CBRA, 1991. p.146.

FLINT, APF; SAUNDERS, PTK; ZIECK, AJ. Blastocyst-endometrium interactions and their significance in embryonic mortality. In: COLE, DJA; FOXCROFT, GR. *Control of pig reproduction.* London: Butterworth, 1982. p.253.

FOXCROFT, GR et al. Reproductive function: current concepts. In: COLE, DA; WISEMAN, J; VALEY, MA. *Principles of pig science.* Nottingham: Nottingham University Press, 1994. p.225-252.

FOXCROFT, GR. Mechanisms mediating nutritional effects on embryonic survival in pig. *J. Fertil. Summ.*, v.52, n.1, p.47-61, 1997.

FOXCROFT, GR; COSGROVE, J; AHERNE, F. The interface between reproduction and the nutrition in swine. In: Conferência International sobre Ciência e Tecnologia de Produção e Industrialização de Suínos, 2, 1996, Campinas. *Anais*...Campinas: ITAL, 1996. p.55-56.

GUEDES, RMC. *Influência da ordem de parto e da condição corporal sobre o intervalo desmama-cio em fêmeas suínas.* Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1995. 54p. Dissertação (Mestrado)

GUTHRIE, HD; REXROAD, CC. Progesterone secretion and prostaglandin release in vitro by endometrial and luteal tissue of cyclic pigs. *J. Reprod. Fertil.*, v.60, n.1, p.157-163, 1980.

JINDAL, R; COSGROVE, JR; FOXCROFT, GR. Progesterona mediates nutritionally induced effects on embryonic survival in gilts. *J. Anim. Sci.*, v.75, n.2, p.1063-1070, 1996a.

JINDAL, R et al. Effect of nutrition on embryonal mortality in gilts: Association with progesterone. *J. Anim. Sci.* v. 74, p. 620-624, 1996b.

KIRKWOOD, RN; BAIDOO, SK; AHERNE, FX. The influence of feeding level during lactation and gestation of the endocrine status and reproductive performance of second parity sows. *Can. J. Anim. Sci.*, v.70, n.4, p.1119-1126, 1990.

KIRKWOOD, RN et al. The influence of feeding level during lactation on the occurence and endocrinology of the postweaning estrus in sows. *Can. J. Anim. Sci*, v.67, n.2, p.405-415, 1987.

KOKETSU, Y et al. Influence of feed intake during different stages of lactation on the post-weaning reproductive performance of primiparous sows. In: Congress of the International Pig Veterinary Society, 12, 1992, The Hague. *Proceedings...* The Hague: IPVA, 1992. p.470.

LIAO, CW; VEUM, LT. Effects of dietary energy intake by gilts and heat stress from days 3 to 24 or

30 after mating on embryo survival and nitrogen and energy balance. *J. Anim. Sci.*, v.72, n.9, p.2369-2377, 1994.

LUDKE, JV; BERTOL, TM; SHEUERMANM, GN. Manejo da alimentação. In: SOBESTIANSKY, J et al. *Suinocultura intensiva* - Produção, manejo e saúde do rebanho. Concordia: Embrapa/CNPSA, 1998. p.65-88.

MARSTELLER, TA et al. Effect of lactation length on ovulation rate and embryo survival in swine. *Swine Health Prod.*, v.5, n.2, p.49-56, 1997.

MUIRHEAD, M.R., ALEXANDER, T.J.L. Reproduction: Non infectious infertility. In: *Managing pig health and the treatment of disease*. s.l.: 5M Enterprise Ltd., 1997.

NUTRIENT requirements of domestic animals. 9.ed. Washington: National Academy of Science, 1988. 93p.

PHARAZIN, A et al. Dietary energy and protein intake, plasma progesterone and embryo survival in early pregnancy in the gilt. *Can. J. Anim. Sci.*, v.71, n.3, p.949-952, 1991.

REIS, FT. *Efeito de diferentes estímulos sexuais sobre o ciclo estral, e a performance reprodutiva de fêmeas suínas inseminadas artificialmente*. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1997. 181p. Dissertação (Mestrado).

RHIND, SM; McNEILLY, AS. Follicle populations ovulation rates and plasma profiles of LH, FSH and prolactin in Scottish Blackface ewes in high and low levels of body condition. *Anim. Reprod. Sci.*, v.10, n.1, p.105-115, 1986.

ROBERTSON, HA; KING, GJ. Plasma concentrations of progesterone, oestrone, oestradiol-17β and of oestrone sulphate in the pig at implantation, during pregnancy and at parturition. *J. Reprod. Fertil.*, v. 40, n.1, p.133-141, 1974.

SILVEIRA, PRS et al. Manejo da fêmea reprodutora. In: SOBESTIANSKY, J et al. *Suinocultura intensiva* - Produção, manejo e saúde do rebanho. Concórdia: Embrapa/CNPSA, 1998. p.163-192.

SYMONDS, HW; PRIME, G. The influence of volume of food intake by gilts on blood flow in the portal vein and clearance of progesterone from plasma. *Anim. Prod., Abst.*, v.48, n.12, p.620-621, 1989.

TOPLIS, P; GINESI, MF; WRATHALL, AE. The influence of high food levels in early pregnancy on embryo survival in multiparous sows. *Anim. Prod.*, v.37, n.1, p.45-48, 1983.

VASCONCELOS, JLM. *Avaliação da sincronização de ovulações e de fatores relacionados com a producão de leite e taxa de concepção em vacas*. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, 1998. 115p. Tese (Doudorado).

VAN DER LENDE, T; SOEDE, NM; KEMP, BV. Embryo mortality in the pig. In: COLE, DA; WISEMAN, J; VALEY, MA. *Principles of pig science*. Nottingham: Nottingham University Press, 1994. p.297.

Cad. Téc. Vet. Zootec., n.42, p.71-86, 2003.

ENRIQUECIMENTO DA DIETA DE SUÍNOS COM ÁCIDOS GRAXOS POLIINSATURADOS: EFEITO NA QUALIDADE DA CARNE

Raimundo Vicente de *Sousa*
Méd.Vet, Dr., Prof. Adjunto
Depto. de Medicina Veterinária

Hunaldo Oliveira *Silva*
Méd.Vet., Doutorando em Zootecnia

Daniela Oliveira *Carneiro*
Acadêmica de Medicina Veterinária

Universidade Federal de Lavras
Lavras, MG

SUMÁRIO

1. Introdução 71
2. Relação entre consumo de produtos de origem animal e doenças crônicas 72
3. Os lipídeos da dieta e seu efeito nos lipídeos do sangue e dos tecidos 74
4. Influência da nutrição na qualidade da carcaça e composição da carne suína 78
5. Produtos de origem animal enriquecidos com ácidos graxos poliinsaturados 82
6. Considerações finais 84

1. INTRODUÇÃO

A agroindústria relacionada ao abate e à comercialização de carne suína, em âmbito mundial, teve um crescimento de cerca de 300% nas últimas quatro décadas. O consumo per capita de carne suína no Brasil cresceu cerca de 76% na última década, chegando a uma projeção de 11 kg por habitante/ano em 2001, enquanto em termos mundiais, o consumo cresce a uma taxa de 5% ao ano.

Em função das transformações que a sociedade moderna tem sofrido e daquelas que a suinocultura tem experimentado nas últimas décadas, podemos não só separar completamente o perfil da suinocultura atual daquele praticado no passado como também estimar, com certa segurança, como será essa atividade em futuro próximo.

A carne suína representa a fonte protéica mais consumida em todo o mundo, sendo também a mais comercializada no mercado mundial. A produção mundial de carne suína é de mais de 90 milhões de toneladas. Nesta escala produtiva o Brasil contribui com aproximadamente 2,1 milhões de toneladas segundo estimativas para o ano de 2002. O Brasil possui um rebanho suíno de 36,5 milhões de cabeças e cerca de 118 indústrias frigoríficas, responsáveis pelo abate de 22,4 milhões de suínos por ano. Um total aproximado de 66% da carne suína produzida no Brasil é comercializado na forma de produtos industrializados, 29% é comercializada em espécie (fresca, congelada ou salgada) e 5% são exportados. No ano de 2001, as exportações brasileiras totalizaram 270 mil toneladas de carne suína, o que representou

um faturamento de 500 milhões de dólares. A expectativa da Associação das Indústrias Exportadoras de Carne Suína (ABIPECS) é de que em 2002 as indústrias brasileiras exportem mais de 500 milhões de dólares em carne suína, o que poderá representar mais de 300 mil toneladas.

Com as mudanças no perfil do mercado consumidor no final do milênio, além dos esforços dedicados à melhoria da eficiência da cadeia produtiva, é necessário que se dê atenção à qualidade do produto que chega ao consumidor final, ou seja, que sejam empreendidos esforços de pesquisa para proporcionar ao consumidor um produto cada vez mais saudável.

Sabe-se que os lipídeos na dieta do homem tem um papel fundamental na patogenia das doenças crônicas, por isso a manipulação destes componentes, nos tecidos comestíveis dos animais, em termos quantitativos e qualitativos, pode prestar uma contribuição significativa no sentido de melhorar a aceitação desses produtos.

2. RELAÇÃO ENTRE CONSUMO DE PRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL E DOENÇAS CRÔNICAS

Segundo Vieira (1999), os produtos de origem fornecem aminoácidos essenciais em proporções adequadas caracterizando fontes de proteína de bom valor biológico; fornecem nitrogênio para a síntese de outras substâncias nitrogenadas presentes no organismo; fornecem energia (4 kcal/g) - isso se considerarmos o que fornece a proteína animal e não o produto como um todo, já que este possui outros componentes; fornecem ferro mais disponível, já que o ferro na forma de heme é mais facilmente absorvível que o ferro livre dos vegetais. O ferro da carne é 20 vezes mais biodisponível que o ferro do feijão, por exemplo. Os produtos animais são, ainda, boa fonte de zinco.

De acordo com a Organização Mundial de Saúde, pelo menos um terço da necessidade diária de proteína deve ser proteína de alto valor biológico, ou seja, de origem animal.

Em termos epidemiológicos, o alto consumo de produtos de origem animal está relacionado com a maior incidência de doenças crônicas, tais como a obesidade, aterosclerose, câncer e doenças renais (Vieira, 1999).

Os alimentos de origem animal apresentam maior densidade energética, portanto o consumo excessivo deles, em detrimento dos produtos vegetais, pode levar à obesidade. Essa maior densidade energética deve-se ao maior conteúdo em lipídeos e, como se sabe, o custo energético para a conversão de gordura dietética em gordura do tecido adiposo é cerca de 8 vezes menor que a conversão de carboidratos em tecido adiposo. A obesidade é clinicamente importante por predispor a outras doenças como diabetes, doença cardiovascular, hipertensão, colelitíase e câncer (Vieira, 1999; Bragagnolo, 2001; Bragagnolo & Rodriguez-Amaya, 2002).

Dentre os fatores dietéticos que contribuem para o aumento do nível sérico de colesterol, que é sabidamente um fator predisponente da aterosclerose, estão os ácidos graxos saturados, o colesterol e a

VETERINAR

proteína animal. Diversos estudos relacionam os mecanismos que levam a gordura saturada e o colesterol a aumentar a incidência de aterosclerose, no entanto, o mecanismo relacionado às proteínas animais não está claro. Vale ressaltar que o colesterol é um produto exclusivamente de origem animal e que a aterosclerose é uma doença multifatorial.

Cerca de 35% dos cânceres estão relacionados com a dieta, e entre os fatores dietéticos destacam-se o consumo de gordura total, colesterol e proteínas. Os fatores dietéticos normalmente se relacionam com a promoção e a propagação do câncer e não com a iniciação. Os mecanismos que relacionam o colesterol e a gordura saturada ao câncer ainda são obscuros. O consumo excessivo de proteínas se relaciona com a formação de substâncias cancerígenas como a amônia e as nitrosaminas que podem desencadear o câncer de intestino grosso. A gordura da dieta pode predispor a câncer de mama, ovário, próstata, intestino grosso, bexiga e talvez em outros órgãos, além disso, o consumo excessivo de proteínas pode predispor à litíase e à insuficiência renal (Vieira, 1999). Ainda, segundo Vieira (1999), deve-se, no entanto, dizer que as doenças crônicas são multifatoriais e não se pode imputar a um dos fatores como a dieta, isoladamente, a causa de tais alterações.

Existe uma série de tabus e preconceitos, inclusive baseados em preceitos religiosos, com relação ao consumo de carne, principalmente com relação à carne suína. A origem destes preceitos remonta a milênios. As associações de produtores e de profissionais ligados à indústria suinícola no Brasil têm desenvolvido estratégias de *marketing* para esclarecimento e divulgação da carne suína e seus produtos derivados.

A carne suína apresenta proteína de alto valor biológico, como toda proteína animal. Sua gordura contém maior teor de ácido oléico (ômega-9), segundo alguns autores até 50%, em relação à carne bovina. Assim também ocorre com o ácido α-linolênico (ômega-3). Segundo Vieira (1999), experiências conduzidas para avaliar o poder hipercolesterolêmico de proteínas de diversas fontes revelaram que as proteínas da carne suína apresentaram um potencial hipercolesterolêmico inferior às proteínas da gema de ovo, da caseína, de peixe, de carne bovina e de frango. Esse autor ainda relata que a carne suína apresenta níveis mais baixos de colesterol em comparação a outras carnes.

Davidson et al. (1999) realizaram um estudo com pessoas hipercolesterolêmicas, com a duração de 36 semanas, para comprovar os efeitos de carnes brancas magras (aves e peixes) e carnes vermelhas magras (bovino, suíno e vitela) sobre os níveis de colesterol total, colesterol nas lipoproteínas e triacilgliceróis no plasma. Os autores não observaram diferenças significativas com relação aos dois tipos de carne presentes nas dietas estudadas. Esses autores, portanto, chamam a atenção para as recomendações que são feitas às pessoas hiperlipidêmicas para que suprimam completamente o consumo de carne vermelha, e argumentam que isso pode não ter sentido desde que observados os teores de gordura da carne, a formulação da dieta e o acompanhamento do procedimento dietético recomendado para tais pacientes.

3. OS LIPÍDEOS DA DIETA E SEU EFEITO NOS LIPÍDEOS DO SANGUE E DOS TECIDOS

A gordura da alimentação humana e animal é formada, em sua maior parte, por triglicerídeos, fosfolípides, monoglicerídeos e outras substâncias de natureza lipídica, presentes em menores proporções (Grundy, 1996; Penz Jr. & Viola, 1998). A quantidade de ácidos graxos, o comprimento da cadeia de carbono e geometria, conferida pelo número e posição das duplas ligações, influenciam significativamente os níveis lipídicos plasmáticos e teciduais (Lottemberg, 1992; Grundy, 1996). Nos alimentos, sobretudo nos óleos e gorduras, a quase totalidade dos ácidos graxos é encontrada na forma esterificada. Além de fornecerem energia e veicularem vitaminas lipossolúveis, eles participam da formação dos fosfolípides de membrana e dos eicosanóides (prostaglandinas, prostaciclinas, tromboxanas e leucotrienos), os quais são autacóides derivados de ácidos graxos de cadeia longa e que exercem diversas funções farmacologicamente importantes.

Existe relação entre os níveis plasmáticos de colesterol, a quantidade e o tipo de gordura consumida (Lottemberg, 1992; Grundy, 1996). O colesterol alimentar interfere nos níveis plasmáticos de colesterol, mas sem dúvida a quantidade de ácidos graxos de cadeia saturada exercem influência superior, principalmente aqueles com tamanho de cadeia de 12 a 16 carbonos (Grundy, 1996). Um dos mecanismos propostos para a ação dos ácidos graxos é a redução do número e da atividade dos receptores de LDL (B/E), o que inibe a remoção desta lipoproteína do plasma (Lottemberg, 1992; Grundy, 1996). Alguns autores sugerem que a síntese de VLDL pode ser estimulada e a captação de certas partículas, principalmente IDL e quilomícrons remanescentes, pode ser reduzida no fígado por ação de alguns ácidos graxos saturados, ao passo que os poliinsaturados promovem o contrário (Grundy, 1996).

Não está ainda muito claro como os ácidos graxos saturados suprimem a atividade dos receptores de LDL. Há suposições de que esse fato ocorra através da modificação da organização físico-química da estrutura desses receptores na superfície celular, pelo impedimento da síntese ou da reciclagem desses receptores, tornando-os menos ativos ou numericamente menos eficientes (Grundy, 1996). Nicolosi (1997) sugere que a atividade dos receptores de LDL deve ser regulada pelo nível de RNA mensageiro para este receptor. Sabe-se que o colesterol livre, não esterificado, intracelular é capaz de reduzir a síntese de receptor de LDL através de uma proteína regulatória ligadora de esteróis que funciona como fator de transcrição. Alguns autores, segundo Grundy (1996), afirmam que a esterificação de colesterol no fígado pode ser aumentada, portanto, a captação de colesterol também é aumentada, por alguns ácidos graxos insaturados e reduzida pelos ácidos graxos saturados.

Os ácidos graxos saturados são mais abundantes nos produtos de origem animal, à exceção dos peixes e frutos do mar de um modo geral, que são ricos em ácidos graxos poliinsaturados, especialmente os ácidos eicosapentaenóico (C20:5 n-3) e docosaexaenóico (C22:6 n-3). Esses ácidos graxos entram na cadeia alimentar dos animais aquáticos via seres planctônicos, que são capazes de sintetizá-los (Bragagnolo & Rodriguez-Amaya, 2002).

31 VETERINÁRIA

Os ácidos graxos saturados também aumentam os níveis de triglicérides no plasma, o que decorre de estímulo à secreção hepática de triglicérides sob a forma de VLDL. Esses efeitos são associados àqueles ácidos graxos com cadeia contendo 12 (láurico), como também 16 átomos de carbono (palmítico). Esses ácidos graxos possivelmente aumentam as taxas de triglicérides por estimularem a expressão de Apo-CIII no fígado, que leva à redução do catabolismo de lipoproteínas ricas em triacilgliceróis. O ácido graxo saturado com 18 átomos de carbono (C18:0), ácido esteárico, abundante na manteiga de cacau, não concorre para elevar os níveis plasmáticos de colesterol em relação aos ácidos graxos C_{12} a C_{16} (Grundy, 1996) provavelmente porque, no fígado, o processo de desidrogenação desse ácido é rápido e, assim, ele é convertido a ácido oléico, enquanto o palmítico (C16:0), por exemplo, necessita ser alongado e depois dessaturado.

Em função da localização da primeira dupla ligação na cadeia, a contar do grupamento metil, os ácidos graxos classificam-se em ômega-3, ômega-6, ômega-7 ou ômega-9 (n-3, n-6, n-7 ou n-9) e assim por diante. Os principais representantes da série ômega-6 são os ácidos linoléico (C18:2 n-6), abundante nos óleos vegetais, e o araquidônico (C20:4 n-6), usualmente sintetizado no fígado e em outros órgãos, tendo como precursor o ácido linoléico. A síntese do ácido linoléico não é possível no organismo dos animais superiores, o mesmo acontecendo para o ácido araquidônico em algumas espécies (Calder, 1998). Esse ácido graxo é nutricionalmente essencial, sendo requerido na dieta dos animais; no caso dos suínos, na proporção 0,1% da dieta para todas as fases da vida do animal (NRC, 1998).

O ácido oléico, presente no óleo de oliva e no óleo de canola, em substituição à gordura saturada é capaz de reduzir o colesterol em LDL sem alterar os níveis de colesterol em HDL. No entanto, os trabalhos mais recentes mostram que o ácido oléico (C18:1 n-9) é considerado neutro com relação aos níveis de colesterol sérico (Grundy, 1996). Uma regra geral foi sugerida na literatura no sentido de que os ácidos graxos saturados aumentam o colesterol circulante e os poliinsaturados o reduzem em relação ao ácido oléico, tanto que a relação poliinsaturado/saturado (P/S) se tornou um padrão para predizer os efeitos de uma fonte lipídica sobre os lipídeos séricos. Hoje em dia, a idéia que se tem é de que o ácido linoléico (C18:2 n-6) exerce um efeito redutor bastante moderado sobre o colesterol sérico, em relação ao ácido oléico e que esta redução ocorre no colesterol total e em todas as frações, ou seja, reduz tanto colesterol em LDL quanto em HDL. Os mecanismos postulados seriam por redução da secreção de lipoproteína contendo Apo B e pelo aumento da atividade do receptor de LDL. A redução de HDL se dá por um mecanismo incerto, talvez a redução da produção de Apo A-I (Grundy, 1996).

Entretanto, Wang et al. (1998), trabalhando com suínos recém nascidos alimentados com óleos ricos em ácido linoléico,

não verificaram inibição da síntese de Apo A-I no fígado desses animais.

Seiquer et al. (1995), trabalhando com dietas contendo óleo de oliva ou óleo de girassol para suínos miniatura, verificaram que os ácidos graxos presentes nos lipídeos de LDL refletiram a presença desses ácidos graxos na dieta. Esses autores acreditam que essas lipoproteínas com diferentes composições em ácidos graxos podem se comportar, fisiologicamente, de forma diferente. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Faidley et al. (1990) que trabalharam com óleo de soja e sebo bovino.

A principal ação dos ácidos graxos ômega-3 nos lípides séricos é reduzir os níveis de triacilgliceróis, reduzindo a incorporação desses triacilgliceróis em VLDL. Os efeitos normalmente são menos importantes sobre a produção de LDL e HDL (Grundy, 1996).

A ação hipocolesterolêmica dos ácidos graxos poliinsaturados (PUFA) foi intensamente demonstrada em diversos trabalhos até a década de 80, e os supostos mecanismos de ação, baseados em algumas evidências experimentais, incluem inibição da síntese endógena de colesterol (por inibição de HMG-CoA redutase); aumento da taxa de esterificação de colesterol (estímulo de ACAT); aumento da excreção de colesterol na bile e aumento da síntese de sais biliares, dentre outras.

O ácido alfalinolênico (C18:3 n-3), nos animais e no homem, sofre um alongamento e desidrogenação da cadeia, podendo assim, transformar-se em eicosapentaenóico (C20:5 n-3) e docosaexaenóico (C22:6 n-3). Alguns óleos vegetais (linhaça, canola e soja) contêm quantidades consideráveis de ácido alfalinolênico. A semente de linhaça apresenta cerca de 35% de lipídeos, sendo que, deste total, aproximadamente a metade é de C18:3 n-3.

O ácido oléico apresenta-se na natureza na configuração *cis*, sendo a sua forma *trans* representada pelo ácido elaídico que, junto com outros ácidos, aparece nos produtos de origem vegetal hidrogenados, os quais não se comportam bioquimicamente como os configurados em *cis* e estão implicados em aumentar o risco de aterosclerose (Grundy, 1996). A aterogenicidade desses ácidos graxos está relacionada com o aumento em LDL e redução em HDL. A Tab.1 mostra a composição em ácidos graxos de algumas fontes lipídicas.

Pode-se admitir que os ácidos graxos poliinsaturados atuam de maneira benéfica na aterogênese modificando o padrão de produção de eicosanóides (Calder, 1998). O ácido linoléico é convertido em araquidônico e, por via da cicloxigenase, dá origem aos prostanóides da série 2, sendo eles as prostaglandinas, prostaciclinas e tromboxanas. Pela via da lipoxigenase, dá origem aos leucotrienos da série 4. Esses eicosanóides apresentam como ações de interesse as atividades de agregação plaquetária e vasoconstrição, enquanto os ácidos graxos n-3, formam através dessas vias, por competição, os prostanóides da série 3 e os leucotrienos da série 5, tendo esses últimos ação vasodilatadora e antiagregante plaquetária (Calder, 1998).

Cad. Téc. Vet. Zootec., n.42, p.71-86, 2003.

Tabela 1. Composição em ácidos graxos de algumas fontes lipídicas, em porcentagem do total

Fonte	SFA	MFA	PFA	OA	LA	ALA	EPA	DHA	P/S
Óleo de soja	14,0	24,0	54,0	24,0	47,0	7,0	-	-	3,85
Óleo de canola	6,5	59,7	30,0	59,7	21,3	8,5	-	-	4,60
Óleo de palma	44,0	38,0	10,5	38,0	9,5	1,0	-	-	0,23
Óleo de algodão	28,8	18,3	52,9	17,6	52,7	0,2	-	-	1,83
Óleo de milho	13,9	26,6	59,5	26,6	58,7	0,8	-	-	4,28
Óleo de linhaça	9,0	19,0	71,9	19,0	15,3	56,6	-	-	7,98
Óleo de oliva	20,2	72,0	7,8	70,1	7,2	0,6	-	-	0,38
Óleo de girassol	12,6	18,6	68,7	18,6	68,2	0,5	-	-	5,45
Gordura de coco	91,0	7,0	2,0	7,0	2.0		-	-	0,02
Gordura suína	41,4	45,6	12,9	41,6	12,9		ND	ND	0,31
Gordura de aves	31,5	47,3	20,2	41,6	18,9	1,3	-	-	0,64
Sebo bovino	47,0	40,0	6,0	40,0	2,0				0,12
Óleo de fígado de bacalhau	37,0	41,0	22,0	17,0	2,0	2,0	9,0	9,0	0,59

SFA: ácidos graxos saturados MFA: ácidos graxos monoinsaturados PFA: ácidos graxos poliinsaturados OA: ácido oléico LA: ácido linoléico ALA: ácido alfalinolênico EPA: ácido eicosapentaenóico DHA: ácido docosaexaenóico P/S: relação poliinsaturados/saturados ND: não detectado. Fonte: Vários autores.

Hoje, porém, tem-se feito uma série de ressalvas quanto à utilização médica dos ácidos graxos n-3, em altas doses, principalmente na prevenção da aterosclerose, porque eles promovem redução de HDL (fator de proteção) e predispõem a hemorragias com o uso contínuo de altas doses; a ingestão de ácidos graxos poliinsaturados pode tornar os lípides séricos e teciduais mais susceptíveis à peroxidação, causando sérios danos ao organismo.

Os níveis de colesterol no plasma, na forma de colesterol total ou em suas diferentes frações, sofrem a influência de uma série de fatores. Dentre estes, destacam-se os de ordem genética e os relacionados com a alimentação. Os de ordem genética se relacionam com a capacidade de absorção e de síntese endógena de colesterol, bem como com a síntese de apolipoproteínas, o número e a capacidade de funcionamento dos receptores B/E no fígado e nos tecidos extra-hepáticos. Esses fatores sustentam as bases para o entendimento das hiperlipidemias de origem familiar. Além dos lipídeos da dieta, outros fatores, tais como as fibras, sobretudo as gomas e substâncias pécticas, apresentam ação significativa na modificação da lipidemia e principalmente da colesterolemia.

Normalmente os ácidos graxos presentes nos lípides neutros teciduais, tais como nos triacilgliceróis, e nos ésteres de colesterol sofrem uma influência muito grande da dieta (Warnants et al., 2001). Os lipídeos mais resistentes à modificação na composição em ácidos graxos em função da dieta são os fosfolipídeos de membrana do coração e cérebro, os quais certamente exercem funções fisiologicamente importantes. A possibilidade de modificação na composição em ácidos graxos da carcaça dos animais através da modificação da alimentação já foi comprovada por diversos autores, os quais trabalharam com diversas fontes lipídicas na dieta de animais de laboratório (Yaqoob et al., 1995), de aves (Ferreira et al.,

1999; Rosa, 1999) e de outras espécies animais, incluindo suínos e bovinos (Leibetseder, 1997; Warnants et al., 1999; Warnants et al., 2001). No caso dos suínos, o assunto será discutido, com maior riqueza de detalhes, mais adiante. Leibetseder (1997) faz referência a uma série de trabalhos em que se consegue alterar a composição em ácidos graxos da carcaça de suínos e aves alimentados com diversos óleos. Esse mesmo autor mostra, mesmo que de forma limitada, a modificação da composição do leite quando vacas foram alimentadas com óleo de colza.

4. INFLUÊNCIA DA NUTRIÇÃO NA QUALIDADE DA CARCAÇA E COMPOSIÇÃO DA CARNE SUÍNA

O suíno moderno difere muito, em termos de qualidade de carcaça, do que era produzido até a década de 60. A evolução da qualidade de carcaça é bastante visível quando se observa a espessura de toucinho que, na década de 1960, era de 60 a 80 mm, baixando para 30 mm nos anos 80 e se localizando em menos de 10 mm atualmente (Fávero, 2001). Sabe-se que para cada milímetro que se reduziu na espessura de toucinho aumentou-se 1% a quantidade de carne magra na carcaça. A porcentagem de proteína aumentou proporcionalmente à redução da gordura. O nível de proteína na carcaça suína passou de 16%, em 1960, para cerca de 26% nos dias atuais. Não obstante os benefícios já alcançados em termos de melhoria da qualidade de carcaça em suínos, muitos pesquisadores ainda se empenham em encontrar formas de aumentar o rendimento de carne magra, bem como o rendimento de cortes nobres. Esses trabalhos visam maior rendimento econômico para o produtor, para a indústria e conseqüentemente, benefícios para o consumidor. O esforço de pesquisa visando melhorar o rendimento e a qualidade de carcaça é feito basicamente nos campos do melhoramento genético e da nutrição animal, associados a uma série de outros fatores.

Segundo Bertoloni & Silveira (1999), as variações na qualidade da carne são originadas de uma interação entre fatores genéticos, fisiológicos e bioquímicos, aos quais podem ser acrescentadas as variações de ordem tecnológica durante o abate e o processamento. Associada a todos estes fatores devemos ressaltar a importância da nutrição na qualidade da carcaça e, conseqüentemente, da carne (Pettigrew & Esnaola, 2001).

Especificamente na área da nutrição, o papel de nutrientes específicos, o balanço ou o equilíbrio entre os nutrientes e planos ou protocolos de nutrição têm sido estudados exaustivamente. Com relação a nutrientes específicos, os principais estudos envolvem aminoácidos essenciais como a lisina, metionina e treonina (Donzele et al., 2001; Pettigrew & Esnaola, 2001), vitaminas como a vitamina E (Weber & Antipatis, 2001) e ácidos graxos poliinsaturados (Warnants et al., 1996; Warnants et al., 2001). O balanço entre os aminoácidos e a relação entre energia e proteína também são tidos como importantes para se obter melhoria na qualidade de carcaça. A restrição alimentar nas fases finais de criação é uma técnica de manejo alimentar também empregada para se obter carcaça de melhor qualidade, principalmente com relação ao teor de gordura.

Os teores de gordura da carne suína magra (9,0%) são normalmente inferiores aos das carnes magras de cordeiro (15%) e cabrito (11%) e superiores aos das carnes bovina (6%), de frango (3%) e de coelho (8%) (Vieira, 1999). Há uma variação muito grande no teor de gordura em função do corte e da presença da gordura externa na amostra retirada. Enser et al. (2000) citam valor médio de 2,3% de gordura intramuscular para lombo e Bragagnolo (1997) cita 3% de gordura em lombo suíno. A carcaça suína apresenta normalmente cerca de 70% da gordura total como gordura subcutânea, 15% como gordura intermuscular, 10% como gordura intramuscular e cerca de 5% como gordura perirrenal. Warnants et al., (1996), assim como Warnants et al., (2001), afirmam que os cortes magros de carne suína apresentam teores muito baixos de gordura, algo em torno de 1,5 a 2,5%, constituindo-se em carne muito magra e somente mais gordurosa que o peito de frango.

Os valores encontrados na literatura para colesterol em carnes variam amplamente, sendo que, valores de 30 mg/100g para carne suína crua a 114 mg/100g para carne bovina crua já foram relatados (Bragagnolo, 2001). Os autores atribuem essas discrepâncias a uma série de fatores, tais como idade dos animais, sistema de alimentação, raça, sexo, localização anatômica do corte, nível e localização da gordura no corte, sistema de criação e método de cozimento. De acordo com Braganolo (2001), no caso do colesterol as diferenças podem ser devidas às diferenças nos métodos analíticos utilizados. Para Bragagnolo (2001), a carne escura de frango (coxa) normalmente apresenta níveis de colesterol significativamente mais altos que carne branca de frango (peito), carne suína e carne bovina.

Os níveis de colesterol na carne suína (60 mg%) são inferiores aos de peito de frango (79 mg%), coxa de frango (91 mg%), carne bovina (65 mg%), cordeiro magro (70 mg%), queijo suíço (100 mg%) e ovo (504 mg%), segundo Vieira (1999).

Bragagnolo & Rodriguez-Amaya (1995) citam 49 mg/100g de colesterol em lombo suíno com um teor de umidade de 73%. Para se ter uma idéia, em termos comparativos, Jardim (2001) cita 44 mg/100g de colesterol em lombo de capivara, que é espécie silvestre possuidora de uma menor porcentagem de gordura na carcaça e, conseqüentemente, menor teor de colesterol. Bragagnolo & Rodriguez-Amaya (2002) citam, para lombo com gordura externa, 13% de lipídeos totais e 50 mg/100g de colesterol, e sem gordura externa, 3 % e 46 mg/100g, respectivamente. Esses mesmos autores citam 3% de lipídeos e 42 mg/100g de colesterol para lombo e 5% e 49 mg/100g para pernil respectivamente

Quando as amostras são analisadas para colesterol após o cozimento, o que se observa é que há um aumento no teor de colesterol em função da perda de água e conseqüente concentração dos constituintes sólidos. Trabalhando com amostras pareadas e corrigindo os cálculos para base de matéria seca, verifica-se que há uma perda de colesterol pelo tratamento térmico estimada em cerca de 8% para peito de frango a 19% para lombo suíno (Bragagnolo & Rodrigez-Amaya, 1995; Bragagnolo, 2001). Porém, em trabalho realizado pelo INMETRO e citado por

Bragagnolo (2001), verificou-se que não houve alteração significativa nos teores de colesterol em carne de frango, suína e bovina submetidas a diferentes tratamentos térmicos. Bragagnolo & Rodriguez-Amaya (2001a), citados por Bragagnolo (2001), observaram que, no caso dos suínos, o colesterol na carne sofreu redução com a idade do animal quando se compararam suínos lactentes e adultos.

A composição em ácidos graxos da carne suína varia muito e a alimentação dos animais tem um papel muito importante nessa variação. Desde os primeiros trabalhos realizados por Ellis & Isbell (1926), vários autores têm demonstrado ser possível a modificação da composição lipídica da carcaça. Warnants et al. (1996) encontraram uma relação linear entre a ingestão e a incorporação de ácidos graxos poliinsaturados (PUFA) na gordura intramuscular e na gordura dorsal (subcutânea) de suínos. De acordo com esses autores, esses dois depósitos se comportam de forma diferente com relação à incorporação dos PUFA frente às modificações da dieta.

As equações de regressão para a incorporação dos ácidos linoléico (C18:2 n-6) e alfalinolênico (C18:3 n-3) na gordura dorsal (*backfat*) e na gordura intramuscular são apresentadas por Warnants et al. (2001), conforme a Tab.2.

Tabela 2. Eficiência de incorporação de ácido linoléico (C18:2 n-6) e ácido alfalinolênico (C18:3 n-3) no tecido adiposo em diferentes locais em suínos.

Y	X	Equação	R^2
Subcutâneo			
% C18:2	g de C18:2/kg de ração	Y = 0,59x + 6,14	0,90
% C18:3	g de C18:3/kg de ração	Y = 0,67x + 0,51	0,99
Intramuscular			
% C18:2	g de C18:2/kg de ração	Y = 0,26x + 5,37	0,93
% C18:3	g de C18:3/kg de ração	Y = 0,22x + 0,15	0,96

Fonte: Adaptado de Warnants et al. (2001).

Pelas equações apresentadas pode-se verificar que o tecido adiposo subcutâneo responde melhor à adição dos PUFA na ração, onde uma relação poliinsaturados/saturados (PUFA/SFA) em torno de 0,7, que é a ideal, pode ser facilmente alcançada. Uma relação n-6/n-3 de 6 com base nos ácidos C18:2 e C18:3, que é a recomendada, mostrou poder ser alcançada no tecido adiposo subcutâneo de animais tratados com sementes de colza e linhaça, enquanto essa mesma relação só se mostrou possível em animais tratados com linhaça (Warnants et al. 2001).

Com relação aos ácidos graxos monoinsaturados (MUFA), a resposta à dieta só ocorre de forma significativa se os animais forem tratados com óleos ricos em MUFA no nível de 10% na ração. Como isso normalmente afeta outros parâmetros de qualidade da carcaça, normalmente essa não é uma opção viável (Warnants et al. 1999; Warnants et al., 2001). Na gordura intramuscular é mais difícil ainda modificar o conteúdo de MUFA.

Segundo Warnants et al., (1999), o tempo necessário para incorporação máxima de

PUFA é de cerca de 6 semanas, podendo haver uma incorporação significativa com quatro semanas.

Para a incorporação de PUFA na carne suína, os pesquisadores têm dado preferência à utilização de óleos vegetais ou sementes oleaginosas, em relação aos derivados de peixes, devido à possibilidade da presença de odores desagradáveis na carne ou nos produtos cárneos. Com relação às sementes oleaginosas, a semente de linhaça ou seu óleo têm sido muito pesquisados (Warnants et al., 2001). A semente de linhaça é rica em ácido *alfa* linolênico (C18:3 n-3), nos suínos, esse ácido é dessaturado, alongado e preferencialmente convertido a ácido eicosapentaenóico (EPA). A semente integral de linhaça tem ainda uma vantagem adicional em relação ao seu óleo pelo fato de apresentar uma substância antioxidante natural e a casca, que protege o óleo de danos oxidativos (Warnants et al., 2001).

Warnants et al. (2001), citando vários autores, relatam que a carne suína ou os produtos cárneos enriquecidos com ácidos graxos das famílias n-3 e n-6 devem ser consumidos logo após o processamento industrial ou se embalados a vácuo podem ser armazenados por seis meses a -18 °C. Proteção contra os danos oxidativos que levam ao surgimento de odores e sabores desagradáveis na carne ou nos produtos processados pode ser alcançada utilizando-se vitamina E na ração dos animais, em valores em torno de 200 ppm. A utilização de vitamina E, além de melhorar as características sensoriais relacionadas ao *flavour*, melhora também a maciez, a suculência e afeta positivamente a estabilidade da cor e a vida de prateleira do produto (Weber & Antipatis, 2001).

A composição média em ácidos graxos da carne suína, bem como de outras carnes, é sem dúvida variável, sendo que o principal fator de variação é a alimentação dos animais, conforme foi frisado anteriormente. A seguir são apresentados os valores encontrados na literatura para essa composição, sobretudo os publicados por autores brasileiros.

A composição média de quatro cortes analisados (paleta, pernil, lombo e toucinho) foi de 40%, 44% e 14% para ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados, respectivamente (Bragagnolo, 2001). Na carne de frango, os valores médios para carne branca, carne escura e pele foram 33%, 46% e 21%, respectivamente (Bragagnolo, 2001; Bragagnolo & Rodriguez-Amaya, 2002).

É importante observar a relação entre os ácidos graxos n-6 e n-3, chamada relação n-6/n3. Segundo Braganolo (2001), a relação n-6/n-3 para a carne suína e carne de frango varia de 10 a 21, enquanto, para carne bovina, situa-se em torno de 2. Vale lembrar que a relação recomendada é de cerca de 4.

Para ácidos graxos individualmente, com relação ao ácido mirístico (C14:0), Bragagnolo (1997) encontrou um nível de 2% no lombo suíno, nível mais elevado que o que foi encontrado para peito de frango (0,6%) por Garcia & Casal (1999).

Para ácido palmítico (C16:0) em lombo suíno, Bragagnolo (1997) encontrou valores de 25,1%, enquanto Garcia & Casal

(1999) encontraram 23,3% para peito de frango. Para o ácido esteárico (C18:0), Bragagnolo (1997) encontrou um valor de 9,8% para lombo suíno e Garcia & Casal (1999) encontraram 7,9% para peito de frango.

Bragagnolo (1997) encontrou um nível de 40,8% de ácido oléico (C18:1 n-9) no lombo suíno, para efeitos comparativos, vale dizer que Garcia & Casal (1999) encontraram valores mais baixos no peito de frango (32,7%).

Para ácidos graxos monoinsaturados (MUFA) e poliinsaturados (PUFA) em suínos, Bragagnolo (1997) encontrou valores de 49,4% (lombo) e 13,2%, respectivamente. Também em suínos, para os ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 (n-3) e da série ômega-6 (n-6), o mesmo autor encontrou valores de 1,7% (lombo) e 11,6%, respectivamente.

Especificamente para o ácido linoléico (C18:2 n-6), Bragagnolo (1997) encontrou 9% no lombo suíno. Para ácido alfalinolênico (C18:3 n-3), esse mesmo autor encontrou 0,3% também em músculo *longissimus* de suíno. Para ácido araquidônico (C20:4 n-6), o mesmo Bragagnolo (1997) achou um valor de 0,1%, tendo também encontrado no lombo suíno 0,1% de ácido eicosapentaenóico (EPA, C20:5 n-3).

5. PRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL ENRIQUECIDOS COM ÁCIDOS GRAXOS POLIINSATURADOS

A inclusão de ácidos graxos poliinsaturados em produtos de origem animal (carne, ovos e leite), agregando valor a esses produtos, seja através da modificação da alimentação dos animais ou da adição durante o processamento industrial, tem sido muito propagada nos últimos anos, porém falta um esforço científico maior no sentido de comprovar os reais benefícios de tal inclusão, enfocando os três níveis da cadeia produtiva, ou seja, o produtor, a indústria e o consumidor.

Resultados de alguns estudos têm mostrado efeitos benéficos e específicos à saúde humana em decorrência do consumo de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3, em particular os ácidos eicosapentaenóico (EPA) e docosaexanóico (DHA) que possuem importante papel metabólico. Como resultado dessas observações, recentes recomendações relativas ao consumo de lipídeos têm dado ênfase à importância de se consumirem níveis mais altos desses ácidos graxos. Além do aumento no consumo de peixes ricos em óleo, o consumo de ácidos graxos ômega-3 pode ser aumentado através da ingestão de outros alimentos comuns que possuam níveis aumentados de ácidos graxos poliinsaturados. A composição dos ácidos graxos da gema de ovos e de tecidos musculares de aves e suínos pode ser modificada para melhor condizer com as recomendações. Foram relatados efeitos benéficos sobre as características das lipoproteínas plasmáticas de pessoas que consumiram ovos com tal modificação no conteúdo de ácidos graxos. Stewart et al. (2001) verificaram que o consumo de carne suína contendo alto teor de ácidos graxos poliinsaturados por mulheres resultou na diminuição do colesterol total e LDL plasmáticos, além disso, promoveu o aumento de ácidos graxos poliinsaturados e a redução de ácidos graxos saturados e monoinsaturados no plasma e eritrócitos.

É válido frisar que uma série de ressalvas têm sido feitas quanto à utilização médica de altas doses de ácidos graxos ômega-3, visto que eles promovem redução de HDL, que é considerado fator de proteção contra a aterosclerose, além do uso contínuo de altas doses predispor a hemorragias. A grande ingestão desses ácidos graxos pode tornar os lípides séricos e teciduais mais susceptíveis à peroxidação.

Embora as carnes ou os tecidos derivados de mamíferos e aves contenham menor concentração de ácidos graxos poliinsaturados que os peixes marinhos, elas constituem uma fonte importante de ômega-3 e ômega-6 para a maioria da população, visto que o consumo de tais peixes é proporcionalmente mais baixo. A possibilidade de aumentar os níveis desses ácidos graxos poliinsaturados na carne ajuda a combater a imagem negativa desta, atribuída à quantidade de gordura saturada, que na verdade não é alta.

Sepecht-Overholt et al. (1997) verificaram que a adição de 15% de semente de linhaça na dieta de suínos resulta em redução da porcentagem de ácidos graxos saturados e monoinsaturados e em aumento da porcentagem de ácidos graxos poliinsaturados, principalmente ácido alfalinolênico e ácidos graxos n-3 totais, em todos os tecidos estudados. É importante salientar que a produção comercial de produtos suínos enriquecidos com ômega-3 pode dar aos consumidores a possibilidade alternativa de consumo de quantidades adequadas desses ácidos graxos.

Uma alternativa para se aumentar o conteúdo de ácidos graxos poliinsaturados n-3 nos tecidos suínos pode ser a inclusão do ácido alfalinolênico, o precursor do EPA e do DHA, na alimentação. Assim, Matthews et al. (2000) utilizaram semente integral de linhaça em três níveis diferentes (0, 50, 100g/kg) nas dietas de suínos na fase de terminação. Os autores observaram que os níveis de ácido alfalinolênico foram aumentados em todos os tecidos estudados de acordo com o aumento dos níveis de linhaça na dieta. No plasma, músculo *longissimus* torácico, fígado e rins, a concentração de EPA aumentou, sendo que altos níveis de DHA foram encontrados no plasma. Houve mudanças marcantes nas relações n-6:n-3 e na relação entre os ácidos araquidônico (n-6) e eicosapentaenóico (EPA, n-3). Os resultados desse estudo possibilitaram ainda concluir que a adição de semente de linhaça integral nas dietas de suínos em terminação, em níveis de até 100g/kg (10%), não tem efeito negativo sobre a qualidade da carcaça e da carne, além de proporcionar níveis elevados de ácidos graxos n-3 nesta última.

Vários trabalhos têm sido conduzidos utilizando-se o CLA (ácido linoléico conjugado), sobretudo o isômero *cis*-9-*trans*-11deste ácido graxo no sentido de melhorar a qualidade da carcaça em termos de composição lipídica. Ramsay et al. (2001) conduziram um experimento a fim de determinar se a combinação de pST (somatotropina suína) e CLA poderia afetar o conteúdo de gordura na carcaça de suínos em crescimento. Os autores não observaram nenhum efeito sinérgico entre pST e CLA para a redução do conteúdo lipídico da carcaça. Entretanto, a somatotropina suína aumentou a porcentagem de ácidos graxos poliinsaturados no músculo *latisimus* e no tecido adiposo subcutâneo,

enquanto reduziu a porcentagem de ácidos graxos saturados em suínos alimentados com CLA. O ácido linoléico conjugado não reduziu o conteúdo de lipídeos totais na carcaça de animais em crescimento, sugerindo que pode ter um efeito mais benéfico na fase de terminação.

Além da alimentação, fatores genéticos podem contribuir para a capacidade de um animal em alterar a composição dos lipídeos teciduais ao longo da vida. Kondracki (2000) conduziu um estudo a fim de obter os efeitos de raça (Pulawska × Polish Large White), sexo (fêmeas x machos castrados) e nível de alimentação (15% abaixo × 15% acima dos padrões usuais) sobre a composição da gordura intramuscular do músculo *longissimus dorsi* de suínos. Suínos da raça Pulawska foram caracterizados por 0,94% a menos de ácidos graxos saturados e por 0,93% a mais na concentração de ácidos graxos poliinsaturados em comparação com a raça Polish Large White. O alto nível de alimentação aumentou a concentração de ácidos graxos saturados e reduziu a concentração de PUFA na gordura intramuscular do músculo *longissimus dorsi*. O sexo não influenciou significativamente a composição em ácidos graxos da gordura intramuscular.

Ding et al. (2000) trabalharam com suínos de dois grupos genéticos, sendo um especializado para alta taxa de crescimento de tecido muscular e outro pouco especializado, ou seja, de alta porcentagem de gordura na carcaça. Esses autores verificaram a expressão, através da determinação do RNAm, de uma série de genes de enzimas e de fatores de transcrição envolvidos no metabolismo de ácidos graxos no músculo e no tecido adiposo. Nesses estudos não se observaram diferenças detectáveis com relação à síntese e à degradação de ácidos graxos entre os dois genótipos estudados .

McNeel et al. (2000) verificaram que suínos com alta tendência para deposição de gordura apresentam maior capacidade de transcrição de proteínas importantes no metabolismo de ácidos graxos pelo tecido adiposo em relação aos animais geneticamente determinados para baixa deposição lipídica.

Os próprios ácidos graxos interagem com o genoma, podendo eles mesmos regular a síntese, oxidação ou outras modificações metabólicas necessárias para que eles sejam incorporados aos tecidos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseadas em diversas investigações clínicas, algumas recomendações foram feitas no sentido de enfatizar a necessidade de se alterar a composição de ácidos graxos da dieta humana. Uma das recomendações diz respeito à quantidade de ácidos graxos poliinsaturados consumidos, em particular a quantidade relativa dos ácidos graxos poliinsaturados ômega-6 e ômega-3.

A inclusão de ácidos graxos poliinsaturados em produtos de origem animal agregando valor a estes produtos, seja através da modificação da alimentação dos animais ou da adição durante o processamento industrial, tem sido muito propagada nos últimos anos, porém falta um esforço científico maior no sentido de se comprovar os reais benefícios de tal inclusão, enfocando os três níveis da cadeia

produtiva, ou seja, o produtor, a indústria e o consumidor. O aumento dos níveis de EPA e DHA nos alimentos de ocorrência comum, sem ser o peixe, pode ser benéfico para a população. Dos alimentos, nos quais houve uma bem-sucedida incorporação desses ácidos graxos, podemos incluir a carne de suínos. Problemas com o sabor e com a deterioração oxidativa da carne suína foram encontrados com o fornecimento de dietas contendo farinha ou óleo de peixe. Contudo, é necessário que exista um compromisso com o monitoramento dos níveis de inclusão desses subprodutos nas dietas dos animais, até que os benefícios à saúde do consumidor promovidos pela composição modificada em ácidos graxos possam ser comprovados.

BERTOLONI, W; SILVEIRA, ETF. Composição química da carne suína. I. Eficácia do sistema Hennessy GP4 de tipificação na determinação da capacidade de retenção de água, gordura intramuscular e pigmentos totais na carne suína. In: Congresso Brasileiro de Veterinários Especialistas em Suínos, 10., 1999, Belo Horizonte. *Anais*.... Belo Horizonte: ABRAVES, 1999. p.25-40.

BRAGAGNOLO, N. Aspectos comparativos entre carnes segundo a composição de ácidos graxos e teor de colesterol. In: Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade da Carne Suína, 2, 2001, Concórdia. Disponível em: <http://www.conferencia.uncnet.br/pork>. Acesso em: 6/12/2001.

BRAGAGNOLO, N. *Fatores que influenciam o nível de colesterol, lipídeos totais e composição de ácidos graxos em camarão e carne*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1997. 123p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos).

BRAGAGNOLO, N; RODRIGUEZ-AMAYA, DB. Teores de colesterol em carnes de frango. *Rev. Farm. Bioq. USP*, Ribeirão Preto, v.28, p.122-131, 1992.

BRAGAGNOLO, N; RODRIGUEZ-AMAYA, DB. Teores de colesterol em carne suína e bovina e efeito do cozimento. *Ciênc. Tecnol. Alim.*, v.15, p.11-17, 1995.

BRAGAGNOLO, N; RODRIGUEZ-AMAYA, DB. Teores de colesterol, lipídeos totais e ácidos graxos em cortes de carne suína. *Ciênc. Tecnol. Alim.*, v.22, n.1, p.98-104, 2002.

CALDER, PC. Immunoregulatory and antiiflamatory effects of n-3 polyunsaturated fatty acids. *Braz. J. Med. Biol. Res.*, v31, n.4, p.467-485, 1998.

DAVIDSON, MH et al. Comparison of the effects of lean red meat vs lean white meat on serum lipid levels among free-living persons with hypercholesterolemia. *Arch. Internal Med.*, v.159, n.12, p.1331-1338, 1999.

DING, ST et al. Expression of porcine transcription factors genes related to fatty acid metabolism in different tissues and genetic populations. *J. Anim. Sci.*, v.78, n.8, p.2127-2134, 2000.

DONZELE, JL; ABREU, MLT; ORLANDO, UAD. Exigências nutricionais e qualidade de carcaça de suínos de diferentes sexos. In: Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade da Carne Suína, 2, 2001, Concórdia. Disponível em: <http://www.conferencia.uncnet.br/pork>. Acesso em: 6/12/2001.

ELLIS, NR; ISBELL, HS. Soft pork studies. 2. The influence of the character of the ration upon the composition of the body fat of the hogs. *J. Biol. Chem.*, v.29, p.219-238, 1926.

ENSER, M et al. Feeding linseed to increase the n-3 PUFA of pork: fatty acid composition of muscle, adipose tissue, liver and sausages. *Meat Sci.*, v.55, n.2, p.201-212, 2000.

FÁVERO, JA. Importância do processo de tipificação na melhoria de carcaças de suínos. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 38, 2001, Piracicaba. *Anais*... Piracicaba: FEALQ, 2001. p.158-163.

FERREIRA, JM et al. Composição em ácidos graxos da gordura na carcaça de frangos de corte sob dietas com diferentes fontes de energia. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.51, n.2, p.201-206, 1999.

GARG, ML; THOMSON, ABR; CLANDININ, MT. Effect of dietary fish oil on tissue lipid metabolism. In: CHANDRA, RK (Ed.). *Health effects of fish and fish oils*. St. John's: Arts Biomedical, 1989. p.53-79.

GRUNDY, SM. Dietary fat. In: ZIEGLER, EE; FILER Jr. LJ (Ed.). *Present knowlegde in nutrition*. 7.ed. Washington: ILSI, 1996. p.44-57.

LEIBTSEDER, J. The effect of nutrition on the composition of animal fat. *Anim. Res. Develop.*, v.45, n.1, p.46-58, 1997.

LOTTEMBERG, AMP. Dieta na hipercolesterole-

mia. In: QUINTÃO, E. (Ed.) *Colesterol na aterogênese*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992. p.177-193.

MATHEWS, KR et al. Effect of whole linseed (*Linum usitatissimum*) in the diet of finishing pigs on growth performance and on the quality and fatty acid composition of various tissues. *Br. J. Nutr.*, v.83, n.6, p.637-643, 2000.

MCNEEL, RL et al. Effect of feed restriction on adipose tissue transcript concentrations in genetically lean and obese pigs. *J. Anim. Sci.*, v.78, p.934-942, 2000.

NATIONAL Research Council (NRC). *Nutrient requirements of swine*. 10.ed. rev. Washington: National Academy Press, 1998. 58p.

NICOLOSI, RJ. Dietary fat saturation effects on low-density-lipoprotein concentrations and metabolism in various animal models. Am. J. Clin. Nutr., v.65, n.5, p.1615s-1516s, 1997.

PENZ Jr, AM; VIOLA, ES. Nutrição In: SOBESTIANSKY, J et al. *Suinocultura, produção, manejo e saúde do rebanho*. Brasília: Embrapa, 1998. p.11-26.

PETTIGREW, JE; ESNAOLA, MA. Swine nutrition and pork quality: a review. *J. Anim. Sci.*, Suppl., v.79, p.316-342, 2001.

ROSA, FC. *Teor de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 no peito e na coxa de frangos de corte alimentados com rações contendo três fontes de óleo*. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1999. 93p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

SEIQUER, I et al. The influence of dietary fat source (sunflower oil or olive oil) on LDL composition and serum lipid levels in miniature swine (*Sus scrofa*). *Comp. Biochem. PhysiolB-Biochem. Mol. Biol.*, v.111, n.2, p.163-169, 1995.

SEPECHT-OVERHOLT, S et al. Fatty acid composition of commercially manufactured omega-3 enriched pork products, haddock, and mackerel. J. Anim. Sci., v.75, n.9, p.2335-2343, Sept. 1997.

STEWART, JW; KAPLAN, ML; BEITZ, DC. Pork with a high content of polyunsatured fatty acids lowers LDL cholesterol in women. *Am. J. Clin. Nutr.*, v.74, n.2, p.179-187, 2001.

VIEIRA, EC. Enfoque médico sobre o consumo de carne suína. In: Congresso Brasileiro de Veterinários Especialistas em Suínos, 10., 1999, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: ABRAVES, 1999. p.20-24.

WANG, H; HUNTER, F; BLACK, DD. Effect of feeding diets of varying fatty acid composition on apolipoprotein expression in newborn swine. Am. J. Physiol., v.275, n.4, p.645-651, 1998.

WARNANTS, N; VAN OECKEL, MJ; DE PAEPE, M. Fat in pork: image, dietary modification and pork quality. *Pig News Inf.*, v.22, n.4, p.107-113, 2001.

WARNANTS, N; VAN OECKEL, MJ; BOUCQUÉ, CV. Incorporation of dietary polyunsaturated fatty acids in pork tissues and its implications for the quality of the end products. *Meat Sci.*, v.44, n.1/2, p.125-144, 1996.

WARNANTS, N; VAN OECKEL, MJ; BOUCQUÉ, CV. Incorporation of dietary polyunsaturated fatty acids into pork fatty tissues. *J. Anim. Sci.*, v.77, n.9, p.2478-2490, 1999.

WEBER, GM; ANTIPATIS, C. Qualidade da carne suína e dieta de vitamina E. In: Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade da Carne Suína. 2, 2001, Concórdia. Disponível em: <http://www.conferencia.uncnet.br/pork>. Acesso em: 6/12/2001.

YAQOOB, P et al. Comparison of the effects of a range of dietary lipids upon serum and tissue lipid composition in the rat. *Int. J. Biochem. Cell Biol.*, v.27, n.3, p.297-310, 1995.

Cad. Téc. Vet. Zootec., n.42, p.87-102, 2003.

MANEJO DA DIETA PARA REDUZIR O IMPACTO AMBIENTAL DOS DEJETOS SUÍNOS

Elias Tadeu *Fialho*
PhD, Prof. Titular – fialho@ufla.br

Paulo Borges *Rodrigues*
DSc, Prof. Adj. – pborges@ufla.br

Hunaldo Oliveira *Silva*
Doutorando em Zootecnia

Vladimir de *Oliveira*
Doutorando em Zootecnia

Departamento de Zootecnia
Universidade Federal de Lavras (UFLA, MG)

SUMÁRIO:

1. Introdução 87
2. Nutrição × composição dos dejetos 88
3. Digestibilidade dos aminoácidos 89
4. Redução da concentração de proteína bruta das rações 91
5. Utilização de aminoácidos sintéticos 93
6. Formulação com base na proteína ideal 94
7. Utilização de enzimas exógenas como forma de reduzir a excreção de nutrientes 95
8. Polissacarídeos não amídicos (pna) 96
9. Ácido fítico e fitase 96
10. Utilização de outros aditivos 99
11. Considerações finais 100

1. INTRODUÇÃO

A partir da década de 70, o desenvolvimento da suinocultura brasileira passou a ser marcante. Houve, nos últimos 30 anos, uma grande transformação tecnológica da atividade e, conseqüentemente, nos seus índices de produtividade. Por outro lado, o aumento e concentração da população em centros urbanos levaram à intensificação da produção agrícola, buscando atender a expansão da demanda por alimentos. O avanço tecnológico alcançado pela suinocultura brasileira caracterizou-se pela implantação de sistemas de produção cada vez mais confinados, o que resultou na produção de grandes volumes de dejetos por unidade de área.

Um tratamento adequado e o destino desses dejetos têm sido uma preocupação para técnicos, produtores e pesquisadores, os quais buscam soluções que possibilitem reduzir o impacto ambiental causado pela excreção de elementos poluentes, oriundos da atividade suinícola, principalmente com relação à contaminação do meio ambiente em decorrência da excreção de nitrogênio (N), fósforo (P) e microminerais como cobre (Cu) e zinco (Zn), entre outros.

A atividade suinícola dá sustentação a um grande número de relações econômicas na indústria, comércio, prestação de serviços e desenvolvimento científico, empregando tecnologia de ponta capaz de realizar com bastante eficiência a produção de alimento de alto valor nutritivo para a vida humana. No entanto, a viabilidade da atividade fica ameaçada quando se trata de suas relações com o meio ambiente, já que para os órgãos de proteção ambiental a suinocultura é considerada uma atividade

de de alto poder poluente.

Para se ter uma idéia, a carga orgânica poluidora dos dejetos de suínos é 25 vezes maior que a do esgoto humano. Uma granja de 300 matrizes, instaladas em ciclo completo, produz cerca de 45 mil litros de dejetos/dia, o que equivale, em termos de poluição, a uma cidade de 75 mil habitantes. No Brasil, duas leis recentes, a dos Crimes Ambientais e a do Gerenciamento dos Recursos Hídricos, regulam o controle da poluição no meio urbano e rural e estabelecem métodos de fiscalização das bacias hidrográficas, abrindo espaço para atuação do Ministério Público no controle dos impactos ambientais, o que tem causado a interdição de algumas granjas e impedimento de seu funcionamento.

Segundo Penz Jr. (2000), estima-se que somente 35 a 45% do N protéico consumido pelas aves e suínos é transformado em produto animal (carne, leite e ovos), evidenciando, assim, a ineficiência desses animais em transformar os nutrientes em proteína de alta qualidade.

Dessa forma, a preocupação atual em relação ao meio ambiente tem levado todos os setores produtivos a buscar alternativas que possibilitem menor impacto ambiental proveniente dos dejetos de suínos. Uma alternativa encontrada pelos nutricionistas é no sentido de manipular nutricionalmente a dieta, com base nos conhecimentos da digestibilidade dos nutrientes contidos nos alimentos, principalmente em relação ao aproveitamento do N, P e outros nutrientes com potencial de poluição ambiental. Tal manipulação pode otimizar o aproveitamento dos nutrientes da dieta e maximizar o potencial produtivo dos animais, viabilizando o custo de produção e reduzindo o impacto ambiental dos resíduos por excreções indesejáveis.

2. NUTRIÇÃO X COMPOSIÇÃO DOS DEJETOS

O objetivo dos produtores e nutricionistas de suínos sempre foi o de maximizar o desempenho. No entanto, tal atividade vinha sendo desenvolvida sem a preocupação necessária com a quantidade de nutrientes que são excretados. As formulações normalmente levam à suplementação de excesso de nutrientes nas rações, resultando em grande quantidade de nitrogênio, fósforo e outros elementos nas fezes e urina dos animais. Embora ainda não existam no Brasil restrições com relação à concentração de minerais nos dejetos animais, elas poderão ser estabelecidas no futuro, limitando os minerais nos dejetos, principalmente para aplicação no solo.

Vários fatores podem influenciar a quantidade de nutrientes excretados nas fezes e urina dos animais, podendo-se destacar a qualidade do alimento, principalmente no que se refere à digestibilidade e disponibilidade dos nutrientes, bem como o nível dos nutrientes presentes na dieta, além das margens de segurança e dos métodos de processamento dos alimentos, podendo-se acrescentar também os fatores ambientais (NRC, 1998).

É importante enfatizar que o uso de alimentos alternativos ao milho ou farelo de soja constitui opções de redução da poluição ambiental, mantendo o ótimo desempenho dos animais. No Brasil essa

linha de pesquisa vem sendo desenvolvida por várias universidades e instituições de pesquisas, com excelentes opções de alimentos para suínos nos diferentes ciclos de produção.

Da mesma forma a utilização da restrição alimentar dos suínos pode também constituir um manejo adequado como forma de reduzir os poluentes dos dejetos. Pesquisas recentes conduzidas por Fabian et al. (2002) relatam que suínos de alto padrão genético submetidos a restrição alimentar durante a fase de crescimento tiveram ganho compensatório na fase de terminação, evidenciando dessa forma efeito positivo desse manejo alimentar, o qual possibilitou redução da poluição ambiental dada a redução dos nutrientes consumidos.

A redução da excreção de elementos poluentes pelos suínos pode ser também obtida através da utilização de práticas nutricionais que viabilizem o melhor aproveitamento dos nutrientes contidos na ração, destacando-se a redução da concentração de proteína bruta das rações e sua formulação com base na digestibilidade dos aminoácidos; a formulação de rações utilizando o conceito de proteína ideal, propiciando melhor utilização dos nutrientes pelo uso de aminoácidos sintéticos, uso de enzimas exógenas que permitam melhorar a digestibilidade dos nutrientes e eliminação de fatores antinutricionais (inibidores das proteases, lecitinas, taninos, linamarina e glucosinolatos), assim como os polissacarídeos não amiláceos.

3. DIGESTIBILIDADE DOS AMINOÁCIDOS

Para a formulação considerando os aminoácidos digestíveis dos alimentos é necessário ter conhecimento de que quanto melhor forem as estimativas da digestibilidade dos aminoácidos e de sua exigência pelos animais, mais precisas serão as formulações para atender às exigências nutricionais dos animais e reduzir a excreção de nitrogênio. Vários fatores são responsáveis pela variação no valor da digestibilidade dos nutrientes nos alimentos, entre eles os relacionados aos animais como raça, linhagem e idade, e os níveis nutricionais das rações.

Os aminoácidos dietéticos exigidos pelos suínos são destinados à síntese de proteína corporal ou à manutenção dos tecidos. A parte indigestível da proteína dietética é excretada nas fezes. Entretanto a maior proporção do nitrogênio excretado aparece na urina, resultante da desaminação do excesso de aminoácidos absorvidos. Os suínos em peso de abate podem excretar nas fezes aproximadamente 9 a 18% do N consumido e na urina, de 42 a 48%. O N urinário encontra-se na forma de uréia, a qual é rapidamente transformada em NH_3 e volatiliza-se, enquanto o N das fezes é mais resistente à degradação (Fig. 1).

A quantidade de nitrogênio excretado pelos suínos do nascimento ao abate e a quantidade excretada pela matriz em gestação e lactação encontram-se na Fig.2. Observa-se que no sistema de produção dois terços do nitrogênio excretado pelos animais são provenientes das fases de crescimento e terminação, sendo de grande importância a busca de alternativas nutricionais para melhor aproveita-

mento dos nutrientes, principalmente nessas fases de criação. Visando melhorar o aproveitamento dos aminoácidos contidos na dieta dos suínos, tem-se empregado nas formulações a composição dos alimentos em termos de aminoácidos digestíveis, procurando fornecer as quantidades destes nutrientes que realmente serão aproveitadas pelos animais.

No entanto, dados na literatura têm demonstrado diferenças nos resultados produzidos por diversos laboratórios na determinação da digestibilidade dos aminoácidos, evidenciando a necessidade de uma padronização de metodologias, de modo que os valores sejam consistentes e reproduzíveis entre laboratórios.

As duas metodologias comumente utilizadas na determinação da digestibilidade dos nutrientes dos alimentos têm sido a coleta total de fezes e urina e a da digestibilidade ileal dos nutrientes. No entanto ocorrem diferenças entre estes dois métodos de digestibilidade em função da atividade da microflora do intestino, que utiliza grande parte dos aminoácidos não absorvidos para seu metabolismo, e pode influenciar os valores de digestibilidade dos aminoácidos, propiciando assim dados menos precisos.

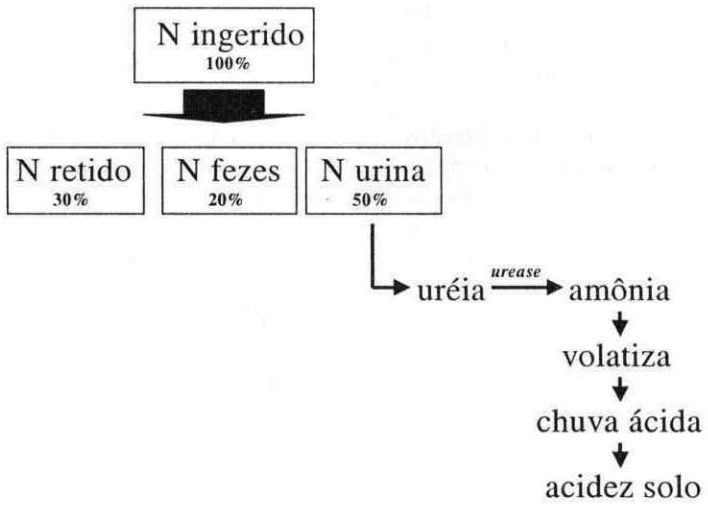


Figura 1. Esquema simplificado da formação de amônia nos dejetos de suínos (Mackie et al., 1998)

BIB 31 OUT 20 VETERINÁRIA

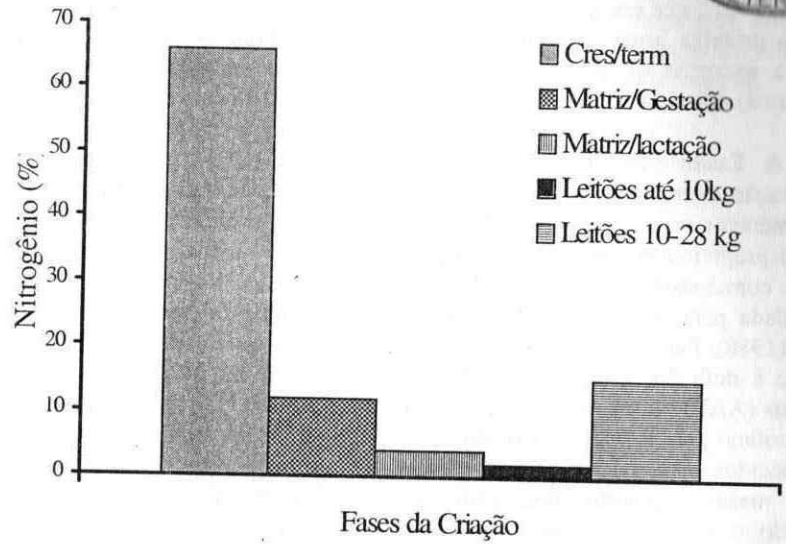


Figura 2. Porcentagem de nitrogênio excretado pelos suínos do nascimento ao abate relativa às fases de produção. (Adaptado de Oliveira, 1994).

Portanto, um valor mais adequado da digestibilidade dos nutrientes pode ser obtido no íleo terminal, eliminando o efeito da flora microbiana do intestino grosso que pouco valor nutricional tem para os suínos. A utilização do conceito de digestibilidade ileal dos aminoácidos apresenta vantagens sobre o desempenho dos animais em comparação com as formulações de rações com base nos conceitos de digestibilidade fecal de aminoácidos, aminoácidos totais ou proteína bruta.

4. REDUÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE PROTEÍNA BRUTA DAS RAÇÕES

Considerando a proteína como um dos nutrientes de maior custo nas rações dos suínos, torna-se evidente que sua redução nas formulações propicia rações com menor custo. Os suínos apresentam uma exigência diária de aminoácidos essenciais e de uma fonte de nitrogênio para síntese de aminoácidos não essenciais. Rações formuladas para máximo desempenho, normalmente apresentam quantidades excessivas da maioria dos aminoácidos, inclusive dos essenciais. O excesso de nitrogênio reduz o desempenho e aumenta a excreção de compostos nitrogenados, causando prejuízos ao ambiente. Estes fatores podem influenciar a eficiência econômica da produção. Formular rações de acordo com o conceito de proteína ideal, reduzindo os teores de proteína bruta e suplementando-as com aminoácidos cristalinos, é a maneira mais adequada de evitar o excesso de nitrogênio

excretado. Considera-se, de acordo com vários trabalhos de pesquisas realizados (Suida, 2001), que em média a redução de 1% da proteína bruta da ração reduz em 10% a excreção de N nos dejetos (fezes+urina) dos suínos.

Kerr & Easter (1995) verificaram que uma ração com 12% de proteína bruta suplementada com lisina, treonina e triptofano propiciou desempenho inferior ao obtido com a ração contendo 16% de PB, formulada para atender às exigências do NRC (1988). Para testar se o problema foi devido à deficiência de aminoácidos essenciais (AAE) outros que lisina, treonina e triptofano ou devido à deficiência de aminoácidos não essenciais (AANE), esses mesmos autores realizaram um segundo experimento no qual verificaram que os animais tiveram melhor desempenho quando da inclusão de AANE nas rações. Esses resultados são indicativos de que o desempenho de suínos alimentados com rações contendo baixo teor de proteína bruta pode ser limitado pela deficiência de AANE.

Vários pesquisadores têm procurado estabelecer uma relação ideal entre nitrogênio essencial e nitrogênio total (NE:NT). Heger et al. (1998), fornecendo rações purificadas com diferentes relações NE:NT, observaram que a melhor retenção de nitrogênio (RN) foi obtida na relação 0,46. Em outro experimento, Lênis et al. (1999) também verificaram que a relação ótima entre NE:NT está próxima de 0,50. Os autores também constataram que a relação NE:NT é fundamental em rações com baixos teores de proteína bruta. Estes resultados indicam a existência de uma relação ideal entre NE:NT que pode otimizar o uso do nitrogênio ingerido.

Apesar das divergências existentes, poucos experimentos foram conduzidos para verificar o metabolismo do N em suínos consumindo rações com alta concentração de aminoácidos sintéticos em diferentes freqüências alimentares, havendo necessidade de maior número de pesquisas que viabilizem o uso de altas concentrações de aminoácidos sintéticos nas rações. No Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA) são conduzidos experimentos visando esclarecer principalmente duas questões fundamentais: qual a influência da relação NE:NT no balanço de nitrogênio e energia de suínos em crescimento? A freqüência alimentar pode influenciar o metabolismo nitrogenado e energético de suínos alimentados com rações contendo baixos teores de proteína bruta, ou seja alta concentração de aminoácidos sintéticos? O objetivo geral das pesquisas é tentar elucidar porque rações com baixas concentrações de proteína bruta suplementadas com AA sintéticos nem sempre resultam em desempenho semelhante ao proporcionado por rações convencionais. As premissas são de que existe um limite para redução do teor de proteína bruta que é determinado pela relação NE:NT e de que rações com alta concentração de aminoácidos sintéticos não são usadas com a mesma eficiência pelos suínos.

Vários resultados experimentais demonstram que reduzindo o conteúdo de proteína bruta da dieta também se reduz o N excretado. Existem estudos demonstrando que suplementando a mesma quantidade de proteína bruta com diferentes ingredientes não há a mesma disponibilidade do N. Em um experimento com suínos na fase de crescimento e terminação, Latimier (1993) verificou que, para um nível

constante de proteína bruta (17%), a excreção de N foi de 3,0 kg para 5,7 kg de N ingerido e, quando se utilizou um nível menor de proteína bruta (14%), a excreção de N foi de 2,5kg para uma ingestão de 5,10kg (Fig.3), mostrando uma redução de 3,61% na excreção de nitrogênio em relação à quantidade ingerida.

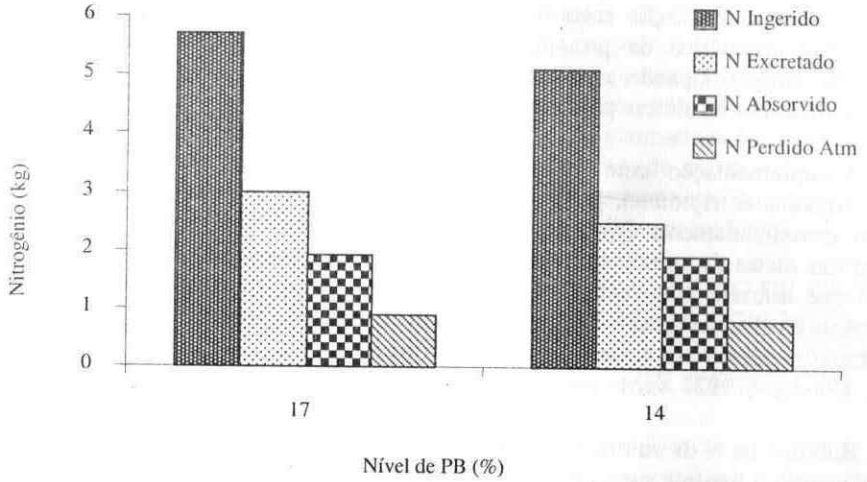


Figura 3. Balanço de nitrogênio ingerido, excretado e absorvido por suínos na fase de crescimento e terminação com diferentes níveis de proteína na ração. (Adaptado de Latimier, 1993).

5. UTILIZAÇÃO DE AMINOÁCIDOS SINTÉTICOS

A retenção de N também pode ser aumentada através da redução nos teores de proteína bruta e suplementação com aminoácidos sintéticos. No caso da lisina, para cada unidade de lisina adicionada, pode ocorrer uma retenção de 8,6 unidades de proteína. Porém, segundo Baker (1998), a eficiência de utilização, ou seja, a disponibilidade dos aminoácidos para deposição de proteína não é a mesma para todos os aminoácidos. Os aminoácidos, individualmente, têm diferentes taxas de "turnover", isto é, diferentes taxas de disponibilização e utilização no "pool" de aminoácidos circulantes. A lisina é retida mais eficientemente que a treonina, a metionina e o triptofano.

A taxa de absorção da lisina é mais rápida que a de outros aminoácidos, e próximo à da arginina e metionina. Quando há suplementação com aminoácidos sintéticos em uma ração, há utilização mais eficiente dos nutrientes, já que a digestibilidade da lisina e de outros aminoácidos sintéticos é de 100%, desde que os animais recebam ração à vontade. Isso ocorre porque a disponibilidade dos aminoácidos pode ser afetada pela freqüência diária de alimentação, conforme já mencionado. Com apenas uma alimentação diária, a

eficiência da lisina sintética é reduzida para 43 a 50 % (Penz Jr., 1996). Quando da alimentação controlada, a mais eficiente absorção dos aminoácidos sintéticos pode resultar na sua rápida chegada ao sangue e conseqüente oxidação antes de os aminoácidos originários da proteína dos alimentos, não participando assim os aminoácidos sintéticos da síntese protéica.

Mediante a suplementação com lisina, metionina, treonina e triptofano, pode-se reduzir em aproximadamente 2% o teor de proteína das dietas de suínos em crescimento, o que acarreta uma redução de 20% na excreção de nitrogênio. Em um experimento com suínos em crescimento, Hisieh & Chiang (1993) verificaram o efeito da suplementação de dietas com aminoácidos sintéticos sobre o desempenho dos animais e a excreção de N, concluindo que a redução do teor de proteína de 18 para 15% e a suplementação com aminoácidos reduziram a excreção de N em 30% sem contudo prejudicar o desempenho dos animais.

Trabalhando com rações à base de milho e farelo de soja, Kerr et al. (1995b) verificaram ser possível reduzir a concentração de proteína bruta das rações de suínos em crescimento e terminação em até 4 unidades, com redução expressiva no nitrogênio excretado (Tab. 1).

Tabela 1. Balanço de N de suínos alimentados com rações contendo diferentes concentrações de proteína bruta e suplementadas com aminoácidos sintéticos

	Nível de PB (%)		
Composição da ração (%)	16,0	12,0 + LIS + TRE + TRP	12,0
Proteína bruta	16,36	12,33	11,71
Lisina	0,82	0,83	0,55
Treonina	0,60	0,61	0,46
Triptofano	0,14	0,12	0,10
Balanço de N			
Consumo de N (g/dia)	26,18	19,72	18,74
N fecal (g/dia)	4,07	3,72	3,64
N urinário (g/dia)	4,79	2,54	4,32
N retido (% do ingerido)	66,15	68,28	57,5

Adaptado de Kerr et al. (1995).

O limite para redução é dado pelos aminoácidos lisina, metionina, treonina e triptofano, primeiros limitantes em rações práticas de suínos e atualmente os únicos disponíveis comercialmente a preços compatíveis. Observa-se que cada vez mais os aminoácidos sintéticos estão sendo utilizados na suinocultura industrial, permitindo minimizar a excreção de nitrogênio pela utilização mais eficiente da proteína e dos aminoácidos da ração.

6. FORMULAÇÃO COM BASE NA PROTEÍNA IDEAL

O principal objetivo na utilização do conceito de proteína ideal não necessariamente é a redução dos níveis de proteína bruta das rações, mas sim do excesso de aminoácidos, uma vez que, quando as dietas são formuladas utilizando o conceito de proteína ideal, não necessariamente apresentam baixos níveis de proteína, pois são adicionados aminoácidos sintéticos para atender a relação ideal entre os aminoácidos exigidos pelos animais. A aplicação do conceito de proteína ideal em dietas de suínos permite, a partir da padronização de uma relação ideal entre os aminoácidos essenciais e a lisina, para distintas fases da criação e sexos, concentrar na determinação das exatas exigências de lisina digestível sob diferentes condições e, assim, calcular os requerimentos de outros aminoácidos a partir destas referências. Seguindo esse modelo, o nutricionista maximiza a utilização da proteína dietética e contribui significativamente com a minimização da excreção de nitrogênio no solo, oriundo dos dejetos. O maior benefício da aplicação do conceito de proteína ideal na formulação de rações é a simplificação do processo, visto que, estabelecida a exigência de lisina, as exigências para os demais aminoácidos são facilmente calculadas.

É importante também destacar que segundo Henry (1996) citado por Penz Jr. (2000), a redução de N consumido e a conseqüente redução de N excretado, que ocorre quando as rações são formuladas com base no conceito de proteína ideal, não só melhoram o aproveitamento dos AA's em geral como também da energia. A menor excreção de N também resulta em menor produção de calor para catabolizar os AA`s , uma vez que eles participaram da ração em menor quantidade e de forma balanceada; assim, a energia líquida da dieta aumenta.

O enfoque sobre a formulação por proteína ideal, relacionado às conseqüências técnicas, econômicas e ambientais, foi recentemente abordado por Suida (2001a,b), o qual apresenta o perfil ideal de aminoácidos sugerido na literatura por alguns autores, para as diferentes fases de produção. O referido autor considera que a formulação na base de nutrientes e aminoácidos digestíveis, redução dos níveis de proteína até seu limite técnico, utilizando o conceito de proteína ideal, e o estabelecimento de programas multifásicos são alternativas que podem minimizar o excesso de nitrogênio nas rações e, conseqüentemente, minimizar sua excreção para o meio ambiente.

7. UTILIZAÇÃO DE ENZIMAS EXÓGENAS COMO FORMA DE REDUZIR A EXCREÇÃO DE NUTRIENTES

De acordo com a revisão de Penz Jr. (1998), as enzimas digestivas, como a maioria das enzimas, são substrato dependentes. Entretanto, existem aquelas que não são secretadas mesmo na presença do substrato, como é o caso da celulase, pentosanase, β-glucanase, xilanase, fitase, e outras que não são secretadas devido ao código genético dos monogástricos não dispor da indicação para sua síntese. Assim, a adição de enzimas exógenas na ração tem possibilitado superar o efeito negativo dos constituintes alimentares que não podem ser digeridos naturalmente. Dos vários benefícios da ação das enzimas exógenas adicionadas às rações, diversas pesquisas têm possibilitado destacar seus efeitos sobre a parede celular das fibras, provocando sua ruptura, reduzindo a viscosidade intestinal provocada pelos polissacarídeos não amídicos (PNA), eliminando fatores e propriedades antinutricionais, melhorando a digestão do amido e proteínas e a utilização dos nutrientes, associados a alterações na taxa

VETERINÁRIA D

de passagem da digesta e também efeitos sobre as características dos resíduos excretados (Cleophas et al., 1995; Partridge & Wyatt, 1995; Bedford & Morgan, 1996).

8. POLISSACARÍDEOS NÃO AMÍDICOS (PNA)

As rações dos animais monogástricos (aves e suínos) são baseadas tradicionalmente em cereais e farelo de soja. Por razões políticas e econômicas, o uso de alimentos alternativos aumentou nos últimos anos, dos quais alguns podem substituir parcial ou totalmente aqueles utilizados nas rações convencionais. No entanto, a presença de fatores antinutricionais e a baixa digestibilidade de alguns nutrientes limitam seus níveis de inclusão na ração. Do ponto de vista de estrutura física e composição química, os PNA são compostos complicados, os quais incluem a celulose, hemicelulose, pectinas, oligossacarídeos e lignina. A lignina não é um polissacarídeo, mas sim um polímero de unidades de fenilpropano oxigenado, e devido aos seus baixos níveis em ingredientes comuns de rações de aves e suínos e sua incrustação com os carboidratos estruturais, essa fração é também incluída no grupo dos PNA.

O conteúdo de PNA nos alimentos de origem vegetal varia muito. No milho, a fração carboidrato é predominantemente amido. Nos farelos protéicos e subprodutos de cereais predominam os PNA (Tab.2).

Tabela 2. Conteúdo de carboidratos, amido e polissacarídeos não amídicos (PNA) de alguns alimentos (%).

Alimento	Carboidratos totais	Amido + açúcares	PNA
Milho	72	64	8
Farelo de glútem de milho	62	20	42
Farelo de trigo	62	18	44
Farelo de soja	36	9	27
Farelo de girassol	44	+	44
Farelo de colza	45	13	32

Fonte: Adaptado da citação de Schutte (1991).

9. ÁCIDO FÍTICO E FITASE

Aproximadamente 66% do fósforo (P) contido nos grãos dos cereais estão na forma de fitato (inositol hexafosfato), uma forma química de baixa disponibilidade biológica para aves e suínos (Jongbloed, 1987). O fitato representa uma classe complexa de compostos que agem sobre o aproveitamento dos alimentos de maneira ainda não totalmente compreendida. Por outro lado, a suplementação de P representa o terceiro item de maior custo nas rações de suínos, e sua baixa disponibilidade nos alimentos vegetais torna necessária a suplementação a partir de fontes minerais, com conseqüente aumento na quantidade de fósforo nos dejetos dos animais, provocando assim sérios problemas para o meio ambiente (Cromwell et al., 1995).

O ácido fítico, ou fitato, é um complexo orgânico que ocorre naturalmente nas plantas, formando uma variedade de sais insolúveis com cátions di e trivalentes e, de acordo com Consuegro (1999), é uma das formas como a planta armazena nutrientes para seu uso durante a germinação. Várias revisões têm relatado uma ação redutora do fitato sobre a atividade da

pepsina, tripsina e ∝-amilase, afetando a digestibilidade e disponibilidade de proteína e amido e conseqüentemente da energia (Bedford, 1996; Selle, 1997; Sebastian et al, 1998; Consuegro, 1999). Também Penz Jr. (1998) relacionou um efeito negativo do ácido fítico sobre a digestibilidade de aminoácidos, disponibilidade do fósforo e um comprometimento na absorção de cálcio e microminerais (zinco e cobre). Um esquema da molécula do ácido fítico complexado, inviabilizando a disponibilidade de alguns elementos minerais e proteína, está apresentado na Fig. 4.

As rações de suínos consistem basicamente de grãos de cereais e seus subprodutos e de farelos de sementes de oleaginosas, cujo fósforo fítico constitui a maior porção do fósforo total, em que aproximadamente dois terços estão na forma de fitato (Tab. 3), portanto não disponível para os animais.

Do ponto de vista nutricional, há necessidade de um ajuste na ração que satisfaça à necessidade do animal em fósforo. Em vários países, a legislação tem forçado a indústria de rações a buscar alternativas que tornem o fósforo fítico mais disponível aos animais, levando-as ao uso da enzima fitase suplementar, o que pode reduzir a suplementação com fósforo inorgânico, reduzindo custos e melhorando a utilização do fósforo presente nos alimentos. Como conseqüência, há uma redução do fósforo excretado, diminuindo impacto ambiental e melhorando o aproveitamento de outros nutrientes (Huff et al., 1998; Sebastian et al., 1998).

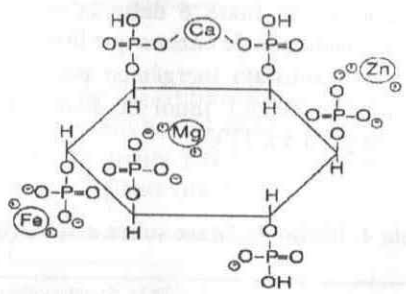


Figura 4. Esquema de uma molécula completa de ácido fítico, complexada com o cálcio (Ca), zinco (Zn), magnésio (Mg), ferro (Fe) e proteína.

Tabela 3. Conteúdo de fósforo fítico em alguns alimentos e porcentagem em relação ao fósforo total

Alimentos	Selle (1997)		Ravindran (1999)	
	P fítico (%)	% do total	P fítico (%)	% do total
Milho	-	-	0,21	84
Sorgo	0,28	84	0,21	89
Cevada	0,11	47	-	-
Farelo de soja	0,45	67	0,47	71
Farelo de canola	0,59	75	0,74	76
Farelo de algodão	0,85	77	0,93	79
Farelo de girassol	0,73	81	0,77	85

Fonte: adaptado de diversos autores.

Há controvérsias quanto à capacidade de produção de fitase endógena, e alguns trabalhos citam que os suínos possuem pequena capacidade para produzi-la. Já outros trabalhos não confirmam esta hipótese. Os dados disponíveis sugerem que a presença de fitase endógena nas secreções intestinais não é conclusiva. A fitase microbiana é muito mais potente e estável em uma faixa de pH muito maior do que a fitase que ocorre nas plantas, sendo a sua atividade expressa em unidades de fitase (FTU). Segundo Engelen et al. (1994), uma unidade de fitase é definida como sendo a quantidade de enzima que libera 1 µmol de ortofosfato inorgânico por minuto a partir de 5,1 µmol de fitato de sódio em pH 5,5 a 37°C.

A adição da enzima fitase aumenta a disponibilidade do fósforo de alimentos vegetais em cerca de 27 a 30%. Cromwell et al. (1996) avaliaram a eficiência da adição de fitase (1250 U/kg) em dois experimentos de digestibilidade com suínos na fase de crescimento, com o fósforo total da ração reduzido. A redução do fósforo total com a inclusão de fitase diminuiu a excreção fecal, urinária e total de fósforo e não interferiu na sua retenção. Observou-se redução total do fósforo excretado nas duas fases estudadas. Na fase de crescimento a enzima promoveu um aumento de 50,0% na eficiência de retenção e na fase de terminação, 72,2% (Tab. 4).

Tabela 4. Efeito da fitase sobre a retenção de fósforo

Variável	34 kg de peso vivo		115 kg de peso vivo	
	0,6 % P	0,4 % P + Fitase	0,5 % P	0,4 % P + Fitase
P consumido (g/dia)	9,5	6,7	15,3	9,1
P excretado (g/dia)	6,1	3,1	11,0	4,7
P nas fezes (g/dia)	4,5	2,7	8,3	4,2
P na urina (g/dia)	1,6	0,4	2,7	0,5
P retido (g/dia)	3,4	3,6	4,3	4,4
P retido (% consumo)	35,8	53,7	28,1	48,4

Fonte: Adaptado de Cromwell et al. (1996).

De acordo com os resultados de várias pesquisas referenciadas na literatura, a enzima fitase, além de hidrolisar o fósforo fítico, pode melhorar indiretamente a digestibilidade de outros nutrientes como a proteína bruta, o amido e a gordura. O aumento na digestibilidade destes nutrientes propiciaria um aumento da energia metabolizável do alimento. Ketaren et al. (1993) verificaram significativo aumento no ganho de peso e consumo diário de ração, além de melhora na conversão alimentar, retenção e deposição de energia em suínos na fase de crescimento, submetidos a tratamentos com 0 (zero- testemunha) e 1000 FTU de fitase/kg de ração (Tab. 5).

Em outro trabalho, objetivando verificar a influência da adição de fitase (400 e 800 FTU/kg) sobre a digestibilidade dos nutrientes, retenção de nitrogênio (RN) e valores energéticos de rações, Fialho et al. (2000) verificaram que a adição da enzima melhorou a digestibilidade da matéria seca e da proteína bruta e os valores ener-

géticos das rações (digestível e metabolizável), bem como proporcionou menor excreção de nitrogênio nas fezes e na urina (Tab.6).

Tabela 5. Efeito da enzima fitase sobre o consumo diário de ração, conversão alimentar, taxa de crescimento, deposição e retenção de energia (RE) em suínos na fase de crescimento.

Variável	Nível de inclusão de fitase UF/kg de ração		
	0	1000	Resposta (%)
Taxa de crescimento, g/dia	687	833	21,3
Consumo de ração, g/dia	1584	1772	8,7
Conversão alimentar	2,31	2,08	10,0
Deposição de energia, kcal/dia	1721	2199	27,8
RE, kcal/kcal de consumo	0,30	0,35	16,7

Fonte: Ketaren (1993).

Tabela 6. Matéria seca digestível (MSD), coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), valores de energia digestível (ED) e metabolizável (EM), balanço de energia (BE), nitrogênio excretado nas fezes (NEF), na urina (NEU) e retenção de nitrogênio (RN) das rações de suínos sem e com adição de fitase (na MS).

Variável	Nível de fitase (FTU /kg)			
	0	400	800	CV (%)[2]
MSD [a] (%)	86,54 (0,21)[1]	87,25 (0,26)	87,62 (0,28)	0,67
CDPB [ab] (%)	85,87 (0,19)	87,08 (0,21)	88,05 (0,23)	0,61
ED [a] (kcal/kg)	3857 (26,31)	3884 (38,20)	3901 (33,45)	0,68
EM [a] (kcal/kg)	3697 (29,33)	3759 (31,23)	3779 (32,28)	0,70
BE [a] (kcal/dia)	5146 (69,57)	5881 (79,47)	5885 (68,45)	3,49
NEF [ab] (g/dia)	5,97 (0,13)	5,43 (0,10)	5,02 (0,09)	4,17
NEU [a] (g/dia)	8,46 (0,25)	7,77 (0,20)	7,49 (0,17)	5,47
RN (g/dia)	28,32 (0,56)	29,05 (0,44)	29,74 (0,37)	3,28

[1] Erro padrão da média; [2] Coeficiente de Variação; [a] Contraste ração-testemunha × rações contendo 400 e 800 FTU de fitase/kg (P<0,01).; [b] Contraste ração contendo 400 FTU/Kg vs. ração contendo 800 FTU de fitase/kg (P<0,01); Fonte: Fialho et al. (2000).

De acordo com Mroz & Jongbloed (1998), o pH é um fator muito importante na determinação da solubilidade final do fitato e da proteína. Mudanças no pH afetam a dissociação do ácido fítico. Os referidos autores citam vários ensaios de digestibilidade ileal em suínos, em que os resultados mostraram melhora significativa na digestibilidade da proteína bruta e de aminoácidos, cujos resultados podem ser vistos na Tab. 7.

10. UTILIZAÇÃO DE OUTROS ADITIVOS

A utilização de β-adrenérgicos, assim como de antimicrobianos, acidificantes, probióticos, prebióticos, aditivos fitogênicos, acidificantes e minerais quelatados foi recentemente revisada por Menten (2002), o qual apresenta os efeitos metabólicos enfatizando a eficiência desses aditivos como forma de reduzir os po-

tes dos dejetos e melhorar o desempenho dos suínos.

É importante enfatizar que o uso adequado de aditivos pode constituir ferramenta útil aos nutricionistas como forma eficaz de aumentar o desempenho dos suínos nas diferentes fases do ciclo de produção e, ao mesmo tempo, contribuir para a redução do impacto ambiental dos dejetos dos suínos.

Tabela 7. Digestibilidade ileal da proteína bruta e de aminoácidos (g/kg) em função dos níveis da enzima fitase (FTU/kg) em rações de suínos na fase de crescimento.

Nutriente	Officer & Batterhan, 1992[1]		Mroz et al.,1994[2]		Jongbloed et al., 1997[3]		Grela & Krasucki, 1997[4]	
	0	1000	0	800	0	900	0	300
Proteína Bruta	77,38	94,90	121,89	126,14	94,98	99,30	114,54	117,82
Lisina	3,304	3,976	6,966	7,043	5,270	5,993	6,029	6,611
Metionina	1,846	1,950	1,994	2,96	1,854	1,879	1,600	1,634
Cistina	1,768	2,106	1,833	1,927	1,908	1,825	2,534	2,573
Triptófano	-	-	1,303	1,325	0,888	0,945	-	-
Treonina	2,600	3,224	4,871	4,752	3,552	3,916	3,946	3,980
Valina	4,599	5,110	6,611	6,566	5,099	5,389	5,878	5,949
Isoleucina	4,485	4,968	5,767	5,746	4,207	4,480	4,514	4,780
Leucina	5,760	6,480	10,824	10,784	11,481	11,914	8,783	8,817
Fenilalanina	4,958	5,476	6,446	6,423	5,200	5,392	6,002	6,076
Histidina	2,166	2,662	3,052	3,108	3,012	3,038	3,949	3,938
Arginina	-	-	8,290	8,530	-	-	5,232	5,384

[1]Farelo de Linhaça ; [2]Milho, f. de soja, cevada e aveia ; [3]Milho e f. de soja ; [4]Cevada, trigo e farelo de soja; Fonte: Mcnight (1998).

11. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há grande necessidade de ênfase em ações preservacionistas considerando a exploração zootécnica no Brasil. Entretanto, o grande desafio dos produtores de suínos, atualmente, é a exigência da sustentabilidade ambiental das regiões de produção intensiva. As técnicas de formulação de rações, aliadas ao manejo da granja, devem visar reduzir os problemas ambientais. As ações a se realizar não constituem práticas de alto custo, não comprometem o desempenho dos animais e são tecnicamente aplicáveis nas nossas condições. O desequilíbrio ambiental provocado pelo N, P e outros minerais presentes nos dejetos dos suínos, bem como pela amônia e outros gases produzidos nas granjas, são problemas sérios de poluição e constituem fatores limitantes para o futuro desenvolvimento da suinocultura nacional. As alternativas técnicas para contornar esses problemas, quando bem aplicadas, são instrumento adequado para favorecer a redução dos poluentes e propiciam melhores resultados econômicos aos produtores, além de atenderem às exigências dos órgãos fiscalizadores do meio ambiente, preservando e promovendo a competitividade da atividade suína e melhorando a qualidade de vida do homem.

BEDFORD, MR; MORGAN, AJ. The use of enzymes in poultry diets. *World. Poult. Sci. J.*, v.52, n.1, p.61-68, 1996.

BAKER, H. Phytase effects on protein, energy and trace-mineral utilization of swine and poultry. Basf Technical Symposium,1998, Durham. *Proceedings...* Durham: Basf, 1998. p.48-62

CLEOPHAS, GML et al. Enzymes can play an important role in poultry nutrition. *World Poult.*, v.52, n.4. p.12-15. 1995.

CONSUEGRO, JP. Uso de fitasa microbiana en raciones para avicultura. *Ind. Avíc.*. Mayo, p.27-28, 1999.

CROMWELL, GL; COFFEY, RD. Applications of phosphorus availability to practical diet formulation. In: of the International Pig Veterinary Society Congress, 14, 1996. *Proceeding...* s.l., IPVA, 1996. p.418.

CROMWELL, GL; COFFEY, RD. Phosphorus - A key essential nutrient, yet a possible major polluant - its central role in animal nutrition. In: Alltech's Seventh Annual Symposium. Biotechnology in the Feed Industry. *Proceeding...* s.l.: Alltech, 1995. p.133-45.

ENGELEN, AJ; HEEFT, FCVD; RANDOSORP, PHG. Simple an rapid determination of pitase activity. *J. AOAC Int.*, v.77, n.3, 1994.

FABIAN, J et al. Degree of amino acid restrictions during the grower phase and compensatory growth in pigs selected for lean growth efficiency. *J. Anim. Sci.*, v.80, p.2610-2618, 2002.

FIALHO, ET et al. Efeito da fitase sobre a digestibilidade dos nutrientes e energia em rações de suínos. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 37, 2000, Viçosa. *Anais...* Viçosa: SBZ, 2000. p. 273.

HISIEH, WM; CHIANG, SH. Effects of the supplementation of low protein diets with aminoacids on growth performance and the excretion of nitrogen and organic matter in growing pigs. *J. Chine Soc. Anim. Sci.*, v.23, n.2, p.109-120, 1993.

HUFF, WE et al. *Poult. Sci.*, v.77, n.12, p.1899-1904. 1998.

JONGBLOED, AW; MROZ, Z; KEMME, PA. Effect of microbial phytase in swine rations: impact on nutrition and environment. A review. In: Basf Technical Symposium., 1966, Des Moines. *Proceedings...* Des Moines: Basf, 1966. p.44.

JONGBLOED, AW; MROZ, Z; KEMME, PA. Effect of microbial phytase on apparent ileal digestibility of nitrogen and amino acids in pig diets. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.1159-1168. 1997.

KERR, BJ; EASTER, RA. Effect of feeding reduced protein, amino acid supplemented diets on nitrogen and energy balance. *J. Anim. Sci.*, v.73, p.3000-3006, 1995.

KETAREN, PP; BATTERHAM, EB; FARRELL, DJ. Effect of phytase supplementation on the digestibility and availability of phosphorus in soybean meal for growing pigs. *Br. J. Nutr.*, v.70, p.829, 1993.

LATIMIER, P; DOURMAD, JY. Efect of three feeding strategies for growing-finishing pigs, on growth performance and nitrogen out put in the slurry and in the air. In: First International Symposium, 1993. *Proceedings....* Wageningen: Center of Agricultural Publishing and Documentation, 1993. p.242-246.

LÊNIS, NP et al. Effect of the ration between essential and nonessential amino acids in the diets on utilization of nitrogen and amino acids by growing pigs. *J. Anim. Sci.*, v.77, p.1777-1787, 1999.

MACKIE, IR; STROOT, PG; VAREL, VH. Biochemical identification and biological origin of key odor components in livestock waste. *J. Anim. Sci.*, v.76, p.1331-1342. 1998.

McKNIGHT, WF. Swine rations formulation with natuphos® phytase. Basf Technical Symposium. Carolina Swine Nutrition Conference. *Proceedings...* Durham: Basf, 1998. p.91-107

MENTEN, JFM. Probióticos, prebióticos e aditivos fitogênicos na nutrição de aves. In: Simpósio sobre Ingredientes na Alimentação Animal, 2, 2002. *Anais...* s.l.: CBNA, 2002. p.251-276.

MROZ, Z; JONGBLOED, AW. The influence of phytase on the availability of protein and energy in swine. Basf Technical Symposium. Carolina Swine Nutrition Conference. 1998. *Proceedings...* Durham: Basf, 1998. p.65-88,

NATIONAL Research Council (NRC). *Nutrient requirements of swine*. 10.ed. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1998.

OLIVEIRA, PAV. Impacto ambiental causado pelos dejetos de suínos. In: Simpósio Latino Americano de Nutrição de Suínos. *Anais...* s.l.: CBNA. 1994. p.27-40.

PARTRIDGE, G; WYATT, C. More flexibility with new generation of enzymes. *World Poult.*, v.52, n.4. p.17-21. 1995.

PENZ Jr., AM. O conceito de proteína ideal para monogástricos. In: Congresso Internacional, Congresso Nacional, 6, Congresso Estadual de Zootecnia, 14, 1996, Porto Alegre. *Anais*... Porto Alegre: SBZ, 1996. p.71-75.

PENZ Jr., AM. A influência da Nutrição na preservação do meio ambiente. In: Seminário Internacional de Suinocultura, 5, 2000, São Paulo. *Anais*... São Paulo: s.d., 2000. p.53-67.

PENZ Jr.; AM. Enzimas em rações para aves e suínos. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 35, 1998, Botucatu: *Anais*... Botucatu: SBZ, 1998. p.165-178.

RAVINDRAN, V et al. Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broilers. *Poult, Sci.*, v.78, n.5, p.699-706, 1999.

SCHUTTE, JB. *Nutritional value and physiological effects of D-xilose and L-arabinose in poultry and pigs*. Wageningen, the Netherlands. 1991. 173p. (Thesis)

SEBASTIAN, S; TOUCHBURN, SP; CHAVEZ, ER. Implications of phytic acid and supplemental microbial phytase in poultry nutrition: a review. *World. Poult. Sci. J.*, v.54, n.1, p.27-47, 1998.

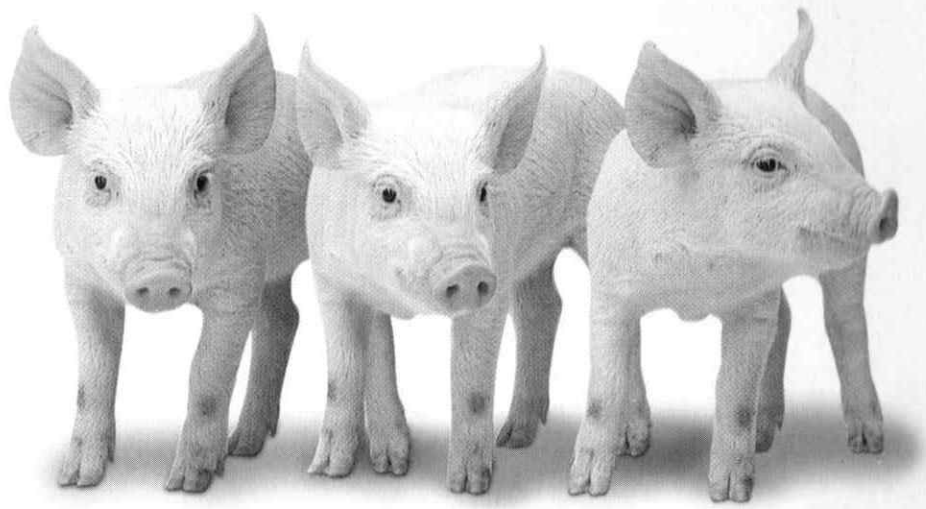
SELLE, PH. The potential of microbial phytase for the sustainable production of pigs and poultry. In: Short Course on Feed Technology, 7, 1997, Ansung. *Proceedings*... Ansung: Korean Society of Animal Nutrition and Feedstuffs, 1997. p.1-39.

SUIDA, D. Formulação por proteína ideal e conseqüências técnicas, econômicas e ambientais. In: Simpósio Internacional de Nutrição Animal: Proteína ideal, energia líquida e modelagem, 1, 2001, Santa Maria. *Anais*.... Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2001a. p.27-43.

SUIDA, D. Interação da nutrição protéica com fatores econômicos, desempenho, meio ambiente e sanidade em suínos. In: Simpósio Sobre Manejo e Nutrição de Aves e Suínos. Tecnologia da Produção de Rações. 2001, Campinas. *Anais*.... Campinas: CBNA, 2001b. p.263-284.

31 OUT
VETERINÁ

Entra ano, sai ano, e a Pfizer continua protegendo seu rebanho.



Assim como todo produtor, a Pfizer sabe que a saúde dos animais é um dos principais fatores responsáveis pela produtividade e lucratividade do rebanho. Por isso está sempre desenvolvendo e aprimorando produtos, buscando novas tecnologias e investindo em pesquisas. Essa é a parceria que você encontra ano após ano na Pfizer. Uma empresa que faz cada vez mais para você produzir cada vez melhor.

• RespiSure-ONE® • RespiSure® • FarrowSure® B • ARadicator®
• LitterGuard® LT-C • Terramicina® LA • Clamoxyl® LA • Advocin®
• Dectomax® • Lincomix® • Linco-Spectin® • Excenel® • Lutalyse®
• Alplucine® • Suramox® • Premedox® • Virbamax® • Lectron®

Pfizer

Laboratórios Pfizer Ltda. – Divisão de Saúde Animal
Av. Monteiro Lobato, 2270 • CEP 07190-001 • Guarulhos – SP
• Tels.: 0800-152155/ (11) 6464-7344 • Fax: (11) 3059-2149/ 3059-2150/3059-2151 • CNPJ 46.070.868/0001-69
© Copyright Laboratórios Pfizer Ltda. 2003 • Todos os direitos reservados
® Marca depositada

Pfizer Saúde Animal 0800 11 1810
www.pfizersaudeanimal.com.br

PROPAS

Pfizer FORÇA selecta