

# Coletânea de Seminários 2002

## Embrapa Suínos e Aves



**República Federativa do Brasil**

*Luiz Inácio Lula da Silva*  
Presidente

**Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

*Roberto Rodrigues*  
Ministro

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa**

**Conselho de Administração**

*José Amauri Dimárzio*  
Presidente

*Clayton Campanhola*  
Vice-Presidente

*Alexandre Kalil Pires*  
*Dietrich Gerhard Quast*  
*Sérgio Fausto*  
*Urbano Campos Ribeiral*  
Membros

**Diretoria-Executiva da Embrapa**

*Clayton Campanhola*  
Diretor-Presidente  
*Gustavo Kauark Chianca*  
*Herbert Cavalcante de Lima*  
*Mariza Marilena T. Luz Barbosa*  
Diretores-Executivos

**Embrapa Suínos e Aves**

*Dirceu João Duarte Talamini*  
Chefe-Geral

*Paulo Roberto Souza da Silveira*  
Chefe-Adjunto de Comunicação e Negócios

*Paulo Antônio Rabenschlag de Brum*  
Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

*Claudinei Lugarini*  
Chefe-Adjunto de Administração



ISSN 0101-6245  
Abril, 2003

---

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

*Documentos 82*

# Coletânea de Seminários 2002

Editores:  
Júlio Cesar P. Palhares  
Gustavo J.M.M. de Lima

Concórdia, SC  
2003

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Suínos e Aves**

Caixa Postal 21, 89.700-000, Concórdia, SC

Telefone: (049) 4428555

Fax: (049) 4428559

<http://www.cnpsa.embrapa.br>

[sac@cnpsa.embrapa.br](mailto:sac@cnpsa.embrapa.br)

**Comitê de Publicações da Unidade**

**Presidente:** Paulo Roberto Souza da Silveira

**Membros:**

Paulo Antônio Rabenschlag de Brum

Janice Reis Ciacci Zanella

Gustavo J.M.M. de Lima

Júlio Cesar P. Palhares

Cícero J. Monticelli

**Revisão Técnica:** Cícero J. Monticelli

**Tratamento Editorial:** Tânia Maria Biavatti Celant

**Normalização bibliográfica:** Irene Z.P. Camera

**Tiragem:** 100 unidades

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

---

Coletânea de Seminários 2002. Embrapa Suínos e Aves. 2003. – Concórdia, SC: Embrapa Suínos e Aves, 2003.

Editado por Júlio C. Palhares e Gustavo Júlio Mello Monteiro de Lima. - Embrapa Suínos e Aves, 2003.

91p.; 29,7 cm. – (Embrapa Suínos e Aves, Documentos, 82, ISSN 0101-6245).

1. Seminários – palestras – II. Título. III. Série.

CDD 636.52

---

© Embrapa 2003

# Apresentação

Os avanços na comunicação talvez tenham sido os maiores causadores de transformações na última metade do século passado. Atualmente, comunica-se como nunca, informações são trocadas a todo o instante, todo tipo de material pode ser disponibilizado através da Internet, antes mesmo de ser impresso nos jornais e revistas.

Quando a Embrapa começou suas atividades, há 30 anos, os seus técnicos e os das outras empresas aprendiam estudando os artigos, que demoravam a chegar às bibliotecas, realizando viagens de estudo e visitas técnicas e freqüentando os congressos e reuniões científicas. Pois isso tudo continua acontecendo, só que com maior velocidade e intensidade.

Não desperdiçar o uso de todas as ferramentas de comunicação para levar tecnologia ao campo tem sido uma grande contribuição da Embrapa para o setor produtivo.

Para aprimorar a discussão técnico-científica de temas importantes à avicultura e à suinocultura, organizou-se um programa de seminários na Embrapa Suínos e Aves, a partir de julho de 2002, com os seguintes objetivos:

1. Difundir o conhecimento científico, incentivando a discussão de temas relevantes para o fortalecimento da unidade;
2. Auxiliar os Núcleos Temáticos, servindo de instrumento para a realização de discussões técnico – científicas;
3. Criar oportunidades para o melhor intercâmbio entre os atores ligados às cadeias de aves e suínos;
4. Reunir as informações apresentadas na forma de uma publicação;
5. Criar oportunidades para o melhor intercâmbio de conhecimento entre os núcleos e pesquisadores da Embrapa Suínos e Aves;
6. Criar uma agenda de seminários, mesclando palestrantes da Embrapa Suínos e Aves com palestrantes de outras Instituições;
7. Fortalecer a Embrapa Suínos e Aves como referência para as cadeias produtivas de suínos e aves;
8. Incentivar a multidisciplinaridade e multistitucionalidade.

Este documento reúne a maioria dos conteúdos das apresentações que aconteceram no segundo semestre de 2002. Os trabalhos são de inteira responsabilidade dos autores e constituem-se em mais uma contribuição para consultas sobre os temas abordados.

É justo e oportuno registrar o agradecimento da Embrapa a todos os palestrantes que, com dedicação e competência, empenharam-se em repartir parte do seu conhecimento e promover a discussão de idéias.

Que as informações disponibilizadas possam contribuir para o aperfeiçoamento de nossas atividades, servir como um meio de otimização à atuação dos vários atores relacionados a estas cadeias produtivas e melhorar a qualidade de vida do nosso povo.

*Julio Cesar P. Palhares*  
*Zootec., D.SC.*

*Gustavo J. M. M. de Lima*  
*Engº Agrº., Ph.D.*

Editores

# Sumário

<b>TECNOLOGIAS DESENVOLVIDAS PELA EMBRAPA SUÍNOS E AVES PARA O TRATAMENTO DE DEJETOS SUÍNOS</b> Martha Mayumi Higarashi.....	01
<b>AGRI-CULTURE: RECONNECTING PEOPLE, LAND AND NATURE</b> Jules Pretty.....	15
<b>MICOBACTERIOSE SUÍNA CAUSADA POR AGENTES DO COMPLEXO <i>Mycobacterium avium</i> (MAC)</b> Virgínia Santiago Silva.....	20
<b>PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA NA AGROINDÚSTRIA</b> Vítor Hugo Grins.....	34
<b>AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS ECONÔMICOS, SOCIAIS E AMBIENTAIS DA PESQUISA</b> António Cipriano Afonso Pinheiro.....	40
<b>ACTUAL AND POTENTIAL APPLICATIONS OF <i>YUCCA SCHIDIGERA</i> AND <i>QUILLAJA SAPONARIA</i> SAPONINS IN HUMAN AND ANIMAL NUTRITION</b> Peter R. Cheeke.....	45
<b>UMA ABORDAGEM PARA A QUESTÃO DO NITROGÊNIO E MAUS ODORES EM DEJETOS SUÍNOS</b> Airton Kunz.....	62
<b>ASPECTS OF QUALITY ASSURANCE IN EUROPEAN FEED PRODUCTION</b> Alfred Petri.....	66
<b>NUTRIÇÃO DE SUÍNOS EM CLIMAS QUENTES</b> Leandro Hackenhaar.....	74

# TECNOLOGIAS DESENVOLVIDAS PELA EMBRAPA SUÍNOS E AVES PARA O TRATAMENTO DE DEJETOS SUÍNOS

**Martha Mayumi Higarashi**

*Química, D.Sc.,*

*Gestão Ambiental - Embrapa Suínos e Aves*

*e-mail: martha@cnpa.embrapa.br*

## INTRODUÇÃO

O grande crescimento da população mundial tem gerado muita apreensão quanto a perspectiva de esgotamento dos recursos naturais em um futuro próximo. Como conseqüência, os setores industriais e agropecuários vêm sendo muito pressionados para produzir cada vez mais para atender a crescente demanda sem que haja, no entanto, maiores prejuízos ao meio ambiente.

Diante deste cenário, o estudo e a avaliação de novas tecnologias visando o desenvolvimento sustentável é uma necessidade premente na sociedade moderna, agregando esforços por parte das mais diversas áreas a fim de encontrar soluções eficientes e economicamente viáveis.

A suinocultura constitui-se em uma atividade de grande impacto ao meio ambiente, devido ao grande volume de resíduos gerados que podem causar sérios problemas de saúde pública e ambiental, principalmente em regiões aonde predominam as práticas de criação intensiva em confinamento.

O Oeste Catarinense é o maior complexo agro-industrial de suínos e aves do Brasil, possuindo rebanho de cerca de 3,5 milhões de animais (Lindner, 1997). A região caracteriza-se por pequenas propriedades onde predominam a mão-de-obra familiar e a diversificação de culturas. Estas propriedades, em geral, não possuem áreas extensas para a disposição de todo o dejetos gerado e nem recursos suficientes para o tratamento dos mesmos.

Estudos bacteriológicos realizados pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) em amostras de águas colhidos em mananciais da região, constataram que 84% destas se encontravam contaminadas por coliformes fecais.

Diante das evidências de que a contaminação ambiental decorrente da suinocultura, podem trazer graves conseqüências a saúde do homem e do meio ambiente, inúmeros estudos vêm sendo desenvolvidos pela Embrapa Suínos e Aves com o intuito de desenvolver e avaliar tecnologias alternativas de manejo e tratamento de resíduos a fim de alavancar o desenvolvimento sustentável da atividade prospectando a possibilidade de ampliação destas atividades tanto no sul como em outras regiões do Brasil.

## PROCESSOS DE TRATAMENTOS

No Brasil, a maior parte dos dejetos suínos são armazenados e utilizados na agricultura, como adubo orgânico. Entretanto, devido a operação e dimensionamento inadequados dos sistemas de armazenamento, muitas vezes a fermentação anaeróbia, responsável pela estabilização do composto, não ocorre de maneira adequada e/ou não permanece armazenado durante tempo suficiente (pela lei: tempo  $\geq$  60 dias).

A Região Oeste Catarinense, por sua topografia montanhosa, não possui áreas agricultáveis suficientes para absorver todo o volume de adubo produzido pelas granjas, sendo necessárias também, alternativas de tratamento que resultem em efluentes aptos para o descarte no ambiente.

Os tratamentos podem ser divididos em processos físicos, químicos e biológicos. Normalmente, as técnicas devem ser aplicadas combinadas para se obter os melhores resultados.

Existem inúmeros trabalhos realizados pela Embrapa Suínos e Aves com diversas parcerias, nos quais se procuram monitorar e avaliar a eficiência de diferentes sistemas de tratamentos, bem como estudar parâmetros para otimização dos processos. A maioria dos estudos são realizados em sistemas que aliam diversas técnicas a fim de atingir os limites exigidos por lei. Como os resíduos iniciais são extremamente concentrados, são necessárias várias etapas e/ou períodos muito longos para se chegar aos valores desejados.

## 1) Processos Físicos

Os tratamentos físicos consistem na separação das fases sólida e líquida para facilitar e otimizar o gerenciamento dos resíduos. Portanto, durante os processos de tratamento físico, em geral, não ocorre a decomposição efetiva do dejetos. Evidentemente, em processos aonde separação ocorre lentamente, como por exemplo na decantação, podem ocorrer paralelamente transformações químicas e biológicas no dejetos.

A separação das fases pode ser obtida através de decantação, centrifugação, peneiramento e/ou prensagem, desidratação por vento, ar forçado ou ar aquecido.

Como os dejetos são misturas extremamente complexas que contêm uma imensa gama de componentes, a separação de fases reduz a complexidade das frações, permitindo que cada uma delas possa ser destinada a tratamento e/ou armazenamento mais adequado, agilizando e aumentando a eficiência do processo como um todo. Além disso, a instalação de separadores de fases aumenta a vida útil de lagoas e esterqueiras, evitando o assoreamento e reduzindo os maus odores.

A seguir, segue-se a descrição de duas tecnologias de separação estudadas em trabalhos desenvolvidos pela Embrapa Suínos e Aves.

### 1.1) Decantador de Palhetas

As separações, normalmente, são realizadas como a primeira etapa de um tratamento, sendo que o decantador de palhetas foi descrito como sendo um dos sistemas de separação dos mais eficientes (Perdomo, 2001), possuindo inúmeras vantagens tais como, o baixo custo (estimado com sendo de R\$125,00/m<sup>2</sup>, Veiga, 1999), a facilidade de construção e operação.

Estas características fazem do decantador de palhetas um sistema adequado para pequenos e médios criadores. No entanto, a grande produção de lodo (representa 10-15% do volume total de efluentes) faz com que haja a necessidade de sua retirada a cada dois dias com posterior armazenagem em esterqueiras durante cerca de 120 dias, para que o composto possa ser aplicado na agricultura.

### 1.2) Peneira para Separação de Dejetos para Pequenas Médias Propriedades

Ainda dentro dos processos físicos de separação, o trabalho desenvolvido por Veiga (1999) (UFSC/Embrapa), descreve a construção e aplicação de um separador de sólidos de dejetos do tipo peneira. Segundo o autor, os altos preços dos separadores disponíveis no mercado os torna inviáveis para os pequenos produtores.

O trabalho desenvolveu um protótipo de um separador que pode ser adaptado em unidades móveis, com custo estimado de cerca de R\$4250,00. Embora o valor ainda possa parecer muito alto, o fato do modelo poder ser transportado de uma propriedade para outra, o torna apto para ser utilizado por associações de produtores.

O modelo consistiu de um sistema movido com motor de baixa potência, onde dois raspadores transportam o dejetos e ao mesmo tempo promovem a separação do mesmo por movimentos circulatorios atuando sobre uma peneira côncava (0,8 mm de *mesh*), a seguir, o resíduo é conduzido a mais dois raspadores e dois roletes atuando sobre uma segunda peneira côncava, aonde, por prensagem, reduz-se a umidade do resíduo.

A eficiência foi testada em escala laboratorial e em campo, tanto na estação de tratamento experimental da Embrapa Suínos e Aves, como em três granjas da região. O resíduo sólido resultante do separador possuía umidade entre 80 e 60%, o que é compatível com os resultados obtidos com os equipamentos do mercado.

Uma vez separadas, as frações são destinadas a diferentes tratamentos.

Os dois sistemas de separação descritos possuem vantagens e desvantagens, sendo que a escolha do mais apropriado deve ser avaliada caso a caso. Comparando-se os dois sistemas, temos que:

➔ Vantagens da utilização do separador mecânico frente aos decantadores:

- Necessita de pouco espaço disponível;
- Mobilidade;
- Maior velocidade na separação;
- Baixo consumo de energia (0,75 cv – 0,56 kW);
- Sólidos separados com menor teor de umidade, facilitando o manejo;
- Decantadores necessitam ser drenados a cada dois dias para remoção do lodo;
- Lodo é armazenado e tratado por via anaeróbia, ocasionado mau odor, enquanto que a fase sólida do separador pode ser tratado por compostagem.

➔ Desvantagens:

- Maiores custos do equipamento;
- Necessidade de fonte de energia próxima, nem sempre disponível nas propriedades;
- Em caso de mau funcionamento, necessita de mão-de-obra especializada.

## 2) Processos Biológicos

A vida na Terra é mantida através da reciclagem de nutrientes e elementos químicos acompanhados do fluxo contínuo de energia proveniente do sol. Através da fotossíntese a energia solar, o CO<sub>2</sub> e outros constituintes inorgânicos são convertidos a biomassa. Essa matéria acumulada serve como fonte de energia para várias formas de vida e reciclada através de ciclos que se mantêm em equilíbrio. Este equilíbrio, no entanto vem sendo quebrado nas últimas décadas em decorrência da intensificação de atividades humanas, como a industrialização e a agricultura e criação intensiva.

Os processos biológicos de tratamento, consistem em processos naturais nos quais os resíduos são decompostos por intermédio dos microorganismos que utilizam a matéria orgânica como fonte de energia, no processo denominado biodegradação. Recentemente, o termo biorremediação tem sido empregado para os casos onde a atividade microbiológica é incentivada através da otimização das condições do meio (controle do pH, temperatura, adição de nutrientes, entre outros).

Estes processos podem ser classificados em aeróbios e anaeróbios, pois a presença ou ausência de oxigênio determina os tipos de microorganismos predominantes, bem como as vias pelas quais a matéria orgânica é decomposta e, conseqüentemente os produtos da degradação.

➔ Principais vantagens dos processos de biorremediação:

- Real destruição das moléculas dos contaminantes;
- Redução de custos;
- Mínimo impacto sobre o ambiente;
- Opinião pública favorável, por ser considerado processo natural.

➔ Desvantagens:

- Tempo de tratamento alto;
- Concentrações alvo (exigidos pela legislação) nem sempre atingidos;
- Sensibilidade a fatores como temperatura, pH, presença de substâncias tóxicas para os microorganismos.

Dentre as principais técnicas de tratamento biológico aplicados em resíduos de criação animal podemos citar: as esterqueiras, o biodigestor, as lagoas de estabilização e a compostagem. Na maioria dos casos, mais de uma técnica é aplicada no tratamento.

## 2.1) Esterqueiras

As esterqueiras consistem de um único tanque de armazenagem aonde ocorrem processos de degradação anaeróbia. Entretanto, as esterqueiras e bioesterqueiras não podem ser considerados como sistemas de tratamento, mas sim de armazenagem.

Em trabalho desenvolvido por Gossman (1997), foi constatado que não há diferenças significativas no desempenho de esterqueiras e bioesterqueiras. Como os custos de construção e manutenção das esterqueiras são menores, o sistema que a Embrapa normalmente recomenda consiste de esterqueiras com abastecimento diário e controle de velocidade de alimentação. Antes de iniciar o processo, deve se condicionar o sistema, pela adição de 30% em volume de dejetos previamente fermentado. Este procedimento aumenta significativamente a velocidade da degradação, uma vez que o período de adaptação dos microorganismos é a etapa mais demorada do processo. Portanto, uma vez em funcionamento, não se deve remover totalmente o material da batelada anterior (manter 10% volume) para preservar os microorganismos adaptados.

A degradação anaeróbia prevalece nas esterqueiras, devido a alta concentração de matéria orgânica do dejetos bruto, sendo possível se obter redução de até 56% de sólidos totais e 86% de DQO, independente da estação do ano.

O armazenamento em esterqueiras não pode ser considerado um tratamento, pois o produto final ainda representa riscos para o meio ambiente se não receber destino adequado. Portanto, constitui-se em uma opção de baixo custo para produtores que possuam áreas agricultáveis aonde possam dispor do fertilizante. Entretanto, mesmo para este fim há restrições, pois os níveis de coliformes fecais são muito altos, inviabilizando a aplicação em algumas culturas como verduras e hortaliças.

### ➡ Principais vantagens:

- Simplicidade de operação do sistema;
- Baixo custo de investimento;
- Demanda pouco espaço físico na propriedade.

### ➡ Principais desvantagens:

- Odor emitido por fermentação anaeróbia;
- Necessidade de áreas de plantio suficientes para destinar o grande volume de fertilizante gerado;
- Produto final ainda apresenta alto potencial poluente e patogênico.

Uma maneira de viabilizar os sistemas de degradação anaeróbia e reduzir a emissão de odores é a implementação de Biodigestores.

## 2.2) Biodigestores

Os biodigestores consistem em sistemas que visam conter a biomassa e o seu produto, facilitando a sua distribuição. O sistema é fechado e baseado em processo anaeróbio com captação do gás metano, que pode ser utilizado como fonte de energia na propriedade e aproveitamento da biomassa estabilizada como fertilizante.

A maioria dos estudos sobre a viabilidade e implementação dos biodigestores foram realizados na década de 70, em decorrência da crise do petróleo que impulsionou as pesquisas para busca de fontes de energia alternativas.

Em levantamento realizado na década de oitenta (Giroto, 1989), foi constatado que a maior parte dos biodigestores que haviam sido implantados no estado de Santa Catarina, eram subutilizados ou se encontravam desativados. O principal motivo detectado, foi a dificuldade e a demora em se adaptar ou converter os equipamentos da propriedade para a nova fonte de energia.

Outro estudo importante para a viabilização dos biodigestores, seria o desenvolvimento de um sistema acessível de armazenagem do gás gerado, uma vez que esta produção não é

constante pois depende da atividade dos microorganismos, oscilando de acordo com as condições ambientais, nutricionais, presença de antibióticos, entre outros fatores..

Recentemente, em decorrência da crise energética, os biodigestores passaram a despertar novamente o interesse das autoridades e da população em geral, sobretudo devido aos avanços tecnológicos que têm disponibilizado no mercado sistemas baseados em células fotoelétricas, que permitiriam a conversão da luz resultante da queima de biogás para energia elétrica.

### 2.3) Lagoas de Estabilização

As lagoas de estabilização são definidas como sendo "bacias terrestres, projetadas dentro de critérios técnicos e científicos com a intenção de tratar águas residuárias brutas ou efluentes pré tratados" (Middlebrooks, 1987).

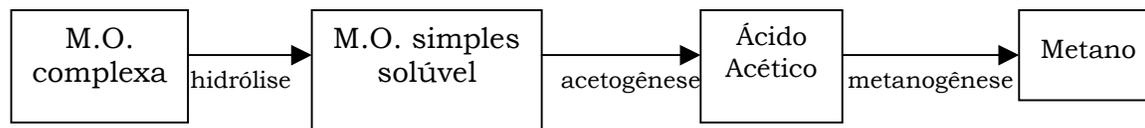
A descontaminação dos efluentes ocorre por decantação e por intermédio de microorganismos tais como bactérias, algas e fungos que possuem capacidade de quebrar moléculas orgânicas complexas, desdobrando-as em substâncias mais simples que podem ser assimiladas por eles nos processos fotossintéticos (algas) ou respiratórios (bactérias). No processo ideal, ocorreria a total mineralização das moléculas orgânicas, ou seja a conversão destas em íons inorgânicos e CO<sub>2</sub> em processos aeróbios e/ou íons inorgânicos e CH<sub>4</sub> em processos anaeróbios.

As lagoas podem ser classificadas de acordo com a atividade metabólica predominante no seu interior em: lagoas anaeróbias, aeróbias e facultativas.

Atualmente, as lagoas de estabilização para tratamento de efluentes líquidos possuem diversas adaptações, visando a otimização dos parâmetros para atingir maior eficiência no tratamento de diferentes matrizes, provenientes de fontes domésticas, agrícolas e industriais, cada qual possuindo características próprias muito distintas.

✓ As lagoas anaeróbias são lagoas preparadas para receber efluentes com altas concentrações orgânicas. Assim sendo, as taxas de produção de oxigênio (aeração e fotossíntese) são desprezíveis frente as taxas de consumo (oxidação e fermentação da matéria orgânica). No ambiente anaeróbio, os microorganismos promotores de metanogênese, sulfidogênese e/ou fermentação são favorecidos e prevalecem no meio.

O tratamento anaeróbio é considerado um processo seqüencial em três estágios (Merkel, 1981). O esquema abaixo descreve de maneira simplificada o processo de degradação da matéria orgânica (M.O.):



Os processos anaeróbios são intermediados por bactérias que produzem as enzimas necessária para que as reações ocorram.

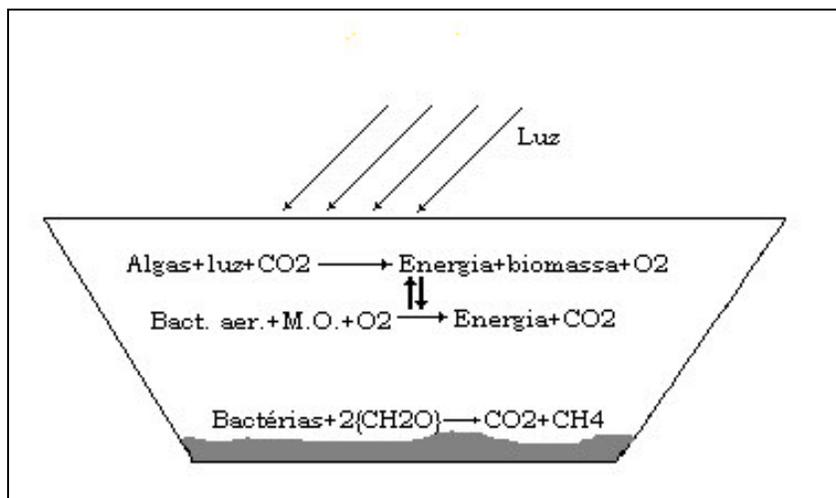
As lagoas anaeróbias são mais profundas (2 a 5 m) e possuem menor área superficial. Estas características desfavorecem a penetração de luz, reduzindo a fotossíntese e diminuindo a emissão de compostos odorosos, assim como minimiza variações térmicas e facilita a remoção do lodo (Embrapa, 1995).

Estes tipos de lagoas são muito eficientes na remoção de material orgânico, entretanto a remoção efetiva de nutrientes e metais deve ser feita em etapas posteriores de tratamento.

✓ As Lagoas Facultativas são lagoas que possuem características aeróbias na superfície e anaeróbias no fundo. Assim sendo, a fração orgânica solúvel e coloidal é estabilizada através de processos aeróbios na superfície, enquanto que a fração sólida, decanta e sofre processos anaeróbios no fundo da lagoa. Estabelece-se um equilíbrio simbiótico entre as algas e as bactérias aeróbias próximo a superfície, otimizando o processo.

As lagoas facultativas são menos profundas (1 a 2 m) e possuem maior área superficial que as anaeróbias, assim sendo, os processos fotossintéticos e aeróbios também são significativos frente a degradação anaeróbia.

A Fig. 1, descreve os principais processos que ocorrem em uma lagoa facultativa:



**Fig. 1** - Diagrama esquemático de uma lagoa facultativa com as principais reações que ocorrem em seu interior.

✓ As lagoas aeróbias, de maneira geral são consideradas inviáveis devido a necessidade de áreas muito extensas para a sua implantação, uma vez que elas são lagoas muito rasas (cerca de 0,5 m). Para transpor esta dificuldade, existem lagoas mais profundas cuja aeração é estimulada através de agitadores mecânicos ou pela injeção de ar através da coluna de água com o auxílio de bombas que são acionadas periodicamente.

Nas lagoas aeróbias, a degradação ocorre pela ação conjunta dos microorganismos aeróbios e das algas, como na superfície das lagoas facultativas. Estas lagoas não apresentam grande eficiência na remoção de matéria orgânica, no entanto elas são bastante efetivas na remoção de nitrogênio que é assimilado pelas algas. Adicionalmente, quando a atividade das algas se torna muito intensa, a fotossíntese pode causar a oxigenação do meio, aumentando a alcalinidade e consequentemente a remoção de nitrogênio na forma de amônio gasoso e de fósforo pela precipitação.

### 2.3.1) Sistemas de lagoas em série

No caso de efluentes provenientes da produção de suínos, a carga poluente é tão alta que freqüentemente uma única lagoa não é capaz de realizar o tratamento adequadamente. Para se obter resultados satisfatórios são necessários sistemas de lagoas interligadas em série ou paralelo.

O sistema preconizado pela Embrapa/UFSC é composto de uma caixa de homogeneização seguido de um separador de fases (normalmente o decantador de palhetas), duas lagoas anaeróbias, uma lagoa facultativa e uma lagoa de aguapé. Este sistema é capaz de reduzir drasticamente a carga poluente pela remoção de até 98% dos Sólidos Totais, 99% da DBO<sub>5</sub>, 94% do nitrogênio, 98% do fósforo e 99,9% dos coliformes totais.

Nos últimos anos, diversos trabalhos realizados pela parceria da Embrapa Suínos e Aves com a UFSC têm dado ênfase à otimização de parâmetros para melhorar o desempenho de sistemas de lagoas de tratamento.

O primeiro trabalho utilizando o sistema de lagoas acima descrito, foi desenvolvido por Medri (1997), o qual realizou estudos bastante detalhados para a obtenção de parâmetros reais de funcionamento da lagoas de estabilização, em diversas condições e sob ação de diferentes fatores climáticos.

As amostras foram coletadas semanalmente ao longo das lagoas, na entrada e saída de cada uma delas em diferentes estações do ano. Desta forma, foram traçados perfis da contribuição de cada etapa na remoção da carga poluente, considerando-se o tempo de retenção e as mudanças sazonais. Com base nestes resultados, o autor calibrou um modelo matemático de minimização de custos do sistema de lagoas.

Além da elaboração do modelo, foi constatado que a maior parte da carga orgânica (DQO, DBO) e o fósforo total são removidos nas lagoas anaeróbias que, no entanto apresentou baixa remoção de nitrogênio. Por outro lado, o nitrogênio é removido principalmente, nas lagoas facultativa e de aguapés, pela assimilação por parte das algas e plantas. A lagoa de aguapés apresentou o melhor desempenho que a facultativa tanto para a remoção de fósforo como de nitrogênio.

A remoção de coliformes fecais foi maior na lagoa anaeróbia do que nas demais, contrariando o esperado, pois a presença de oxigênio, o aumento do pH e a presença de luz favorecem o decaimento da população de coliformes. As principais razões apontadas foram: 1) a lagoa anaeróbia é o tratamento primário, portanto grande parte dos microorganismos podem ter sido removidos pela sedimentação dos sólidos, 2) os remanescentes que sobrevivem e chegam a facultativa, são aqueles que possuem maior resistência.

Embora a remoção dos contaminantes tenha sido muito eficiente no sistema avaliado por Medri (1999), (87% ST, 97% DQO e DBO, 92% NT, 96% PT e 99,99% CF), em decorrência da concentração inicial extremamente alta, alguns dos parâmetros ainda se apresentaram acima dos índices exigidos pela legislação vigente, por exemplo, a DBO do efluente final do tratamento foi de 213 mg/L ou seja 3,5 vezes maior que 60 mg/l determinados pela Legislação Ambiental de Santa Catarina, Decreto 14.250. Esta mesma lei abre o precedente de que a remoção de 80% é aceitável, desde que não haja prejuízos ao meio ambiente, entretanto a definição da quantidade que não cause danos é muito vaga e variável, sendo dependente das condições ambientais e do corpo d' água onde o efluente é lançado.

Outro importante parâmetro que apresentou valores superiores aos exigidos pela Legislação foi a quantidade de coliformes fecais. A Legislação exige valores <1000/100ml, entretanto o efluente apresentou NMP de 3700/100 ml.

Devido aos fatos acima descritos, os efluentes ainda necessitariam continuar o tratamento, entretanto o tempo de residência no sistema até então, já é bastante longo (cerca de 125 dias).

Com o objetivo de dar continuidade ao trabalho de Medri (1999), Cazarré (2000) e Dalavéquia (2000) realizaram em 2001, trabalhos aonde foram avaliados em escala piloto, três sistemas de lagoas, com diferentes tempos de retenção:

- Sistema 1: Anaeróbia 1 (35 dias), anaeróbia 2 (46 dias), facultativa (24 dias), aguapé (15 dias).
- Sistema 2: Anaeróbia 1 (35 dias), anaeróbia 2 (30 dias), facultativa 1 (20 dias), facultativa 2 (15 dias), maturação (7 dias).
- Sistema 3: Anaeróbia 1 (30 dias), anaeróbia 2 (20 dias), facultativa 1 (15 dias), facultativa 2 (15 dias), maturação (7 dias).

O sistema 1 é similar ao avaliado por Medri (1999). Os resultados demonstraram que o sistema 3, apesar de ter o menor tempo de retenção (87 dias), apresentou desempenho praticamente idêntico aos demais sistemas, sendo que para a remoção de coliformes ele foi o único a alcançar o valor exigido pela legislação.

Assim sendo, este parece ser o sistema mais adequado, pois o volume de dejetos gerado diariamente em uma granja é muito grande, exigindo maior agilidade nos sistemas de tratamento. Além disso, tratamentos com menor tempo de retenção exigem menor dimensionamento das lagoas, reduzindo os custos e ocupando menor espaço físico nas propriedades.

Apesar do sistema 3 ter alcançado resultados muito promissores, ainda não foram atingidos os valores especificados pela legislação, portanto ainda há a necessidade de avaliar a adição de mais etapas no tratamento.

Alguns dos trabalhos da Embrapa, realizam estudos em lagoas modificadas, visando otimizar os processos de tratamento, ou seja, sugerem a adição de etapas de "polimento" para que os dejetos tratados atinjam os parâmetros exigidos pela legislação.

### 2.3.2) Lagoas de Refinamento:

#### - Lagoa de Alta Taxa em Batelada

A dissertação desenvolvida por da Silva (1996) pela UFSC e Embrapa Suínos e Aves, avaliou a eficiência de uma lagoa de alta taxa de degradação em batelada para tratamento secundário de dejetos.



**Fig. 2 -** Lagoa de alta taxa de degradação.

Neste tipo de lagoa, ocorre a aeração do meio através da movimentação forçada da massa líquida. A lagoa consistiu de uma estrutura elíptica (6 x 2 x 0,5 m), com pás horizontais que movimentavam a massa líquida, promovendo a aeração do sistema e estimulando o desenvolvimento de algas e microorganismos aeróbios. Estes microorganismos podem promover a remoção de M. O. por oxidação, utilizando o oxigênio produzido pelas algas. Simultaneamente, as algas podem remover os nutrientes, utilizando o nitrogênio e o fósforo para o seu desenvolvimento. A oxigenação pode promover a alcalinização do meio e a volatilização do nitrogênio na forma de amônio.

A eficiência do processo variou com o a temperatura ambiente, atingindo aproximadamente 80% de remoção de DQO, sólidos totais e nitrogênio em apenas 15 dias no verão e em 20 dias no inverno. Como o efluente possui uma grande quantidade de algas, é necessário que haja mais uma etapa do tratamento para a remoção destes. O trabalho avaliou a utilização de lagoas de filtração, utilizando peixes herbívoros (carpas chinesas).

➡ Principais vantagens:

- Diminuição da concentração de nitrogênio;
- Rapidez no processo;
- Simplicidade operacional;
- Ausência de emissão de odor;
- Efluente apto para descarte no ambiente.

➡ Principais desvantagens:

- Necessidade de fonte de energia elétrica;
- Sistema descontínuo (batelada);
- Como são lagoas rasas, capacidade de tratar pequenos volumes ou ocupar áreas muito extensa.

A avaliação da lagoa de alta taxa incorporada a um sistema de lagoas com fluxo contínuo, otimizando o tempo de permanência e o fluxo ideal, se faz necessária para validar a aplicabilidade do método.

#### - Lagoas de Aguapé

As lagoas de aguapé também são tratamentos de refinamento, ou seja aplica-se ao efluente já tratado que ainda não atingiu os índices desejados. A dissertação de Bavaresco (1996) citado por Cazarré (2001), avaliou este tipo de lagoa em escala piloto, por batelada e em escala real com fluxo contínuo. Foi verificado que com tempo de residência de 10 dias, obtêm-se redução de 50% da DBO, DQO, nitrogênio e fósforo, mesmo com elevadas cargas superficiais aplicadas de nitrogênio (110 kg/ha/dia).

##### ► Principais Vantagens:

- Eficiente remoção de nutrientes;
- Custo relativamente baixo.

##### ► Principais Desvantagens:

- Necessidade de remoção periódica das plantas;
- Geração de grande quantidade de resíduo (aguapé).

#### - Lagoa de Aeração:

No trabalho de Alves (1998) citado por Cazarré (2001), foi avaliada a desodorização de dejetos suíno através de diferentes taxas de aeração em tempos variados. Os experimentos foram realizados em escala piloto, em reatores de 400 ml com vazões que variaram de 20 a 60 L/h, sendo que os melhores resultados foram obtidos para vazão de 30 l/h. As lagoas de aeração necessitam de bombas para o seu funcionamento, além disso, pode ocorrer o arraste de amônia e outros compostos tóxicos para a atmosfera.

#### 2.4) Compostagem

A decomposição da matéria pode ocorrer na presença e na ausência de oxigênio. Na decomposição aeróbia, os produtos finais são gás carbônico e água, sendo que durante o processo, ocorre o desprendimento de calor (70 a 80<sup>o</sup> C). Por outro lado, na decomposição anaeróbia, ocorre a formação de gás carbônico, metano, ácido sulfídrico e aminas incompletas, sendo estes últimos, compostos que geram mal odor.



**Fig. 3** - Construção para compostagem de dejetos.

Além da ausência de mau odor, a decomposição aeróbia elimina praticamente todos os microorganismos patogênicos e impede o desenvolvimento de moscas, devido ao aumento da temperatura no meio.

A compostagem, portanto, é o processo de degradação aeróbia de resíduos sólidos. Para que o processo ocorra com eficiência, muitos parâmetros devem ser observados, como a umidade, o pH, aeração, nutrientes e tipos de compostos orgânicos presentes (Peixoto, 1988). O objetivo da compostagem é que o resíduo final atinja um estado tal, que possa ser manuseado, transportado, estocado e/ou aplicado no solo sem afetar adversamente o meio ambiente (Colueke, 1991).

Segundo Taiganides (1977), a faixa de umidade ideal para o máximo de decomposição está entre 40 a 60 %, portanto para que o dejetos suíno esteja apto a este tratamento, frequentemente é necessário que o mesmo passe por um processo de desidratação. Além disso, durante a compostagem o material deve ser disposto e manejado de forma a se garantir a aeração do material para que o processo aeróbio prevaleça. A relação C/N recomendada situa-se entre 30 e 50, pois em valores inferiores a 30 pode ocorrer amonificação e perdas significativas de nitrogênio e em valores superiores a 50 pode ocorrer retardamento do processo.

#### 2.4.1) Sistema de Cama Sobreposta

O processo consiste na colocação de um leito de cama de maravalha com 0,5 m de altura sobre o piso nas baias, com capacidade de absorver a produção de dejetos de quatro lotes de suínos (cerca de um ano de produção). Durante este período, podem ocorrer processos de degradação na própria baia, para tanto, a maravalha deve ser revolvida semanalmente para garantir a uniformidade da degradação e a aeração do meio.



**Fig. 4 -** Animais em cama sobreposta recém colocada.

O sistema de cama sobreposta reduz o volume de líquidos dos dejetos, diminui a emissão de amônia, de maus odores no ambiente e o bem estar dos animais (Oliveira, et al., 2001).

O trabalho realizado por Goulart (1997), verificou que apesar da degradação ocorrer nas camas durante a sua utilização, ainda é necessário que o material seja submetido a compostagem para garantir sua completa estabilização. A absorção da urina pela maravalha retém os nutrientes no composto, sobretudo o nitrogênio.

Além da maravalha, estudos comprovaram que outros materiais podem ser utilizados nos leitões, desde que possuam boa capacidade de absorção dos dejetos e permitam a aeração eficiente (Corrêa, 1998). Assim sendo, o método permite o uso do material mais disponível na propriedade, como a palha de arroz, por exemplo. Embora o desempenho, em alguns casos, não seja tão bom, esta flexibilidade permite viabilizar a técnica para diferentes regiões.

- ➔ As principais vantagens do sistema sobre cama:
  - Resíduos em fase sólida, facilitando a manipulação e o transporte;
  - Retenção dos nutrientes;
  - Maior conforto para os animais (Oliveira & Robin, 2000);
  - Ausência de mau odor e proliferação de insetos;
  - Produto final (fertilizante) de melhor qualidade física, nutricional e sanitária.
  
- ➔ A desvantagem do método são:
  - Área disponível para realizar a compostagem, preferencialmente impermeabilizada e ventilada;
  - Monitoramento regular de temperatura, umidade e aeração para garantir o bom andamento da decomposição;
  - Disponibilidade de áreas para aplicar o composto ou organizar sistemas para transportar, comercializar e/ou distribuir o fertilizante gerado;

No caso de se criar sistemas para a introdução do fertilizante resultante da compostagem no mercado, é necessário a organização de cooperativas para se ter um controle da qualidade e garantir a uniformidade do produto final.

A criação destas cooperativas poderia suprimir as desvantagens citadas acima, uma vez que o material das camas poderia ser facilmente transportados (material sólido) das propriedades para unidades centrais de compostagem na cooperativa e distribuídas ou negociadas.

## DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Como em todos os tratamentos de matrizes ambientais extremamente complexas, todas as evidências apontam para a utilização de tecnologias combinadas para a obtenção dos melhores resultados. A utilização de processos físicos, seguidos por biológicos anaeróbicos intercalados com aeróbicos resultam em reduções significativas do poder poluente dos dejetos. Ainda podem ser introduzidas etapas de “polimento” no tratamento como a fitorremediação (lagoas de algas e/ou aguapés) e a aeração.

Diversos trabalhos realizados pela cooperação da Embrapa Suínos e Aves com a UFSC, avaliaram o sistema de tratamentos por lagoas, estudando parâmetros como tempo de retenção e dimensionamento para otimizar o sistema. Embora, tenham sido obtidas reduções superiores a 90% das cargas poluidoras, não foram atingidos os índices recomendados pela Legislação Ambiental de Santa Catarina em decorrência da concentração inicial extremamente alta. Em reconhecimento aos altos custos e a grande dificuldade de obter os índices recomendados, a própria legislação abre uma concessão na qual admite o aporte de efluentes de tratamento de águas residuárias cuja redução seja superior a 80% da DBO.

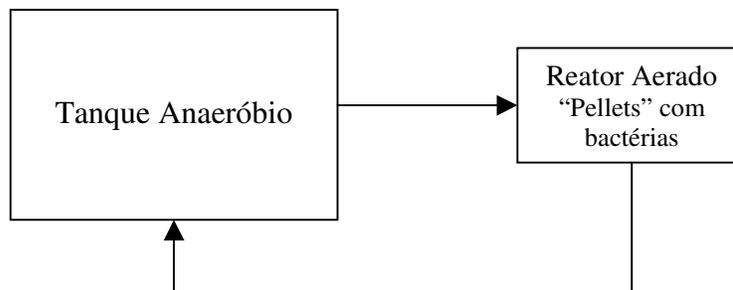
A redução de 80% imposta pela lei é um valor muito relativo, pois muitos destes efluentes ainda podem representar grave ameaça ao meio ambiente e a saúde pública. Assim sendo, embora os sistemas de lagoas já atinjam a redução necessária para cumprir a lei, é de grande interesse o estudo de alternativas de refinamento do tratamento para que os efluente dos sistemas de lagoas atinjam ou se aproximem dos Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos.

Os tratamentos terciários mais estudados são lagoas de aeração, maturação, alta taxa, aguapés e peixes.

Algumas novas tecnologias que poderiam ser avaliadas como parte do sistema de lagoas seriam:

- Aplicação de cal ao efluente das lagoas, pois o mesmo poderia incrementar a remoção de nitrogênio e fósforo pelo desprendimento de amônia e precipitação de fosfato, sem causar maiores danos, visto que o cálcio é um elemento que faz parte dos processos químicos de águas naturais;

- Adição de agentes floculantes, como polímeros orgânicos (PAM) para aumentar a taxa de decantação da matéria orgânica e dos nutrientes, seguido por passagem através de filtros de areias com ou sem prensas (Vanotti & Hunt, 2001);
- Utilização de bactérias nitrificantes imobilizadas em polímeros que são colocados em tanques reatores aerados, o efluente é recirculando para sofrer desnitrificação em tanque anaeróbio pré-nitrificante (Sistema Biogreen®);



A adição de mais etapas nos sistemas de tratamentos, não somente encarece os custos como também aumenta ainda mais o tempo de residência dos resíduos nas unidades de tratamentos. Objetivando-se acelerar os processos, muitos estudos têm sido realizados com catalisadores biológicos, estes catalisadores podem conter um “pool” de bactérias especializadas na degradação de determinados compostos, enzimas, nutrientes, entre outros componentes.

Existem no mercado, catalisadores biológicos específicos para as degradação das mais diversas matrizes, tais como petróleo, dejetos ou pesticidas. Recentemente, a Embrapa Suínos e Aves, tem procurado avaliar alguns destes catalisadores biológicos, tanto os comerciais aplicados em lagoas anaeróbias (Cazarré & Perdomo, 2000) como também, vem procurando firmar parcerias para avaliar catalisadores desenvolvidos em instituições de pesquisa para acelerar a compostagem (Universidade de Uberaba).

A minimização da fração líquida é interessante, visto que o tratamento aeróbio (umidade de cerca de 60%) resulta em composto de melhor qualidade e com menor potencial poluente que o resultante de fermentação anaeróbia (lodo de lagoa e esterqueira). Assim sendo, a criação de animais sobre cama sobreposta é uma alternativa que possibilita a geração exclusiva de resíduos sólidos.

Outra vertente de estudos promissores é a avaliação de tratamentos em reatores, pois os sistemas fechados permitem a utilização de reagentes mais “agressivos”, como os processos oxidativos avançados (POAs), ou estudos com microorganismos modificados. O sistema permite maior controle das condições reacionais e não representa riscos ao meio ambiente. Os sistemas fechados permitem que a emissão de odores seja controlada pelo tratamento ou filtragem dos gases emitidos bem como possibilita maior facilidade no estudo da composição e quantidade destes gases.

Embora os custos de sistemas fechados possam parecer mais altos, inviabilizando-os para os pequenos produtores, sistemas compactos ocupam menor área que lagoas e algumas tecnologias aplicáveis somente em sistemas fechados têm potencial de reduzir drasticamente o tempo de tratamento. Portanto uma análise de custos se faz necessária para avaliar a viabilidade destes sistemas. Entretanto, em uma primeira fase, a instalação de um sistema em escala piloto possibilitaria a agilização nos estudos de avaliação de novas tecnologias que, uma vez constatadas como seguras (com análise de entrada e saída) poderiam ser implementadas em sistemas abertos, com maior segurança.

A análise de outros contaminantes como pesticidas, antibióticos e hormônios poderia complementar os estudos até então realizados e dar a real dimensão dos riscos do aporte indiscriminado de dejetos no ambiente. Evidentemente, estes estudos necessitam de mais tempo para serem implementados, mas são imprescindíveis diante das pressões internacionais e da implementação de legislações cada vez mais rigorosas.

Ainda este ano, irá se iniciar o estudo de patógenos presentes nos dejetos em dissertação a ser desenvolvida pela parceria Embrapa Suínos e Aves e UFSC.

É praticamente impossível se desvincular o processo de tratamento dejetos com todo o sistema de produção, pois as características do resíduo gerado será dependente de como ocorre o manejo da criação (redução de água de lavagem, utilização de bebedouros adequados, balanço de nutrientes na alimentação, administração de enzimas que favoreçam a digestão de alimentos entre outros). Estes fatores podem contribuir definitivamente para a qualidade e a quantidade de dejetos gerados, determinando a maior ou menor complexidade do tratamento. Assim sendo, outra vertente de pesquisa bastante promissora é a otimização do sistema de produção de forma global em substituição à busca de tecnologias de tratamento cada vez mais sofisticadas e caras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, E. F. C. Desodorização de dejetos suínos através de aeração. Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.

BAVARESCO, A. Tratamentos terciários de dejetos de suínos em lagoas de aguapé. Universidade Federal de Santa Catarina. 1996.

CAZARRÉ, M. M.; PERDOMO, C. C. Utilização de bactérias comerciais para redução do poder poluente dos efluentes de suinocultura. CONGRESO MERCOSUR DE PRODUCCIÓN PORCINA, 3., 2000, Buenos Aires. **Trabajos Científicos**. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires, 2000. p.ETE1.

COLUEKE, C. G. Principles of composting. In: Biocycle guide to the art & science of composting. Emmaus: J.G.Press, 1997. p.14-37.

CORRÊA, E. K. Avaliação de diferentes tipos de camas na criação de suínos em crescimento e terminação. Universidade Federal de Pelotas. 1998.

DALAVÉQUIA, M. A. Avaliação de lagoas de estabilização para tratamento de dejetos de suínos. Universidade Federal de Santa Catarina. 2000.

GIROTTO, A. F. Análise da viabilidade econômica de diferentes tipos e tamanhos de biodigestores em uso na microrregião do alto uruguaí catarinense, a nível de propriedade rural. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1989.

GOSMANN, H. A. Estudos comparativos com bioesterqueira e esterqueira para armazenamento e valorização dos dejetos de suínos. Universidade Federal de Santa Catarina. 1997.

GOULART, R. M. Processo de compostagem: alternativa complementar para tratamento de camas biológicas de dejetos de suínos. Universidade Federal de Santa Catarina. 1997.

KONZEN, E. A. Avaliação quantitativa e qualitativa dos dejetos de suínos em crescimento e terminação, manejados em forma líquida. Escola de Veterinária – Universidade Federal de Minas Gerais. 1980.

LINDNER, E.A. Diagnóstico da suinocultura e avicultura em Santa Catarina. Florianópolis: FIESC-IEL, 1999.

MEDRI, W. **Modelagem e otimização de sistemas de lagoas de estabilização para tratamento de dejetos suínos**. 1997. 206f. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) -Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MERKEL, J.A. Managing livestock wastes. Westport, Connecticut: Avi Publishing Company Inc., 1981. p.162-185. 420p.

MIDDLEBROOKS, E. J. Design equations for bod removal in facultative ponds. **Water Science Technology**, v.19, n.12, p.187-193, 1987.

OLIVEIRA, P.A.V. de, coord. Manual de manejo e utilização dos dejetos suínos. Concórdia: CNPSA-EMBRAPA, 1993. 188p. (Documento n° 27).

OLIVEIRA, P.A.V. de; MEUNIER-SALAUN, M.C.; ROBIN, P. Comportamento de suínos em crescimento e terminação em cama sobreposta de maravalha comparada ao piso ripado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINARIOS ESPECIALISTAS EM SUINOS, 10., 2001, Porto Alegre, RS. **Anais**. Concórdia : Embrapa Suinos e Aves, 2001. v.2, p.345-346.

OLIVEIRA, P.A.V. de; ROBIN, P. Produção de calor em sistemas de criação de suínos em cama de maravalha. In: CONGRESSO MERCOSUL DE PRODUÇÃO SUINA, 2000, Buenos Aires, Argentina. **Memoria**. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires, 2000. p.SP8.

PERDOMO, C. C. Alternativas para o manejo e tratamento de dejetos suínos. **Suinocultura Industrial**, v.23, n.152, p.16-26, 2001.

RODRIGUES, J. B. R. Eficiência do crescimento da microalga *Chlorella minutissima* e sua aplicação em resíduos de suinocultura – valorização e tratamento. Universidade Federal de São Carlos. 2000.

SANTA CATARINA. Legislação Ambiental – Decreto n° 14.250, de 05 de junho de 1981.

SCHMITT, D. R. Avaliação técnica e econômica da distribuição de esterco líquido de suínos. Universidade Federal de Santa Maria. 1995.

SILVA, F.C.M. Tratamento dos dejetos suínos utilizando lagoa de alta taxa de degradação em batelada. Florianópolis, 1996. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina.

SILVA, P. R. da. **Lagoas de estabilização para tratamento de resíduos de suínos**. 1973. 76f. Dissertação (Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia, Universidade de São Carlos, São Carlos.

TAIGANIDES, E.P. Composting of feedlot wastes. In: Animal Wastes, Essex, England: Applied Science, 1977. P. 241-252.

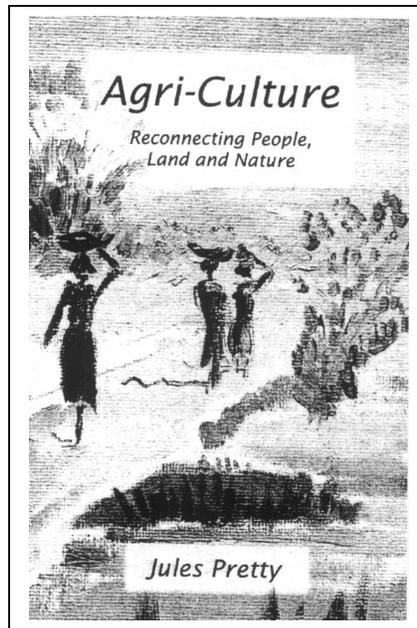
TUMELERO, I. V. Avaliação de materiais para o sistema de criação de suínos sobre cama. Universidade Federal de Santa Catarina. 1998.

VANOTTI, M. B. e HUNT, P. G. Depuración, gestión sostenible y revalorización de purines: problemas y soluciones en EEUU. Monográfico de Porci, 2001.

VEIGA, S. N. da. Desenvolvimento de um protótipo de um separador de sólidos de dejetos animais, destinado a pequena propriedade rural. Universidade Federal de Santa Catarina. 1999.

# AGRI-CULTURE: RECONNECTING PEOPLE, LAND AND NATURE

**Jules Pretty**  
University of Essex



Something is wrong with our agricultural and food systems. Despite great progress in increasing productivity in the last century, hundreds of millions of people remain hungry and malnourished. Further hundreds of millions eat too much, or the wrong sorts of food, and it is making them ill. The health of the environment suffers too, as degradation seems to accompany many of the agricultural systems we have evolved in recent years. Can nothing be done, or is it time for the expansion of another sort of agriculture, founded more on ecological principles, and in harmony with people, their societies and cultures? This is not a new idea, as many have struggled in the past to come up with both sustainable and productive farm systems, and have had some success. What is novel, though, is that these are now beginning to spread to many new places, and are reaching a scale large enough to make a difference to the lives of millions of people.

My intention in writing this book is to help to popularise this complex and rather hidden area of human endeavour. I live and work in the picturesque landscape of the Suffolk and Essex borders of eastern England, a region of small fields, ancient hedgerows, lazy rivers and Tudor wool towns. I spent my early years growing up amongst the sands and savannahs of the Sahara's southern edge, landscapes dotted with baobab and acacia, and teeming with wildlife. In my time, I have had the fortune to meet and work with inspiring people in many communities in both developing and industrialised countries. Most have been swimming against a prevailing tide of opinion, often exposing themselves to ridicule or even opprobrium. In writing this book, I want to tell some of their stories, about how individuals and groups have chosen routes to transformation, and how they have succeeded in changing both communities and landscapes.

I also want to present evidence to support the contention that industrialised agricultural systems as currently configured are flawed, despite their great progress in increasing food productivity, and that alternative systems can be efficient and equitable. My intention is to bring these ideas to a wider audience, as food matters to us all. As consumers, we buy it every week, even every day, and the choices we make send strong signals about the systems of agricultural production we prefer. We may not realise these messages are being sent, but they are. Our daily consumption of food fundamentally affects the landscapes, communities and environments from which it originates.

In the earliest surviving texts on European farming, agriculture was interpreted as two connected things, *agri* and *cultura*, and food seen as a vital part of the cultures and communities that produced it. Today, however, our experience with industrial farming dominates, with food now

seen simply as a commodity, and farming often organised along factory lines. The questions I would like to ask are these. Can we put the culture back into agri-culture without compromising the need to produce enough food? Can we create sustainable systems of farming that are efficient and fair and founded on a detailed understanding of the benefits of agroecology and people's capacity to cooperate?

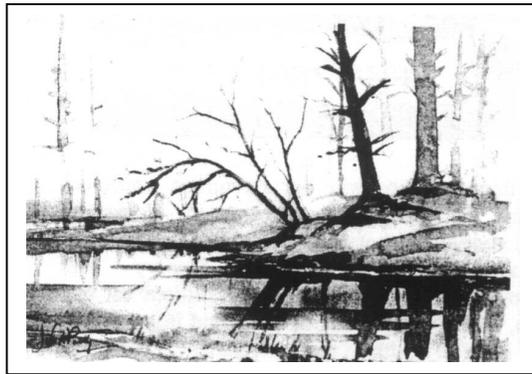
As we advance into the early years of the twenty-first century, it seems to me that we have some critical choices. Humans have been farming for some six hundred generations, and for most of that time the production and consumption of food has been intimately connected to cultural and social systems. Foods have a special significance and meaning, as do the fields, grasslands, forests, rivers and seas. Yet over just the last two or three generations, we have developed hugely successful agricultural systems based on industrial principles. They certainly produce more food per hectare and per worker than ever before, but only look so efficient if we ignore the harmful side-effects - the loss of soils, the damage to biodiversity, the pollution of water, the harm to human health.



Over these twelve thousand years of agriculture, there have been long periods of stability, punctuated by short bursts of rapid change. These resulted in fundamental shifts in the way people thought and acted. I believe we are another such junction. A sustainable agriculture making the best of nature and people's knowledges and collective capacities has been showing increasingly good promise. But it has been a quiet revolution because many accord it little credence. It is also silent because those in the vanguard are often the poorest and marginalized, whose voices are rarely heard in the grand scheme of things. No one can exactly say where this revolution could lead us. Neither do we know whether sustainable models of production would be appropriate for all farmers worldwide. But what I do know is that the principles do apply widely. Once these come to be accepted, then it will be the ingenuity of local people that shapes these new methods of producing food to their own particular circumstances.

We know that most transitions involve trade-offs. A gain in one area is accompanied by a loss elsewhere. A road built to increased access to markets helps remote communities, but also allows illegal loggers to remove valuable trees more easily. A farm that eschews the use of pesticides benefits biodiversity, but may produce less food. New agroecological methods may mean more labour is required, putting an additional burden on women. But these trade-offs need not always be serious. If we listen carefully, and observe the improvements already being made by communities across the world, we find that it is possible to produce more food whilst protecting and improving nature. It is possible to have diversity in both human and natural systems without undermining economic efficiency.

This book draws on many stories of successful transformation. Sadly, I cannot do them full justice, and so they are inevitably partial. Nor is there the space to provide a careful consideration of all possible drawbacks or contradictions. I do not want to give the impression that just because some communities and societies are designated as 'traditional' or 'indigenous' they are always somehow virtuous, both in the relations with nature and with each other. The actions of some communities have led to ecological destruction. The norms of others have seen socially-divisive and inequitable relations persist for centuries. Nonetheless, my intention here is to show what is possible, on the ecological and social fronts, and not necessarily to imply that each and every case is perfect. This is also not a book where you will find substantial evidence and analysis. There are no tables or figures in the main text, though the endnotes do contain much primary data. I am convinced, though, that the stories are based on sound methods and trustworthy evidence, and that they represent a significance beyond the specificities of their own circumstances.



I anticipate criticism from those who disbelieve that such progress can be made with agroecological approaches. I also do not want to reject all recent achievements in agriculture by presenting a doctrinaire alternative. Real progress can only come from a synthesis of the best of the past, eliminating practices that cause damage to environments and human health, and using the best of knowledges and technologies available to us today.

This sustainable agriculture revolution is now helping to bring forth a new world. But it is not likely to happen easily. Many agricultural policies are unhelpful. Many institutions do not listen to the voices of local people, particularly if they are poor or remote. Many companies still think that maximising profit at a cost to the environment represents responsible behaviour. But changing national or local policies in only one step. Governments may wish for certain things, but having the political will does not necessarily guarantee a desired outcome. Structural distortions in economies, self-interest, unequal trading relations, corruption, debt-burdens, profit-maximisation, environmental degradation, and war and conflict all reduce the likelihood of achieving the systemic change required to nurture this emerging revolution.

But we must not let these deep problems stop us trying. Things change when enough people want them to. The time is surely right to speak loudly and, with a collective will, seek any innovations that will help overcome these problems. I aim to take you on a short journey through some of the communities and farms of both developing and industrialised countries where progress is being made. I hope you will agree that these stories of success deserve careful consideration and some celebration.

In Chapter 1 of this book (**Landscapes Lost and Found**), I set the scene by showing that landscapes, and their attendant agricultural and food systems, are a common heritage to us all. In the pursuit of improved agricultural productivity, we have, though, allowed ourselves to become disconnected from nature, and so tend not to notice when it is damaged or taken away. For all our human history, we have been shaped by nature whilst shaping it in return. But in our industrial age, we are losing the stories, memories and language about land and nature. These disconnections matter, for the way we think about nature and wildernesses fundamentally affects what we do in our agricultural and food systems.

Chapter 2 (**monoscape**) focuses on the darker side of the landscape, showing how the poor and powerless are commonly excluded from the very resources on which they rely for their livelihoods. Modern dispossessions have extended such actions both in the name of economic growth, and in the name of nature conservation. Strictly protected areas designed to protect biodiversity simply disconnect us once again from the nature we value and need. At the same time, modern agriculture has created monoscapes to enhance efficiency, and the poorest have lost out again. Repossession and regeneration of diverse and culturally-important landscapes is an urgent task.

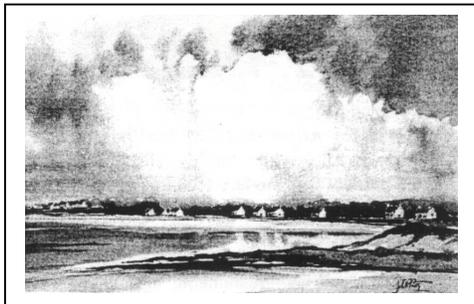
Chapter 3 (**Reality Cheques**) takes a deliberately narrow economic perspective on the real costs and benefits of agricultural systems. The real price of food should incorporate the substantial externalities, or negative side-effects, that must be paid for in the harm to environments and human health. Food appears cheap because these costs are hard to identify and measure. Allocating monetary values to nature's goods and services is only one part of the picture, but it does tell us something of the comparative value of sustainable and non-sustainable systems, as well as indicate the kind of directions national policies should be taking. To date, the fine words of governments have only very rarely been translated into coherent and effective policies to support sustainable systems of food production.



Chapter 4 (**Food for All**) shows how food poverty can be eliminated with more sustainable agriculture. We know that modern technologies and fossil-fuel derived inputs can increase agricultural productivity - but anything that costs money inevitably puts it out of the reach of the poorest households and countries. Sustainable agriculture seeks to make the best use of nature's goods and services, of the knowledge and skills of farmers, and of people's collective capacity to work together to solve common management problems. Such systems are improving soil health, increasing water efficiency and reducing dependency on pesticides. When put together, the emergent systems are both diverse and productive. There are, of course, many threats, which may come to undermine much of the remarkable progress.

Chapter 5 - (**Only Reconnect**) focuses on the need to reconnect whole food systems. Industrialised countries have celebrated their agricultural systems' production of only commodities, yet family farms have disappeared as rapidly as the rural biodiversity. At the same time, farmers themselves have received a progressively smaller proportion of what consumers spend on food. Putting sustainable systems of production in touch with consumers within bioregions of foodsheds offers opportunities to recreate some of the connections. Farmers' markets, community-supported agriculture, box schemes, and farmers groups are all helping to point to what is possible. None of these alone will provoke systemic change, though regional policies and movements are helping to create the right conditions.

Chapter 6 (**The Genetics Controversy**) addresses the genetic controversy. It is impossible to write of agricultural transformation without also assessing biotechnology and genetic modification. Who produces agricultural technologies, how they can be made available to the poor, and whether they will have adverse environmental effects, are all important questions we should ask of the many different types of genetic modification and different generations of application. The answers will tell us whether these new ideas can make a difference. We must, therefore, treat biotechnologies on a case-by-case basis, carefully assessing the potential benefits as well as the environmental and health risks. It is likely that biotechnology will make some contributions to the sustainability of agricultural systems, but developing the research systems, institutions and policies to make them pro-poor will be much more difficult.



Chapter 7 (**Ecological Literacy**) centres on the need to develop social learning systems to increase ecological literacy. Our knowledges of nature and the land usually accrue slowly over time, and cannot easily be transferred. If an agriculture dependent on detailed ecological understanding is to emerge, then social learning and participatory systems are a necessary prerequisite. These develop relations of trust, reciprocal mechanisms, common rules and norms, and new forms of connectedness institutionalised in social groups. New commons are now being

created for the collective management of watersheds, water, microfinance, forests and pests. These collective systems, involving the emergence of some four hundred thousand groups over just a decade, can also provoke significant personal changes - no advance towards sustainability can occur without us crossing the internal frontiers too.

Chapter 8 (**Crossing the Internal Frontiers**) focuses on a select number of cases and individuals who have crossed the internal frontiers and then caused large-scale external transformations. Our old thinking has failed the rest of nature, and is in danger of failing us again. Could we help to make a difference if we changed the way we think and act? Can we, as Aldo Leopold suggested, think like the mountain and the wolf? Heroic change is possible, yet we also need to expand from the parochiality of these cases. Everyone is in favour of sustainability, yet few seriously go beyond the fine words, There really is no alternative to the radical reform of national agricultural, rural and food policies and institutions. The need is urgent, and this is not the time to hesitate. The time has come for this next agricultural revolution.

# MICOBACTERIOSE SUÍNA CAUSADA POR AGENTES DO COMPLEXO *Mycobacterium avium* (MAC)

**Virgínia Santiago Silva**

*Méd. Vet., M.Sc.,*

*Epidemiologia - Embrapa Suínos e Aves*

*e-mail: vica@cnpsa.embrapa.br*

O material ora apresentado é o resumo de uma revisão de literatura e de resultados de pesquisa referentes ao projeto “**Micobacterioses dos suínos na região sul do Brasil**”, desenvolvidos pela Embrapa Suínos e Aves em parceria com AINCADESC, USP e SIF-MAPA.

## **Etiologia:**

Os suínos são susceptíveis a várias espécies de micobactérias, sendo que as mais importantes são:

- *Mycobacterium bovis* – agente etiológico da tuberculose clássica (zoonose), geralmente causa infecções mais severas, com maior poder de disseminação.
- Complexo *Mycobacterium avium* (MAC) – É o mais freqüente agente etiológico das infecções micobacterianas em suínos. Causa uma linfadenite granulomatosa acometendo os linfonodos do trato digestivos, principalmente os cefálicos e mesentéricos.
- *Mycobacterium tuberculosis* – infecção mais rara em suínos (enfermidade ocupacional).

## **Características do agente:**

- MAC – são bacilos álcool-ácido resistentes;
- Crescimento lento (até 8 semanas a 37°C);
- Grupo III – Classificação de Runyon;
- Mais de 30 sorotipos identificados;
- Amplamente distribuídos na natureza;

## **Características da doença:**

- Doença crônica - Pode levar de 2 a 4 meses desde a infecção até o aparecimento de lesões macroscópicas;
- A infecção ocorre por via oral;
- Não apresenta sintomas clínicos;
- Suíno infectado elimina MAC nas fezes;
- A infecção causa lesões granulomatosas nos linfonodos digestivos, principalmente os cefálicos e mesentéricos;
- A forma generalizada da doença é rara;
- Diagnosticada ao abate pelo Serviço de Inspeção de Carnes devido a ausência de sintomatologia;
- Possui “potencial zoonótico” – Os agentes do Complexo *Mycobacterium avium* que acometem suínos são os mesmos que acometem o homem, entretanto o suíno não foi identificado como fonte de infecção para o homem, tanto pelo contato quanto pelo consumo de carne suína. Acredita-se que tanto o homem quanto o suíno possam se infectar de fontes comuns;
- A distribuição da doença é mundial;
- Causa prejuízos econômicos em função do destino dados às carcaças de suínos com lesões granulomatosas.

**Diagnóstico:**

- Teste alérgico - Tuberculina – Prova comparada com PPD aviário e PPD bovino. Este é o único teste diagnóstico disponível para aplicação a campo.
- Bacteriológico – O isolamento de MAC em cultivo pode levar até 60 dias e a caracterização bioquímica também é bastante lenta.
- Histopatologia - Coloração de Eosina e Hematoxilina
- Imunoperoxidase (Morés *et al.*, 1999).
- Tipificação molecular – PCR e RFLP

**Dinâmica da infecção:**

Considerando algumas lacunas existentes na literatura quanto a patogenia da infecção causada por MAC em suínos, e havendo a necessidade de se conhecer o caminho percorrido pelo agente nas carcaças afim de identificar o potencial risco à saúde do consumidor, foi realizado o seguinte estudo:

Foram estudadas trinta e três carcaças com lesões granulomatosas em pelo menos um linfonodo, detectadas pelo Serviço de Inspeção Federal. Destas, foram colhidos fragmentos dos seguintes órgãos: linfonodos parotídeos, mandibulares, mediastínicos, mesentéricos, gástricos, hepáticos e inguinais ou retromamários, os quais foram submetidos a exames histopatológicos e bacteriológicos. A Tabela 1 apresenta os resultados de vinte e duas carcaças das quais houve isolamento de MAC em pelo menos um linfonodo. Nestas, observa-se que houve isolamento a partir de linfonodos que não apresentavam lesões macroscópicas ao abate, porém em todos os casos o agente ficou restrito aos linfonodos digestivos.

Uma avaliação semelhante foi realizada com oito suínos desafiados experimentalmente com duas amostras distintas de MAC. A Tabela 2 apresenta resultados de exames histopatológicos e bacteriológicos de órgãos desses suínos.

**Tabela 1** - Frequência de lesões granulomatosas macroscópicas, microscópicas e de isolamento de MAC nos diferentes linfonodos de 22 carcaças com bacteriologia positiva para MAC em pelo menos um linfonodo.

Linfonodos Pesquisados	Exames realizados					
	Macroscópico		Isolamento		Histopatologia	
	positivo	negativo	positivo	negativo	positivo	negativo
Parotídeos	0	22	2	20	0	22
Mandibulares	4	18	7	15	3	19
Mediastínicos	0	22	2	20	0	22
Gástricos	0	22	5	17	1	20
Mesentéricos	18	4	18	4	17	5
Hepáticos	0	22	5	16	1	21
<b>Inguinais ou retromamários</b>	0	22	0	22	0	22

\*1 linfonodo hepático não foi colhido para exame microbiológico e 1 linfonodo gástrico não foi colhido para exame histopatológico.

Obs: 1 suíno apresentou lesões nos linfonodos mandibulares e mediastínicos e 1 suíno não apresentou lesões macro e micro.

**Tabela 2** - Diagnóstico de linfadenite com quatro métodos diferentes, em oito suínos inoculados com duas cepas de campo de MAC .

Tecido	Necropsia		Histopatologia		ZN		Bacteriologia	
	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 1	Cepa 2
L. parotídeo	3/4	1/4	3/4	0/4	3/4	0/4	1/4	1/4
L. mandibular	2/4	0/4	1/4	1/4	0/4	0/4	1/4	2/4
Amígdala	0/4	0/4	2/4	2/4	0/4	0/4	2/4	0/4
L. mediastínico	1/4	1/4	0/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4
L. mesentérico	3/4	0/4	3/4	1/4	3/4	1/4	0/4	1/4
L. hepático	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4
L. inguinal	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4
Intestino	0/4	0/4	2/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4
Fígado	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4

Número de exames positivos/ total de exames realizados

cepa 1 – isolada de suínos abatidos em Santa Catarina.

cepa 2 - isolada de suínos abatidos em São Paulo.

A bacteriologia negativa para MAC nos linfonodos inguinais mostra que o agente não se disseminou para a área de drenagem do membro posterior dos animais, não comprometendo a musculatura da região. Estes achados estão em conformidade com os obtidos por Balian *et al.* (1997), que estudou a presença de micobactérias em diversos órgãos de suínos com lesões de linfadenite granulomatosa, identificando ausência desses microorganismos em tecido muscular.

O isolamento de MAC a partir dos linfonodos mediastínicos também não caracteriza, necessariamente, a disseminação da infecção para o sistema respiratório, pois este linfonodo drena tanto segmentos do trato respiratório quanto uma porção torácica do esôfago. (Saar & Getty, 1981)

### Transmissão horizontal

A transmissão de micobactérias de um suíno para outro é ainda muito controversa na literatura. Enquanto Acha & Szyfres (1989), Windsor *et al.*, (1984) e Haugegaard *et al.* (1992), concluíram não haver transmissão horizontal de MAC entre suínos, Jorgensen (1978), Ellsworth *et al.*, (1980) e Acland & Whitlock (1984) observaram que a transmissão horizontal pode ocorrer, variando em severidade de acordo com a cepa de MAC envolvida. Devido a necessidade de esclarecer as questões relativas à transmissão através do contato e a variação de virulência entre as cepas de MAC, foi realizado o seguinte experimento:

Foram utilizados 28 suínos e três cepas de MAC, uma isolada de suíno com linfadenite abatido em Santa Catarina, uma isolada de suíno com linfadenite abatido em São Paulo e uma amostra de referência (ATCC 13950), também de origem porcina. Doze suínos foram divididos em 3 grupos de 4, sendo que cada grupo foi desafiado com uma das amostras. Para cada tratamento (4 suínos desafiados com a mesma cepa de MAC) foram colocados mais 4 suínos não inoculados em contato, sendo mantidos na mesma baia por, aproximadamente 140 dias, quando foram abatidos. A avaliação da transmissão foi feita através dos exames de necropsia, histopatologia e bacteriologia; o teste de tuberculina comparado foi aplicado 5 dias antes do abate. O tratamento controle foi um grupo de quatro suínos sem inoculação e sem contato com suínos desafiados. Os resultados estão apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3** - Resultados dos exames de tuberculina, necropsia, histologia (HE e ZN) e bacteriologia dos suínos desafiados por inoculação e em “contato” com 3 amostras de MAC e grupo controle.

Tratamentos	DIAGNÓSTICOS					
	PPD bovino	PPD aviário	Necropsia	Histologia (HE)	Ziehl Neelsen	Bacteriologia
Cepa SP inoculados	3/4	4/4	2/4	3/4	1/4	4/4
Cepa SP “em contato”	0/4	1/4	0/4	0/4	0/4	1/4
Cepa SC inoculados	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4
<b>Cepa SC “em contato”</b>	<b>4/4</b>	<b>4/4</b>	<b>4/4</b>	<b>4/4</b>	<b>3/4</b>	<b>3/4</b>
ATCC13950 inoculados	0/4	0/4	0/4	2/4	0/4	2/4
ATCC13950 “em contato”	0/4	0/4	0/4	2/4	0/4	0/4
Controle	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4

Fonte: Silva *et al.* (1999).

Os resultados mostram que houve transmissão horizontal nos três grupos “em contato” com suínos inoculados com as diferentes amostras de MAC, detectados em pelo menos uma das técnicas de diagnóstico empregadas. Nos suínos “em contato” com os inoculados com a cepa SC a transmissão ocorreu em 100% dos animais, demonstrando que esta amostra foi mais virulenta que as demais.

### Tuberculina

A prova de tuberculina comparada é o único recurso disponível para diagnóstico de micobacteriose a campo. É um teste de triagem, apropriado para identificar rebanhos positivos e fazer o diferencial entre infecções por *M. bovis* e *M. avium*.

Os falso positivos podem ocorrer devido a reações cruzadas com espécies de micobactérias não patogênicas ou com outros gêneros bacterianos como *Streptococcus sp*, *Rhodococcus equi* e *Corynebacterium sp*. Os falso negativos ocorrem em função do tempo de infecção; este é o caso de infecções recentes, poucos dias após o contato com o agente.

Na literatura especializada a aplicação, leitura e interpretação do teste em suínos é bastante confusa, pois os autores divergem quanto aos critérios, principalmente de mensuração e interpretação, tornando-o subjetivo. Morés *et al.* (2002) desenvolveram um experimento para identificar o método mais adequado de aplicação e interpretação do teste comparado para suínos, cujos resultados foram incorporados pela Secretaria de Defesa Agropecuária - MAPA, publicados no Diário Oficial da União nº41, em Instrução Normativa SDA nº 19. A recomendação para diagnóstico de micobacteriose suína é a seguinte:

- Local de aplicação - a aplicação deve ser feita na superfície dorsal da orelha, utilizando PPD aviário em uma orelha e PPD bovino na outra;
- Dose - 0,1ml intradérmico - PPD aviário;
- Dose - 0,1ml intradérmico - PPD bovino;
- Leitura - após 48 horas da aplicação;
- Mensuração - uso de régua milimétrica;
- Interpretação para rebanho - média aritmética das reações superiores a 0,5cm;
- Tuberculose = média das reações ao PPD bovino superior a média das reações ao PPD aviário.
- Linfadenite granulomatosa (MAC) = média das reações ao PPD aviário superior a média das reações ao PPD bovino.

Obs. Todas as reações superiores a 0,5cm para qualquer dos PPDs devem ser incluídas no cálculo das médias.

## Impacto econômico

As linfadenites granulomatosas detectada em matadouros causam prejuízos econômicos tanto para a indústria como para o produtor devido a condenação total ou parcial das carcaças acometidas. A quantificação desse prejuízo é fundamental para auxiliar a tomada de decisão referente à implementação de um programa de controle.

O impacto econômico das linfadenites para a suinocultura do sul do Brasil, referente ao período de 1997 à 1999, foi estimado com base em dados fornecidos pelas agroindústrias. Os resultados estão apresentados abaixo.

O impacto econômico médio decorrente de linfadenite granulomatosa para os produtores de suínos da região sul do Brasil foi de:

- 1,5 milhões de reais em 1997;
- 4,3 milhões de reais em 1998;
- 6,9 milhões de reais em 1999.

Para cada 0,1% de aumento na frequência de condenações de suínos por linfadenite granulomatosa na região sul do Brasil, os produtores de suínos deixaram de ganhar em média:

- 201 mil reais em 1997;
- 531 mil reais em 1998;
- 834 mil reais em 1999.

Os resultados do trabalho mostram que o impacto econômico foi bastante significativo para a suinocultura, justificando a aplicação de programas de controle para a doença (Martins, 2001).

## Sazonalidade

Martins (2001b) realizou o estudo da sazonalidade na ocorrência de linfadenite granulomatosa com base em uma série temporal referente ao período compreendido entre janeiro de 1996 à dezembro de 1999. Os dados utilizados no estudo foram obtidos de 9 abatedouros, com o Serviço de Inspeção Federal, localizados na região sul do Brasil.

Os resultados mostraram que as micobacterioses ocorrem durante todo o ano, porém apresentam comportamento sazonal, com aumento de frequência nas condenações de suínos nos meses de maio a junho, mantendo-se elevada até outubro, quando começam a decrescer.

Considerando-se que: a) as lesões causadas por MAC tornam-se visíveis macroscopicamente somente 3 a 4 meses após a infecção (Jorgensen, 1977; Acland & Whitlock, 1984), e b) que os suínos na região sul são abatidos em média aos 5,1 meses (Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Suínos - ABIPECS, 2001), concluiu-se que o período de maior transmissibilidade inicia-se entre janeiro e março, período caracterizado por temperatura e umidade elevadas. Esta constatação, aliada ao fato das ditas condenações ocorrerem durante todos os meses do ano sugere que bactérias pertencentes ao Complexo *Mycobacterium avium* estão nas criações problema e que, nos períodos mais quentes e úmidos, multiplicam-se neste ambiente, utilizando-se da matéria orgânica disponível (fezes, urina, restos de ração, etc.) aumentando a dose de exposição. O prolongamento na alta ocorrência de linfadenite até o mês de outubro, pode ser explicado pela alta resistência das micobactérias no meio ambiente, ampliada pela tendência de diminuição de temperatura a partir do mês de abril. Ou seja, as micobactérias multiplicam-se no ambiente no verão e são preservadas no período invernal subsequente, mantendo alta a pressão de infecção.

## Fatores de risco em sistema de ciclo completo

Na literatura, alguns fatores de risco associados à ocorrência de micobacterioses foram descritos, porém a maioria dos trabalhos que aborda o assunto refere-se a estudos de caso, nos quais se considera condições particulares de uma ou poucas criações. Desta forma, os fatores de risco identificados se aplicam somente a granjas que possuam as mesmas condições, características semelhantes. Dado que a maioria dos estudos foi realizada em países onde a suinocultura difere das condições encontradas no Brasil, e mais precisamente da suinocultura da região sul, optou-se por desenvolver um estudo autóctone para identificar os fatores de risco associados com linfadenite em nossas condições.

Realizou-se um estudo caso-controle, onde foram incluídas 99 granjas, sendo 33 granjas positivas para linfadenite e 66 granjas negativas, localizadas na região sul do Brasil. Todas as granjas selecionadas foram do tipo ciclo completo. Foram consideradas casos aquelas que apresentaram dois ou mais suínos com lesões de linfadenite granulomatosa no abate, confirmado através de exames histológicos e microbiológicos. Em raio inferior a 5 Km de cada caso foram selecionados dois controles; granjas com histórico de ausência de linfadenite granulomatosa em matadouro, por no mínimo dois anos. Nas 33 granjas “caso” e nas 66 “controle” foi aplicado um questionário elaborado com base em dados de literatura e na realidade local, procurando investigar variáveis que poderiam estar associadas à tais infecções. Ao todo foram contempladas mais de 200 variáveis. Estas foram submetidas a um tratamento estatístico que incluiu uma análise exploratória de todas as variáveis, selecionando-se as que apresentaram  $p < 0,20$  ao teste de  $\chi^2$ . Estas, por sua vez, foram submetidas à análise multivariada (*stepwise forward*), segundo Schlesselman (1982). Os cálculos foram realizados através do programa *SPSS for Windows*, versão 9.0.1. O modelo final da regressão logística é apresentado na Tabela 4.

**Tabela 4** - Modelo final da regressão logística do estudo de fatores de risco para linfadenite granulomatosa em suínos.

Variáveis	casos	controles	OR (IC 95%)
Dimensão do rebanho $\geq 25$ matrizes	15/33	20/66	4,2 (1,2 - 14,5)
Não ter piso ripado ou parcialmente ripado nas instalações de creche	25/32	36/65	3,6 (1,05 - 12,7)
Má qualidade da higiene da creche por ocasião da visita	19/33	27/66	2,9 (0,99 - 8,3)

Fonte: Silva *et al.* (2002).

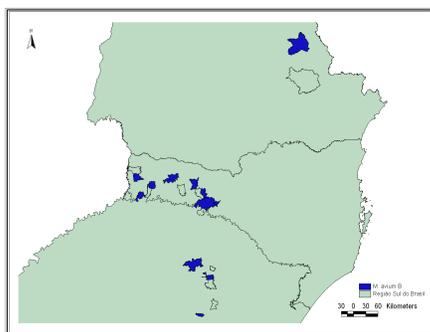
Neste estudo foram identificados três fatores de risco associados à ocorrência de micobacterioses nos suínos, todos direta ou indiretamente relacionados à higiene nas criações. A má qualidade da higiene da creche por ocasião da visita (OR=2,9) caracteriza a deficiência nas práticas de limpeza e desinfecção das granjas nesta fase da criação. Não ter piso ripado ou parcialmente ripado nas instalações de creche (OR=3,6) também está relacionada à higiene, uma vez que o ripado reduz o contato direto com fezes, urina e restos de ração que se acumulam nas baias.

A identificação de dimensão do rebanho  $>$  ou  $= 25$  matrizes como fator de risco (OR=4,2) deve ser interpretada juntamente com as demais, pois em rebanhos maiores as medidas de higiene das instalações são mais trabalhosas, estando mais sujeitas a falhas. Além do que, é impossível intervir sobre essa variável pois a suinocultura está caminhando no sentido contrário, ou seja, estão permanecendo na atividade aqueles produtores que estão investindo no aumento do plantel para ganhar escala.

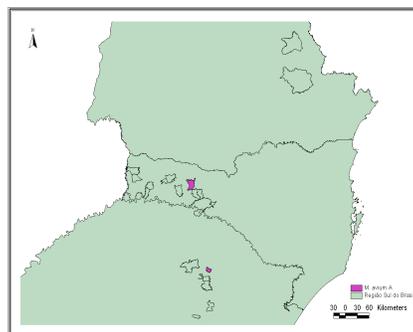
Embora todas as fases da criação de suínos tenham sido estudadas isoladamente, dois fatores de risco identificados dizem respeito à fase de creche, o que pode ser atribuído ao fato de que, segundo Nakamura *et al.* (1984), as lesões por micobactérias tornam-se visíveis para o inspetor de carnes (diâmetro da lesão  $\geq 1$  mm) apenas aproximadamente 3 meses após a infecção. Sabendo-se que os suínos infectados eliminam micobactérias nas fezes e urina, e considerando o tempo necessário desde a infecção até o aparecimento de lesões detectáveis ao abate, conclui-se que os suínos se infectam nas fases iniciais da criação e que práticas de limpeza e desinfecção para controle da doença devem ser direcionadas a essas fases da criação.

### Perfil das amostras de MAC identificadas na região sul do Brasil

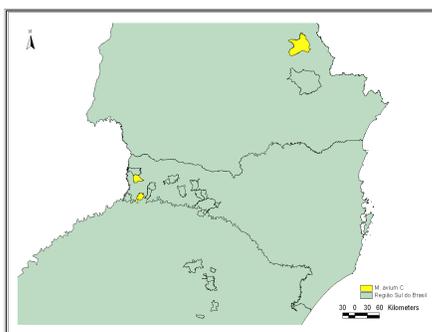
Os exames bacteriológicos dos linfonodos colhidos em vários abatedouros de suínos da região sul, utilizadas para selecionar os “casos” do estudo caso-controle possibilitou a identificação molecular das amostras obtidas. Neste estudo foi possível identificar 4 amostras de MAC prevalentes na suinocultura da região sul e sua distribuição geográfica. O estudo molecular identificando “clusters” foi desenvolvido na Escola Paulista de Medicina (Sircilli *et al.*, 1999), os resultados estão apresentados nas Figs. 1, 2, 3 e 4.



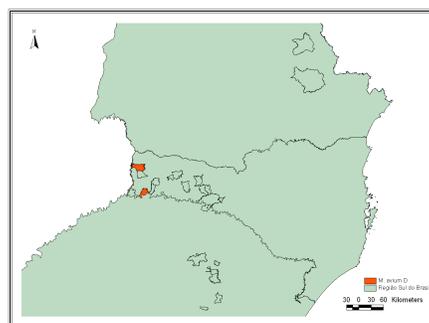
**Fig. 1 - Cepa Pig B – 27 isolados**



**Fig. 2 - Cepa Pig A – 8 isolados**



**Fig. 3 - Cepa Pig C - 6 Isolados**



**Fig. 4 - Cepa Pig D – 6 Isolados**

As Figuras acima mostram claramente a maior prevalência e mais ampla distribuição da cepa Pig B com relação as demais.

### Fatores de risco em sistema de terminação

Considerações iniciais:

- os suínos podem se infectar com micobactérias em qualquer fase da vida,
- os fatores de risco identificados em criações de ciclo completo estão associados a má higiene, principalmente na fase de creche,
- o tempo necessário desde a infecção até o aparecimento de lesões visíveis ao abate é de aproximadamente três meses,
- os suínos, nos últimos anos, tem sido abatidos mais pesados, aumentando o tempo de alojamento e, conseqüentemente aumentando o tempo de exposição ao MAC, em granjas positivas.

As considerações acima geraram dúvidas quanto aos prováveis fatores de risco associados à micobacterioses em criações de terminação, pois devido ao maior tempo de alojamento dos animais, as lesões identificadas em matadouros podem estar ocorrendo na fase de recria ou início de crescimento. Desta forma, foi elaborado um estudo observacional para identificar fatores de risco em terminações.

Foram selecionadas 60 unidades de terminação, com lotes variando de 22 a 960 suínos e prevalência de linfadenite variando de 0 a 29,66%, obtidos através do Serviço de Inspeção Federal. Nas 60 unidades foi aplicado um questionário contemplando 156 variáveis. Estas foram submetidas a um tratamento estatístico de análise de múltipla correspondência. Os fatores de risco identificados estão apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5** – Descrição das variáveis explicativas associadas a prevalência de linfadenite com as classes, freqüências absolutas (ABS) e relativas (%), respectivamente. (Amaral. *et al.*, 2001)

Descrição	Classes	Frequências		% de linfadenite
		ABS	%	
<b>Variável resposta – Objetiva</b>				
1. Prevalência de linfadenite no lote(%)	LINFA1 $\leq 1,0$	12	20	0,19
	LINFA2 $> 1,0 \leq 5,0$	15	25	2,82
	LINFA3 $> 5,0 \leq 10,0$	18	30	7,39
	LINFA4 $> 10,0$	15	25	29,66
Variáveis explicativas				
1. Caminhão que transporta insumos e rações também transporta animais	<b>TRA1 = sim</b>	15	25	18,77
	TRA2 = não	45	75	7,58
2. Produz ração na propriedade	<b>RAC1 = sim</b>	15	25	17,92
	RAC2 = não	45	75	7,86
3. Acesso de animais à fábrica de ração	<b>AFA1 = sim</b>	15	25	18,61
	AFA2 = não	45	75	7,63
4. Forma de estocagem da ração pronta	<b>REST1 = caixas e sacos</b>	15	25	19,03
	REST2 = silos	45	75	7,49
5. Tratamento de água fornecida aos suínos	<b>AGUA1 = não tratada</b>	45	75	12,98
	AGUA2 = tratada	15	25	2,56
6. Manejo da instalação	<b>VAZ1 = contínuo</b>	11	18,3	20,76
	VAZ2 = todos dentro todos fora	49	81,7	8,04
7. Higiene dos comedouros por ocasião da visita	<b>HIC1 = sujo</b>	43	71,3	19,65
	HIC2 = limpo	17	28,7	6,71
8. Higiene dos bebedouros por ocasião da visita	<b>HIB1 = sujo</b>	14	23,3	10,51
	HIB2 = limpo	46	76,3	10,33
9. Estado de conservação das instalações	<b>INST1 = regular ou ruim</b>	24	40	12,24
	INST2 = bom	36	60	9,13

<sup>1</sup> Classes em negrito, implica-se em fatores de risco para linfadenite. (Amaral *et al.* 2001).

Analisando os resultados, mais uma vez se constata a associação da ocorrência de linfadenite com as condições de higiene das criações, complementando os resultados obtidos em criações de ciclo completo. Fica claro, então, que o controle e/ou a prevenção deste tipo de infecção depende de práticas de higiene e desinfecção que visem diminuir a pressão de infecção na criação, observando o manejo em cada fase e aplicando as medidas pertinentes a estas.

### Desinfetantes

Dado que os fatores de risco associados com linfadenite granulomatosa estão associados às condições de higiene das criações, e conhecendo a característica de resistência do gênero *Mycobacterium* no ambiente, fez-se necessário identificar desinfetantes indicados para controle de micobactérias. O desinfetante sugerido pela Organização Mundial da Saúde para eliminação de micobactérias em instalações zootécnicas é o hipoclorito de sódio, porém na suinocultura algumas restrições a este desinfetante foram levantadas. O hipoclorito é corrosivo em metais, o que restringe seu uso em determinadas instalações onde divisórias ou celas de ferro são utilizados, como em algumas instalações de maternidade por exemplo. Outra desvantagem do produto é o baixo poder residual.

Para elucidar a questão de resistência das amostras prevalentes na região sul, e visando identificar princípios ativos adequados para uso a campo no controle das micobacteriose, realizou-se o seguinte estudo:

Foram testados 6 desinfetantes contra as quatro cepas de MAC identificadas anteriormente, e em 4 condições ambientais;

- **Cepas de MAC - Pig A, Pig B, Pig C e Pig D,**
- **6 desinfetantes utilizados em suinocultura**

1. fenol
2. fenol e cresol
3. glutaraldeído

4. hipoclorito de sódio
5. cloro e fenol
6. glutaraldeído e amônia quaternária
7. controle - salina

- **4 condições ambientais**

1. 4 °C com matéria orgânica (4 °C CMO)
2. 4 °C sem matéria orgânica (4 °C SMO)
3. Temperatura ambiente com matéria orgânica (TA CMO)
4. Temperatura ambiente sem matéria orgânica.(TA SMO)

Os resultados obtidos foram os seguintes:

- O composto fenólico 1 apresentou melhores resultados frente ao conjunto de cepas;
- A 4 °C sem matéria orgânica, a Pig B foi mais resistente ao desinfetante 1 que as Pig A e D;
- Os desinfetantes 1 e 4 (hipoclorito de sódio) apresentaram melhores resultados frente a Pig B.

### **Plano de ação**

Afim de minimizar o impacto da linfadenite para a suinocultura, e antes mesmo de obter todos os resultados quanto aos estudos de fatores de risco, em 1997 elaborou-se um plano de ação com base em informações obtidas na literatura e com resultados parciais dos estudos feitos pelo Convênio Embrapa, ACCS e USP. Para tal, foram utilizadas três granjas de ciclo completo, com altas taxas de condenação por linfadenite em abatedouro. Inicialmente buscou-se o histórico de abate dessas granjas, retroativo a um ano, após foram feitas visitas para identificação dos fatores de risco e finalmente foram sugeridas medidas de correção dos fatores de risco identificados. As granjas foram monitoradas mensalmente através dos dados de abate e de visitas para certificação de que as medidas de correção propostas estavam sendo adotadas.

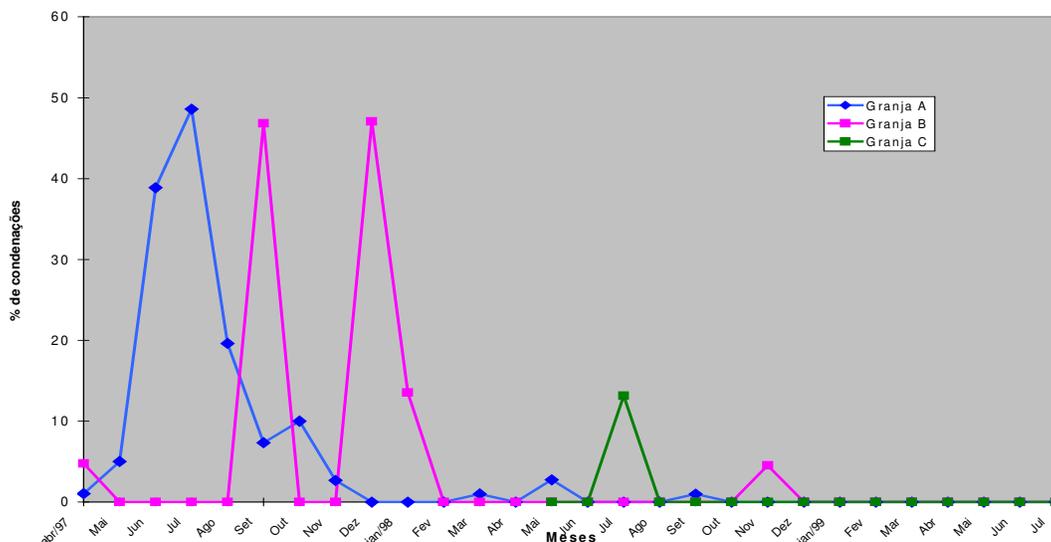
#### **Fatores de risco identificados nas três granjas:**

- Falta de higiene nas instalações de todas as fases da criação, bem como nas fábricas de rações;
- Galinhas caipiras soltas nas propriedades, com acesso as instalações dos suínos;
- Comedouros sujos com fezes;
- Reservatórios de água fornecida para os suínos sujos e sem tampa;
- Superlotação na creche e na terminação;
- Não utilização de programa de limpeza e desinfecção;
- Não utilização de programa de controle de moscas e roedores.

#### **Medidas de correção sugeridas:**

- Limpeza das baias três vezes ao dia, com pá e vassoura próprios para cada fase da criação;
- Cercar as galinhas caipiras;
- Limpar os comedouros e bebedouros sempre que possível (entre as limpezas);
- Lavar as caixas d'água de 3 em 3 meses, desinfetando com hipoclorito;
- Adequar a lotação nas instalações;
- Comprar maravalha que tenha passado por tratamento térmico para a maternidade e creche ou evitar o uso;
- Adotar controle de moscas e roedores;
- Desinfecção com hipoclorito de sódio com 2,5% de cloro ativo, diluição 1:20.

## Plano de Ação - Granja A, B e C



**Fig. 5** – Percentual de condenações por linfadenite granulomatosa das granjas A, B, C.

Nas visitas mensais, durante o período de observação, verificou-se que, entre as medidas de correção sugeridas, algumas foram adotadas e outras não. As práticas de limpeza de 2 a 3 vezes ao dia estavam sendo aplicadas e o programa de desinfecção foi adotado corretamente em todas as granjas, bem como a limpeza das caixas d'água. A higiene, de modo geral, melhorou mas a adequação da lotação não foi constante. Na granja A o programa de controle começou a ser aplicado a partir de abril/97, na granja B em novembro/97 e a granja C iniciou em jul/98. Todas foram acompanhadas até julho de 1999. Na granja C, por decisão do proprietário, foram eliminadas as matrizes que reagiram ao teste de tuberculina aviária, nas demais granjas a eliminação foi parcial, sendo mantidas algumas fêmeas positivas até o final do trabalho. Ao final do plano de ação todas as granjas estavam livres de condenações por linfadenite no abate. Os resultados de abate, durante todo o período de acompanhamento, das granjas A, B e C estão apresentados na Fig. 5.

## O DESAFIO CRIAÇÃO DE SUÍNOS EM CAMA SOBREPOSTA

A criação de suínos em cama sobreposta vem sendo amplamente utilizada na suinocultura brasileira devido as diversas vantagens econômicas, ambientais e de bem estar animal, características deste sistema. Entretanto, algumas questões sanitárias ainda necessitam de maiores investigações, pois nas últimas décadas vários autores estrangeiros associaram a utilização de cama de serragem ou maravalha à ocorrência de linfadenite em suínos (Brooks., 1971; Songer *et al.*, 1980; Windsor *et al.*, 1984). Tanto a maravalha quanto a serragem foram abordadas como fonte de infecção de MAC para suínos, porém a forma como esses materiais foram utilizados muitas vezes difere do sistema de cama sobreposta atualmente utilizado no Brasil. Neste sistema, a principal característica é o processo de compostagem ao qual a cama é submetida, onde ocorre a elevação da temperatura da cama e evaporação da fração líquida dos dejetos dos suínos. A elevação da temperatura em decorrência da ação microrganismos na cama pode ser fator relevante para a eliminação de alguns patógenos, entretanto essas questões ainda não foram totalmente esclarecidas, merecendo estudos mais aprofundados para obtenção de respostas conclusivas.

O substrato ou material utilizado como cama também parece ter papel importante na manutenção e/ou multiplicação de MAC. Em estudo realizado na Embrapa Suínos e Aves, comparando três lotes consecutivos de suínos criados sobre mesma cama, com diferentes substratos (maravalha, serragem, sabugo de milho triturado, casca de arroz e piso de concreto parcialmente ripado) Corrêa (1998), constatou que a ocorrência de linfadenite foi maior naqueles criados em cama de serragem. Este resultado vem de encontro aos obtidos por Szabó *et al.*

(1975), que comparou suínos criados sobre cama de serragem, sem cama ou com cama de palhas e uso temporário de cama de serragem, constatando que na cama de serragem houve 28,1% de ocorrência de linfadenite e nos outros dois tratamentos somente 2% dos suínos, em cada um. Os animais utilizados nesses dois experimentos vieram de rebanhos infectados por MAC.

Embora a linfadenite granulomatosa ocorra tanto em sistema convencional como em criação sobre cama, Amaral *et al.* (2002) demonstraram que em condições experimentais, alguns suínos infectados em um lote de cama de maravalha infectam outros do mesmo lote e contaminam a cama levando a infecção dos lotes subsequentes. No mesmo experimento constatou-se maior ocorrência de linfadenite nos suínos criados em cama de maravalha (aproximadamente 22%) comparados aos criados em piso de concreto parcialmente ripado (aproximadamente 13%) no total dos 4 lotes, sendo que em ambos os tratamentos, de cada baía com 20 suínos, apenas 2 foram inoculados com MAC e somente no primeiro lote. Os casos de linfadenite ocorridos nos lotes subsequentes se deram pela presença do agente nas instalações, tanto cama quanto convencional. Neste experimento a maravalha utilizada foi previamente submetida a tratamento térmico (200°C).

Muitas são as variáveis que podem influenciar a ocorrência ou não de linfadenite no sistema de cama, o agente pode estar presente na própria cama dependendo da origem e condição de armazenamento desta, os suínos alojados podem estar infectados da granja de origem ou ambos. Além disso, muitos fatores podem influenciar na sobrevivência do agente neste sistema, tais como o substrato utilizado (serragem, maravalha, palhas) a temperatura, manejo (revolvimento entre lotes, etc.), pH, umidade, lotação animal entre outros. Para uma avaliação precisa da influência de cada fator isoladamente, são necessários experimentos em condições controladas. Ainda assim, muitas observações de campo são de grande valia para o entendimento das micobacterioses no sistema de cama sobreposta. A seguir serão apresentados resultados de algumas unidades de observação; granjas com criações sobre cama, em diferentes condições.

A Tabela 6 apresenta dados de acompanhamento de três lotes em duas granjas de terminação sobre cama de serragem, sem revolvimento entre lotes.

**Tabela 6** – Acompanhamento de abate de duas granjas de terminação com criação sobre cama de serragem.

Granja	Lotes	Nº de suínos abatidos	Nº de suínos com linfadenite	% de carcaças com linfadenite
1	1	450	0	0
	2	450	25	5,5
	3	450	190	42,2
2	1	450	0	0
	2	450	0	0
	3	450	109	24,2

A Tabela 7 apresenta os dados de abate de duas granjas de ciclo completo com terminação sobre cama e em sistema convencional.

**Tabela 7** - Acompanhamento de abate vários lotes de suínos em duas granjas de ciclo completo, com terminação sobre cama e em sistema convencional.

Granja	Sistema - terminação	Nº de suínos abatidos	Nº de suínos com linfadenite	% de linfadenite
1	Casca de arroz	1.817	01	0
	Convencional	71	0	0
2	Serragem	171	0	0
	Convencional	370	0	0

A Tabela 8 mostra o acompanhamento de abate de 16 propriedades de terminação com sistema de criação sobre cama de casca de arroz.

**Tabela 8** - Acompanhamento de abate de 16 propriedades de terminação sobre cama de casca de arroz.

Nº de produtores	Nº de lotes	Nº de suínos abatidos	Nº de suínos com linfadenite	% de linfadenite
16	1 a 6	10.915	0	0

Os dados apresentados até o momento sugerem um melhor resultado quanto a ocorrência de linfadenite nas propriedades que utilizaram casca de arroz como cama, porém esses resultados podem ser considerados sugestivos mas não são conclusivos, pois conforme visto anteriormente essas propriedades podem estar alojando leitões livres de MAC e por isso não apresentaram lesões no abate. Entretanto deve-se considerar que, uma vez sendo introduzido o microrganismo na cama, não se pode prever os resultados dos lotes seguintes. Estas e tantas outras questões, ainda sem resposta, quanto a linfadenite em suínos criados sobre cama, constituem pontos importantes a serem considerados nas futuras ações de pesquisa.

## CONCLUSÕES

- O controle das linfadenites causadas por micobactérias deve basear-se em medidas de higiene e desinfecção;
- A simples eliminação de suínos reativos ao teste de tuberculina não garante o controle da doença;
- São válidas todas as práticas de controle que visem evitar a contaminação oral-fecal;
- As práticas de limpeza e desinfecção visam reduzir a pressão de infecção nas instalações e devem ser observadas continuamente;
- A ocorrência de linfadenite em suínos criados no sistema de cama sobreposta não está totalmente esclarecida;
- São necessários novos estudos para um melhor entendimento do comportamento de *Mycobacterium avium* no sistema de criação em cama sobreposta afim de viabilizar estratégias de controle.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA. **Índices de produção** (Entidade: vantagem comparativa). Disponível em: <<http://www.abipecs.com.br/default1.htm>>. Acesso em: 23 jan 2001.

ACHA, P. N.; SZYFRES, B. **Zoonoses y enfermedades transmissibles comunes al hombre y a los animales**. Washington, DC: Organización Mundial de la Salud, 1989. p. 989.

AMARAL, A. L.; MORÉS, N.; BARIONI JUNIOR, W.; VENTURA, L. V.; SILVA, R. A. M.; SILVA, V. S. Fatores de risco associados à ocorrência de linfadenite em suínos na fase de crescimento e terminação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 10, 2001, Porto Alegre. *Anais...* Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2001. p.129.

ACLAND, H. M.; WHITLOCK, R. H. Experimental infections of pigs with *Mycobacterium avium* serotype 4. In: INTERNATIONAL PIG VETERINARY SOCIETY CONGRESS, 8., 1984, Pennsylvania: *Proceedings...* Pennsylvania: IPVS, 1984. p.141.

BALIAN, S.C.; RIBEIRO, P.; VASCONCELLOS, S.A.; PINEIRO, S.R.; FERREIRA NETO, J.S.; GUERRA, J.L.; XAVIER, J.G.; MORAIS, Z.M.; TELLES, M.A.S. **Linfadenites tuberculóides em suínos abatidos no estado de São Paulo, Brasil: aspectos macroscópicos, histopatológicos**

- e pesquisa de micobactérias.** Revista de Saúde Pública da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (SP), v.31, n.4, p.391-397, 1997.
- BROOKS, O.H. Observations on outbreaks of Battey type mycobacteriosis in pigs raised on deep litter. **Australian Veterinary Journal**, v.47, p.424-427, 1971.
- CORRÊA, É.K. **Avaliação de diferentes tipos de cama na criação de suínos em crescimento e terminação.** 1998. 105f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS.
- ELLSWORTH, S. R.; KIRKBRIDE, C. A.; JOHNSON, D. D. Excretion of *Mycobacterium avium* from lesions in the intestine and tonsils of infected swine. **American Journal of Veterinary Research**, v.41, n.9, p.1526-30, 1980.
- HAUGEGAARD, J.; KNUDSEN, S.; BAGER, F. Tuberculous lymphadenitis caused by *Mycobacterium avium-intracellulare* in Danish swine herds. In: INTERNATIONAL PIG VETERINARY SOCIETY, 12. The Haugue. **Proceedings...** The Haugue: International Pig Veterinary Society, p. 343, 1992.
- JORGENSEN, J. B. Experimental infection with *Mycobacterium avium*, serotype 2, in pigs – 3. Oral infection with small doses of *M. avium*. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 18, p. 545-558, 1977.
- JORGENSEN, J. B. Experimental infection with *Mycobacterium avium*, serotype 2, in pigs – 2. Oral infection with large doses of *M. avium*. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 19, n.1, p. 58-22, 1978.
- JUBB, K. F.; KENNEDY, P. C.; PALMER, N. **Pathology of domestic animals.** 4ed. San Diego: Academic Press, 1992. p. 1683.
- MARTINS, L.S.; LEÃO, S.C.; MORÉS, N.; SILVA, V.S.; DUTRA, V.; PINHEIRO, S.R.; BALIAN, S.C.; FERREIRA, F.; FERREIRA NETO, J.S. Epidemiologia e controle das micobacterioses suínas no Sul do Brasil - estimativa do impacto econômico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 10, Porto Alegre. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2001, p.131.
- MARTINS, L.S.; LEÃO, S.C.; MORÉS, N.; **SILVA, V.S.**; DUTRA, V.; PINHEIRO, S.R.; BALIAN, S.C.; FERREIRA, F.; FERREIRA NETO, J.S. Epidemiologia e controle das micobacterioses suínas no Sul do Brasil - estudo da sazonalidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 10, Porto Alegre. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2001, p.133.
- MORÉS, N.; DUTRA, V.; SILVA, V. S; PEREIRA, M. A C.; YAMAMOTO, M. T. VENTURA, L. V.; BARIONI Jr., W. PIFFER, I.; VIDAL, C E.S.; OLIVEIRA, R. S.; KRAMER, B. FERREIRA-NETO, J.S.; BALIAN, S. C; LEÃO, S. C. Linfadenite granulomatosa na região sul do Brasil: principais linfonodos afetados, destino das carcaças e agentes envolvidos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 9., 1999, Belo Horizonte. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 1999. p.223.
- MORÉS, N.; AMARAL, A. L.; VENTURA, L.; SILVA., R.A. M.; SILVA, V. S.; BARIONI JUNIOR, W. **Execução e interpretação da prova tuberculínica pareada em suínos, com tuberculina aviária e bovina.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2002. p.9, (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 302).
- MORÉS, N.; VENTURA, L. V.; VIDAL, C. E.S.; OLIVEIRA, R. S.; KRAMER, B.; SILVA, V. S. Uso da técnica de imunoperoxidase em cortes histológicos incluídos em parafina para diagnóstico de linfadenite causada pelo *Mycobacterium* do complexo *avium*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 10, Porto Alegre. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2001, p.139.

NAKAMURA, K.; YOKOMIZO, Y.; OKUMOTO, M.; NISHIMORI, K.; YUGI, H.; SHOYA, S. Light and electron microscopic observations on granulomatous lesions in pigs dosed with *Mycobacterium intracellulare*. **Journal of Comparative Pathology**, v.94, p.509-19, 1984.

QUINN, J. P.; CARTER, M. E.; MARKEY, B.; CARTER, G. R. *Mycobacterium* species In: **Clinical veterinary microbiology**. London: Wolfe Publishing, 1994. cap. 12, p. 156-69.

SAAR, L. I.; GETTY, R. **Sistema linfático do suíno** In: GETTY, R. **Anatomia dos animais domésticos**. 5. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1981. v.2, p.1258-1272.

SCHLESSELMAN, J.J. **Case control studies: design, conduct, analysis**. Oxford University Press, New York, 1982. 354p.

SILVA, V. S.; MORÉS, N.; FERREIRA, F.; DIAS, R. A.; BALIAN, S. C.; DUTRA, V.; LEÃO, S. C.; PINHEIRO, S. R.; SAKAMOTO, S. M.; FERREIRA-NETO, J. S. Identificação dos fatores de risco associados à ocorrência de micobacterioses no sul do Brasil: estudo caso-controle. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.68, n.2, p.19-22, 2002.

SILVA, V. S.; MORÉS, N.; DUTRA, V.; FERREIRA NETO, J. S.; SAAD, M. H. F. Estudo da transmissão horizontal de *Mycobacterium avium-intracellulare* em suínos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.52, n.6, p.562-566, 2000.

SILVA, V. S.; DUTRA, V.; VENTURA, L. V.; YAMAMOTO, M. T. PEREIRA, M. A C.; PIFFER, I.; MORÉS, N. Dinâmica da infecção por *Mycobacterium avium* em suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 10, Porto Alegre. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2001, p.137.

SIRCILLI, M. P.; OLIVEIRA, R. S.; BALIAN, S. C.; FERREIRA, F.; FERREIRA NETO, J. S.; SILVA, V. S.; MORÉS, N.; CHIMARA, E.; LEÃO, S. C. Epidemiologia e controle das micobacterioses no sul do Brasil. Estudo molecular dos isolados: identificação dos agentes presentes nas lesões (resultados preliminares). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 9., 1999, Belo Horizonte. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 1999. p.221.

SONGER, J.G.; BICKNELL, E.J.; THOEN, C.O. Epidemiological Investigations of swine tuberculosis in Arizona. **Canadian Journal of Comparative Medicine**, v.44. p.115-20, 1979.

SZABÓ, I.; TUBOLY, S.; SZEKY, A.; KERÉKES, J.; UDVARDY, N. Swine lymphadenitis due to *Mycobacterium avium* and atypical Mycobacteria. II. Studies on the role of littering in mycobacterial lymphadenitis incidence in large-scale pigs units. **Acta Veterinaria Academiae Scientiarum Hungaricae**, v.25, n.1, p. 77-83, 1975.

THOEN, C. O. Tuberculosis. In: LEMAN, A. D.; STRAW, B. E.; MENGELING, W. L.; DALLARIRE, S.; TAYLOR, D. J. **Disease of swine**. Ames: Iowa State University Press, 1992. p.617-26.

WINDSOR, R.S.; DURRANT, D.S.; BURN, K.J. Avian tuberculosis in pigs: *Mycobacterium intracellulare* infection in a breeding herd. **Veterinary Record**, v.114, p.497-500, 1984.

# PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA NA AGROINDÚSTRIA

**Vítor Hugo Grins**

*Técnico de Nível Superior II*

*Transferência de Tecnologia - ANT, Embrapa Suínos e Aves*

*e-mail: vitor@cnpa.embrapa.br*

## INTRODUÇÃO

Para uma empresa de pesquisa, a transferência da tecnologia é fundamental, pois esse é o mecanismo de articulação entre a fonte geradora da tecnologia e o cliente. Para uma tecnologia ser transferida é necessário que haja, por parte da sociedade, uma demanda por essa tecnologia, e é através do levantamento dessa demanda que a empresa vai orientar e direcionar os trabalhos de pesquisa e desenvolvimento.

A Embrapa Suínos e Aves está situada na região onde se concentra a maior produção de suínos e aves do Brasil e onde se localizam as maiores agroindústrias do setor que atuam na organização da cadeia produtiva, principalmente através do sistema de integração. Nesse sistema a indústria contrata o produtor rural através de parceria para produzirem a matéria prima (suínos e aves) com exclusividade para a empresa, que é responsável pelo fornecimento de insumos, assistência técnica e garantia de compra da produção. É nesse cenário que ocorre a transferência de tecnologia da agroindústria, através do seu departamento técnico, para os produtores integrados.

A análise do processo de transferência de tecnologia na agroindústria foi realizado através do acompanhamento diário dos trabalhos do departamento técnico da empresa Sadia S/A, unidade de Concórdia-SC, no período de 08 a 19 de Julho de 2002.

## OBJETIVOS

### GERAL

Analisar como se processa a transferência de tecnologia entre agroindústria e produtores em um sistema de integração.

### ESPECÍFICOS

#### ESTUDAR

1. A obtenção das novas tecnologias pelo departamento técnico.
2. A transferência das tecnologias para os técnicos da assistência, e, desses para os produtores integrados.
3. Como são retroalimentadas as tecnologias.

## APRESENTAÇÃO

A empresa Sadia S/A é considerada um dos maiores grupos agroindustriais do Brasil, apresentando uma grande penetração de seus produtos, tanto no mercado interno como no

mercado externo. A Sadia vincula sua produção a agricultura familiar através do sistema de integração, iniciado com a produção de aves na década de 60 e, posteriormente, no final da década de 70, com a integração da produção de suínos.

A integração, atendida pelo departamento técnico da unidade de Concórdia está distribuída da seguinte forma:

## INTEGRAÇÃO DE AVES

A integração de aves conta com 1003 aviários distribuídos em 874 produtores integrados, divididos em 14 regiões, assistidos por 14 técnicos e 02 veterinários.

## INTEGRAÇÃO DE SUÍNOS

Nos últimos anos a empresa vem buscando segmentar seus integrados em diferentes fases do ciclo de produção, com o objetivo de especializar e profissionalizar os produtores, reduzir custos e incorporar métodos de gestão empresarial nas propriedades. Os integrados na produção de suínos estão distribuídos da seguinte forma:

**CICLO COMPLETO:** nesse sistema, os produtores detêm o controle de todo o processo produtivo, desde a fase de reprodução até o animal terminado para abate. A integração, nesse sistema, possui 301 integrados em Concórdia com 7.900 matrizes alojadas, o número médio de matrizes por produtor é de 25 animais.

**UNIDADE DE PRODUÇÃO DE LEITÕES-U.P.L:** trabalha com a produção de leitões até a idade de saída da creche, quando esses animais são repassados aos terminadores. Possui 405 integrados com um total de 45.600 matrizes alojadas, distribuídas da seguinte forma:

- 20% dos produtores possuem 50 matrizes.
- 70% dos produtores possuem de 100 a 150 matrizes.
- 10% dos produtores possuem mais de 150 matrizes.

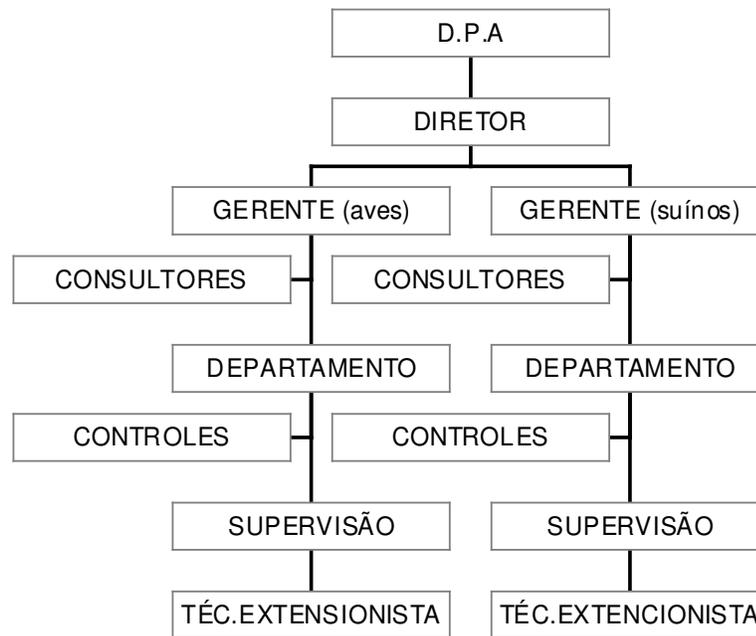
O número mínimo de matrizes exigidos pela integradora para UPL é de 70; os produtores que possuem número inferior estão em fase de expansão do plantel.

**TERMINADORES:** são produtores que recebem os leitões e os insumos da empresa, sendo responsáveis pela instalação e mão-de-obra.

Os integrados na produção de suínos estão divididos em 13 regiões e são assistidos por 26 técnicos (específicos para terminadores e UPL), 01 veterinário e 01 engenheiro agrícola, responsável pelos projetos de construção e meio-ambiente. Todo o processo de controle da integração é realizado pela Diretoria de Produção Agropecuária (DPA).

## ESTRUTURA DA DIRETORIA DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

A Diretoria de Produção Agropecuária é responsável pelo gerenciamento de todo o processo de produção, que inicia com a produção do leitão ou pinto de um dia e vai até a entrega desses animais para o abate, incluindo o fornecimento de insumos, transporte e assistência técnica. A DPA está estruturada da seguinte forma:

**ORGANOGRAMA DA DIRETORIA DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA**

A Diretoria de Produção Agropecuária conta com um diretor para todo o grupo. Subordinados a ele estão os gerentes de aves e suínos que também são corporativos e contam com a assessoria de consultores: especialistas em diferentes áreas estratégicas para a empresa. Em cada unidade da empresa existem os departamentos (independente para aves e suínos), subordinados diretamente aos gerentes, que têm como responsabilidade gerenciar o processo de integração pertencente aquela unidade. Nos departamentos é que está estruturado o departamento técnico, responsável pela assistência e transferência de tecnologia para os integrados sob orientação e gerência dos supervisores. Os controles, subordinados aos departamentos de cada unidade prestam serviço de apoio logístico (transporte de insumos, animais, etc). Todo o processo de produção na empresa é baseado nas diretrizes globais da alta direção, cada diretoria deve estabelecer as metas dos seus departamentos a fim de atender as diretrizes da empresa. Na prática, essas metas são desdobradas conforme o esquema abaixo:

**DIRETRIZES E METAS DA ALTA ADMINISTRAÇÃO****DIRETRIZES E METAS DOS GERENTES****DESDOBRADAS EM DIRETRIZES E METAS DOS DEPARTAMENTOS****METAS DOS SUPERVISORES E EXTENSIONISTAS****PLANO DE SERVIÇO DO EXTENSIONISTA****METODOLOGIA DE EXTENSÃO RURAL**

O departamento de fomento iniciou na empresa por volta de 1954, a partir daí passou por diversas modificações e atualizações, atualmente a metodologia de extensão adotada pela empresa é baseada nos conceitos de qualidade total, que visa a satisfação total do cliente. O departamento técnico busca a satisfação do produtor como cliente da assistência técnica e, ainda, a satisfação do consumidor, através da produção de matéria- prima de qualidade, requisito básico

para fabricação de produtos que atendam às expectativas de diferentes mercados consumidores, inclusive em nível internacional.

Para atender as normas do programa de qualidade total estabelecido pela empresa, o departamento técnico utiliza as ferramentas do ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Action) para controle do processo de extensão rural e transferência de tecnologia. Os termos no ciclo PDCA têm o seguinte significado:

P: Planejamento- Consiste em:

- a) estabelecer metas sobre os itens de controle.
- b) estabelecer a maneira para se atingir as metas propostas.

D: Execução- Execução das tarefas exatamente como previstas no plano e ainda a coleta de dados para verificação do processo.

C: Checagem: Comparação dos dados obtidos durante a execução com as metas estabelecidas.

A: Ação Corretiva: são ações adotadas para corrigir os desvios ocorridos de acordo com as metas estabelecidas, de modo que o problema não volte mais a ocorrer.

De acordo com as metas estabelecidas pela diretoria do departamento técnico, e baseado na metodologia de qualidade total, são elaborados os planos de serviço do técnico extensionista e do produtor.

### **PLANO DE SERVIÇO DO TÉCNICO EXTENSIONISTA**

O plano de serviço tem como objetivo padronizar a forma de visita na propriedade. É onde estão descritas as ações estratégicas a serem adotadas para atingir as metas determinadas pela chefia do departamento técnico. No plano de serviço do extensionista constam os seguintes itens:

1.Plano Anual:

- 1.1.Metas: onde estão descritas as metas do extensionista;
- 1.2..Projetos: onde estão relacionadas as ações desenvolvidas para atingir as metas;
- 1.3. Estratificação: mapeamento das propriedades onde irá atuar.
- 1.4.Cronograma: planejamento do período de execução das atividades;

2.Memória de visita: registro das atividades desenvolvidas durante a visita e recomendações técnicas para o produtor;

3.Itens de controle da região: formulários (gráficos e planilhas) onde são anotados os resultados já alcançados dentro das metas definidas para a região.

### **PLANO DE SERVIÇO DO PRODUTOR**

O plano de serviço do produtor é semelhante ao do técnico. É onde estão descritas as atividades a serem desenvolvidas pelo produtor para atingir as metas determinadas pelo extensionista. O plano é composto dos seguintes itens:

1.Plano Anual:

- 1.1. Evolução do plantel: planejamento da evolução anual das matrizes alojadas;
- 1.2. Leitões entregues: previsão mensal da entrega de leitões;
- 1.3.Reposição: planejamento da necessidade de reposição do plantel;
- 1.4.Capital: estimativa do capital próprio disponível para investimentos.

2.Caderno de recomendações:espécie de diário, onde são anotadas pelo técnico as recomendações de atividades prioritárias a serem realizadas pelo produtor.

3.Itens de controle do produtor: planilhas de controle dos indicadores de produção da propriedade, tais como parições, desmamados, leitões entregues, conversão alimentar, etc.

### **OBTENÇÃO DAS TECNOLOGIAS**

No organograma da empresa verificamos que os gerentes, tanto de aves como de suínos, são assessorados por consultores, especialistas em áreas estratégicas para a empresa (genética, nutrição, sanidade, reprodução, extensão rural, etc.). Estes consultores são responsáveis pela obtenção e introdução de novas tecnologias na agroindústria. A transferência das tecnologias dos consultores para os técnicos da extensão se dá principalmente através de cursos, seminários e demonstrações práticas.

### **TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA PARA OS PRODUTORES INTEGRADOS**

A transferência de tecnologia para os produtores é realizada pelos técnicos do fomento. Antes de ser repassada para os integrados, a nova tecnologia é testada em alguns produtores que funcionam como Unidades Demonstrativas. Geralmente são escolhidos os melhores integrados para evitar que erros de manejo possam comprometer o desempenho do novo processo ou produto a ser introduzido na produção.

A principal forma de transferência das tecnologias para os produtores é através da comunicação direta técnico/integrado, realizada em visitas freqüentes na propriedade. Nessa visita, o técnico procede uma inspeção geral do sistema produtivo checando e orientando as atividades. Para isso é preciso estabelecer um ambiente favorável e criar no produtor a necessidade de adotar a nova tecnologia. O técnico extensionista busca identificar na propriedade a principal liderança para concentrar os esforços de transferência da tecnologia. Isso facilita o entendimento e acelera o processo de adoção da tecnologia. Durante a visita também é realizada a coleta de dados dos itens de controle (constantemente do plano de serviço). Esses dados são avaliados através de um programa de gestão agrícola que, gradativamente, está sendo introduzido nas propriedades.

### **FATORES QUE FAVORECEM A TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA NA INTEGRAÇÃO**

- Comunicação interpessoal direta técnico/produtor.
- Treinamento e qualificação constante dos técnicos envolvidos no processo.
- O próprio sistema de integração que cria um vínculo empresa/produtor.

### **FATORES QUE DIFICULTAM A TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA**

- Número elevado de produtores em cada região (relação número de produtores/técnicos muito alta).
- Nível médio de instrução dos produtores muito baixo.
- Mão-de-obra e recursos para investimentos insuficientes.

### **RETROALIMENTAÇÃO DAS TECNOLOGIAS NA INTEGRAÇÃO**

A retroalimentação das tecnologias na integração ocorre principalmente pelos seguintes fatores:

- Necessidade de adequar a produção, principalmente por exigência do mercado consumidor.
- Situações críticas ou emergenciais, principalmente em decorrência de problemas sanitários.
- Análise e avaliação de resultados (correção de rumos).

## CONCLUSÕES

Após o acompanhamento dos trabalhos do departamento técnico da agroindústria, obtivemos as seguintes conclusões:

- Toda tecnologia adotada na integração é orientada pelos consultores especialistas.
- As tecnologias adotadas para produção visam principalmente atender as necessidade da indústria de processamento da matéria-prima.
- O acesso pelos técnicos as novas tecnologias se dá principalmente através de cursos de reciclagem.
- A metodologia de extensão adotada permite um controle satisfatório de todas as fases do processo produtivo.

## SUGESTÕES

Para que a Embrapa possa melhorar a sua interação com a agroindústria suguímos as seguintes ações:

- Promover uma relação institucional Embrapa/Agroindústria, interagindo com o departamento técnico, afim de:
  - a) Propor inovações tecnológicas no processo através dos consultores e gerentes.
  - b) Formatar cursos de reciclagem adequados a necessidade da agroindústria.
  - c) Acompanhar testes e validação de tecnologias junto as agroindústrias.
  - d) Discutir com as agroindústrias integradoras os sistemas de produção.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ALVES, R.C. **A comunicação entre integradora e integrados: o caso da agroindústria suínica no meio-oeste catarinense**. 1999. 142f. Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CAMPOS, V.F. **TQC: Controle da Qualidade total (no estilo japonês)**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni/ Escola de Engenharia da UFMG, 1992. 22p.

# AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS ECONÔMICOS, SOCIAIS E AMBIENTAIS DA PESQUISA

**António Cipriano Afonso Pinheiro**

*Economista, Ph.D., Economia Rural*

*Professor catedrático - Universidade de Évora*

*CEP 7000-803, Évora, Portugal*

*e-mail: acap@uevora.pt*

## 1 - NOTA INTRODUTÓRIA

É uma preocupação quase universal proceder à avaliação da pesquisa. Contudo o enfoque pode diferir de país para país e de instituição para instituição.

De acordo com os objetivos que pretendemos alcançar, e dependendo do momento no tempo em que nos encontramos em relação ao início do projeto, poderemos fazer uma avaliação do tipo:

- **ex-ante**
- **ex-poste**

De acordo com o que queremos avaliar, isto é, com a abrangência do que se quer avaliar, podemos tomar em linha de conta:

- uma tecnologia (**avaliação parcial**);
- um sistema de produção (**avaliação global**)

## 2 - AVALIAÇÃO EX-ANTE

A avaliação ex-ante é feita, normalmente, com vista a obter fundos para a realização de um projeto de investigação ou pesquisa. Este tipo de avaliação é fundamental para que não se financie pesquisa de fraca qualidade científica ou cujos impactos económicos, sociais ou ambientais sejam insignificantes ou mesmo contrários ao que a sociedade deseja.

Na avaliação ex-ante o avaliador tem de se socorrer dos seus conhecimentos e experiência, para julgar da importância ou interesse do projeto, da natureza das publicações dos investigadores proponentes e o tipo de instituições a que pertencem, para poder avaliar as fundamentações das previsões apresentadas pelos investigadores. Está-se num momento em que ainda nada pode ser medido.

Neste processo de avaliação consideram-se como fundamentais, entre outros, os seguintes aspectos:

- **Qualidade científica do projeto:**
  - caracterização do problema;
  - objetivos a alcançar;
  - grau de inovação científica (originalidade, contributo para o progresso técnico-científico, relação com projetos similares);
  - metodologia - adequação da metodologia aos objetivos do trabalho, hipóteses a ser testadas, natureza e fontes de dados a usar;
  - aplicabilidade dos resultados - local, regional, nacional ou internacional;

- **Competências dos pesquisadores e do coordenador do projeto:**
  - experiência da equipe do projeto naquela área de conhecimento;
  - publicações e natureza das revistas onde são publicadas;
  - natureza das instituições envolvidas no projeto, sua nacionalidade;
  - dimensão da equipe de investigadores e sua complementaridade científica;
  - participação de eventuais utilizadores;
  - experiência e capacidade gerencial do coordenador do projeto;
- **Custo do projeto:**
  - montante total e sua adequação com os resultados a atingir;
  - repartição das despesas entre os vários membros da equipe e as várias rubricas das despesas;
  - adequação dos custos à duração do projeto;
- **Impactos econômico:**
  - benefício e prejuízos para todos e cada um dos agentes econômicos (consumidores, produtores, empresários e outros);
  - abrangência e duração dos impactos econômicos (curto, médio e longo prazos);
  - potencialidades de disseminação e adoção dos resultados;
- **Impactos sociais:**
  - emprego (tempo inteiro, tempo parcial, permanente ou temporário);
  - saúde, bem estar social (espera-se que com o projeto melhore ou piore);
  - alimentação (espera-se que o projeto contribua para melhorar a dieta alimentar)
  - educação (o projeto tem ou não implicações nos planos de educação e formação profissional).
  - aspectos éticos e morais ( o projeto tem ou não implicações nos planos ético e moral).
- **Impactos ambientais:**
  - poluição aérea;
  - poluição sonora;
  - poluição hídrica;
  - poluição edáfica;
  - poluição pontual e/ou difusa.
  - Recuperação do ambiente;
- **Probabilidade de sucesso:**
  - principais fontes de risco envolvidas no projeto;
  - medidas propostas para superar possíveis riscos;
- **Análise custo benefício:**
  - relação entre os recursos envolvidos e os benefícios esperados;

### 3 - AVALIAÇÃO EX-POST

Os objetivos da avaliação ex-post são, fundamentalmente: (1) demonstrar à sociedade que os recursos investidos na pesquisa tiveram impactos positivos, isto é, que a sociedade foi recompensada pelo investimento em pesquisa, (2) alimentar a auto estima dos pesquisadores e (3) detectar, eventualmente, novas linhas de pesquisa.

Contrariamente ao que acontece na avaliação ex-ante, na avaliação ex-post os efeitos podem e devem ser medidos e comparados com as previsões feitas pelos pesquisadores, no momento que apresentaram o projeto para financiamento.

Esta avaliação tem de ser feita num momento no tempo em que a tecnologia já tenha produzido os seus efeitos, o que pode ser alguns anos após o seu lançamento. A análise não deve ser feita logo após o lançamento da tecnologia, mas também não deve ser feita num momento tão afastado que o efeito já tenha passado, “d<sup>é</sup>já vu”. Por outro lado, ao avaliar os impactos não estamos só a avaliar as reais potencialidades da tecnologia, mas também o nível de transferência alcançado. Ora, a transferência de tecnologia é uma obrigação dos **serviços de extensão** e não propriamente um dever de um centro de pesquisa.

Seja como for, numa avaliação ex-post, para além do momento em que medir ou **quando medir**, põem-se os problemas de **o que medir** e **como medir**.

### **3.1 - O que medir?**

Fundamentalmente na análise ex-post devem medir-se:

- **Impactos Econômicos:**

- incrementos na produtividade (comparando o rendimento anterior com o atual);
- redução dos custos de produção para os diferentes agentes económicos;
- expansão da produção, ao nível da empresa e da região;
- integração vertical ou agregação de valor;
- excedentes económicos;
- deslocações da função de produção.

- **Impactos Sociais**

- emprego (tempo inteiro, tempo parcial, permanente ou temporário);
- saúde (longevidade, gastos com médico e medicamentos, dias de faltas por doença)
- bem estar social (aumento do poder de compra, acesso a novos bens e serviços);
- alimentação (alteração da dieta alimentar)
- educação (implicações nos planos de educação e formação profissional).
- aspectos éticos e morais ( o projeto teve ou não implicações nos planos ético e moral).

- **Impactos Ambientais**

- poluição aérea (qualidade do ar, partículas poluentes, presença de odores desagradáveis ao olfato ou prejudiciais à saúde);
- poluição sonora;
- poluição hídrica;
- poluição do solo( poluição pontual e/ou difusa.
- biodiversidade;
- recuperação do ambiente;

### **3.2 - Como medir/que métodos usar?**

A avaliação dos reais **impactos económicos**, seja de uma tecnologia, seja de um sistema de produção, só pode ser feita recorrendo a medições quer diretas quer indiretas.

Ao nível da empresa (*nível micro*) aqueles impactos devem ser avaliados com base em dados reais levantados no campo, acompanhado empresas representativas ou fazendo inquéritos (alterações de coeficientes técnicos, mudança de tecnologia, mudanças de atitudes empresariais, etc).

Ao nível regional ou nacional (*nível macro*), os impactos económicos podem ser medidos pela função de produção ou pelos excedentes económicos, metodologia usada no trabalho “Percepção do progresso tecnológico da avicultura e suinocultura Brasileira: estimativa da contribuição da Embrapa Suínos e Aves”, levada a cabo em 2000. Aquela metodologia aponta na direção correta devendo, contudo, ser refinados alguns aspectos, nomeadamente, o da realização de inquéritos com base numa amostra aleatória representativa do universo o caracterizar, para

determinação da percentagem da contribuição do CNPSA e para determinação da taxa de adoção da tecnologia. Esta metodologia pode e deve ser complementada com a informação dada pelo grupo de pessoas selecionadas (GPS) nos termos propostos pela EMBRAPA (pág. 43 da Metodologia de Referência).

Para avaliar os **impactos sociais**, ao nível macro, é necessário recorrer, para além da informação do (GPS), a inquéritos dirigidos a determinadas agentes sociais. No que se refere à saúde e nutrição é importante que haja monitoramento das características dos produtos que vão sendo desenvolvidos e de como as mesmas são percebidas pela sociedade. Por exemplo, no consumo de carne suína em fresco, um dos pontos fracos apontados por médicos e consumidores é o elevado teor em gordura e colesterol (veja-se o trabalho “Estudo sobre o mercado de produtos derivados de suínos da autoria de Francisco Rojo). Se a carne de suíno tem uma imagem menos favorável, então, é importante medir e realçar o esforço do CNPSA em obter animais com menores percentagens de gordura (MS58, MS60) e fazer inquéritos regulares aos médicos, elementos fundamentais na formação de opinião, e aos consumidores para aferir do grau de percepção que têm às alterações qualitativas do produto carne de porco.

Ainda no aspecto social é, também, importante saber como a pesquisa tem contribuído para que classes mais baixas tenham acesso a melhores dietas alimentares (introdução de carnes, leite, vegetais); o que pode ser devido a efeitos de substituição e/ou rendimento causados pelo abaixamento do preço de alguns produtos fundamentais para a dieta alimentar.

Alguns dos efeitos em relação à saúde são difíceis de medir no curto prazo, pois eles vão traduzir-se em menores gastos com a saúde e maior longevidade; aspetos que só se tornam perceptíveis no longo prazo.

A avaliação de **impactos ambientais** pode ser feita por três métodos:

- Métodos de avaliação econômica, que estimam os danos ou benefícios sofridos pelo ambiente usando a moeda como unidade de medida (método de valorização contingente, método dos preços hedônicos, método das despesas com medidas preventivas);
- Métodos ecoenergéticos, que estimam os impactos em termos de energia (baseiam-se no princípio que um sistema é tanto mais eficiente quanto maior é a sua capacidade de reter energia);
- Métodos que usam as unidades originais, a partir das quais se constróem índices que permitem a comparação da situação antes e depois (por exemplo, concentração de SO<sub>2</sub>, nível de ruído, odor).

Seja qual for o método usado, não há outro modo de medir os impactos a não ser através de levantamento de informação ao longo do tempo.

Todos sabemos que os dejetos podem poluir o ar, a água e o solo contudo, o maior ou menor grau de poluição causada depende da concentração de dejetos, do modo como são aplicados, da natureza e declive do solo, das culturas praticadas e das condições ambientais. Assim, quer se trate de descargas de dejetos em pontos determinados (**poluição pontual**) ou de poluição através da infiltração no solo (**poluição difusa**) têm de fazer-se medições periódicas dos elementos poluidores, no solo, no ar e nas linhas de água onde se espera que a poluição se vai fazer sentir.

Sobre os impactos ambientais fala-se e escreve-se muito, mas há poucos dados reais e as séries de dados que existem são, em geral, curtas, levando a conclusões precipitadas.

O CNPSA deveria montar três ou quatro campos experimentais, em áreas representativas da região no que se refere a: solos, declives e culturas. Nesses campos seriam constituídos talhões onde se aplicariam volumes de dejetos diferentes. Periodicamente seriam recolhidas amostras dos solos, a diferentes profundidades, e amostras de água nas linhas de água suscetíveis de ser afetadas.. Nestas amostras seriam medidos os macro e micro elementos considerados mais relevantes.

Também em relação à qualidade do ar devem fazer-se avaliações periódicas (avaliando, inclusive, o número e o tipo de insetos, a reação das populações circundantes aos odores..). A constituição de uma série temporal com dados desta natureza seria de grande interesse para a determinação das quantidades de dejetos por hectare que não causam poluição e, por conseqüência, a carga animal aconselhável para cada localidade e região. Deve-se evitar a idéia que os dejetos animais, seja qual for a quantidade aplicada, são sempre prejudiciais! O problema dos dejetos tem de ser visto numa dupla perspectiva:

- Ao nível da empresa familiar (ou de outro tipo), desde que a carga animal seja a adequada, os dejetos podem constituir uma externalidade positiva da produção animal, isto

é, fornecem nutrientes para as plantas baixando, por conseguinte, os custos de produção da empresa;

- Ao nível da grande empresa, com elevada concentração animal, o tratamento de dejetos terá de ser pensado em termos diferentes do que vem sendo feito. Neste sentido o custo de tratamento de dejetos pode baixar com a concentração da produção.

#### 4 - AVALIAÇÃO PARCIAL OU GLOBAL

Como acima ficou dito, o objetivo pode ser avaliar uma tecnologia ou um sistema de produção. Assim, teremos uma avaliação parcial ou global.

Se na avaliação ex-ante pode parecer fácil fazer a avaliação de uma tecnologia, avaliação parcial, na análise ex-post verifica-se que o problema é mais complexo, isto é, torna-se difícil separar o efeito de uma tecnologia de todo o sistema. Medir uma tecnologia isoladamente é o mesmo que admitir que no complexo sistema de produção só os aspectos referente à tecnologia em análise se alteram ficando todo o resto constante. Ora sabemos que em produção animal só muito raramente isto acontece.

Há mesmo alguns aspectos que escapam completamente quando a análise é feita considerando apenas uma tecnologia e não o sistema de produção. Imaginemos que se pretende avaliar uma tecnologia que consiste na introdução de uma nova raça de animais. Consideremos, ainda, que os animais da nova raça tem o mesmo tipo de alimentação, a mesma taxa de conversão, enfim, apenas diferem da raça que vinha sendo usada pelo tamanho do pernil dos animais. Ao avaliar os impactos sociais e ambientais, certamente, que se chegará à conclusão de que estes são, praticamente, nulos. Contudo, o sistema de produção seguido pode estar a causar um elevado grau de poluição, o que escapa totalmente a este tipo de avaliação.

Consideremos, novamente, a produção de suínos. No CNPSA há muitos pesquisadores cujos projetos de investigação estão centrados no suíno ou cujo o objetivo final da pesquisa tem a ver com o progresso tecnológico da suinocultura. Contudo, o sucesso (medido pelo resultado prático) ou insucesso de uma linha de pesquisa depende de outros projetos. Por exemplo, o Macho “EMBRAPA MS58” só manifestará todas as suas potencialidades se a alimentação, o manejo, o estado sanitário e outras condições forem as mais adequadas. Com isto quer dizer-se que em alguns sistemas de produção é muito difícil avaliar, com rigor, os impactos de uma tecnologia isoladamente..

Parece claro que nos casos da avicultura e suinocultura, a avaliação deve ser feita, periodicamente, tomando o sistema como um todo e não os efeitos isolados de tecnologias. Esta é uma situação clara em que **a soma das partes não é igual ao todo..**

A metodologia recomendada pela EMBRAPA, como tive oportunidade de dizer aos seus proponentes, em Passo Fundo, para além de ser parcial (procurar avaliar tecnologias isoladas), tem aspectos de análise ex-ante e de análise ex-post. Nomeadamente, pretende que se meçam impactos sem, praticamente, recorrer à recolha de dados primários.

### CONCLUSÕES

A reflexão que feita sobre a avaliação de impactos económicos, sociais e ambientais de tecnologias desenvolvidas pelo CNPSA, permite tirar as seguintes conclusões:

- Nos casos da avicultura e suinocultura a avaliação deve ser feita, periodicamente, alguns anos após o lançamento de nova(s) tecnologia(s);
- Para medir os impactos, com algum rigor, é preciso recorrer a informação primária e secundária;
- O sistema tem de ser tomado como um todo e não os efeitos isolados de cada tecnologia. *Esta é uma situação clara em que a soma das partes não é igual ao todo;*
- O CNPSA deve acompanhar empresas de várias dimensões, em várias localizações, se quiser medir, com rigor, os impactos económicos, ambientais e sociais;
- o CNPSA dever ter campos experimentais (podem ser em terras próprias ou de particulares) onde possa medir, com algum rigor, os efeitos continuados da aplicação de dejetos a fim de determinar as cargas animais ótimas.

# ACTUAL AND POTENTIAL APPLICATIONS OF *YUCCA SCHIDIGERA* AND *QUILLAJA SAPONARIA* SAPONINS IN HUMAN AND ANIMAL NUTRITION

**Peter R. Cheeke**

*Department of Animal Sciences,  
Oregon State University,  
Corvallis, OR 97331, USA*

## SUMMARY

Saponins are natural detergents (surfactants) found in a variety of plants. The two major commercial sources of saponins are desert plants: *Yucca schidigera* from Mexico and *Quillaja saponaria* from Chile. *Yucca* saponins have a steroid nucleus, whereas *Quillaja* saponins are triterpenoid in structure. Saponins contain a lipophilic nucleus (steroid or triterpenoid) and one or more water-soluble carbohydrate side chains. Thus the surfactant activity is a result of both fat-soluble and water-soluble moieties in the same molecule. There are several current and potential applications of yucca and *Quillaja* products in animal nutrition. Yucca extract (YE) is used as a feed additive to reduce ammonia and fecal odors in animal excreta. Saponins, by virtue of their surfactant properties, have anti-protozoal activity. Saponins have membranolytic properties; they complex with cholesterol in protozoal cell membranes, causing cell lysis. They have antibacterial activity, and modify ruminal fermentation by suppressing ruminal protozoa and selectively inhibiting some bacteria. Ruminal ammonia concentrations are reduced. YE is used for prevention and treatment of arthritis in horses, although convincing evidence of its efficacy has not been reported. Saponins influence absorption of lipids, through formation of micelles with bile salts and cholesterol in the intestine. *Quillaja* saponins are used as adjuvants in veterinary vaccines. They are effective in both injected and orally administered vaccines, through saponin effects on cell membranes. There is evidence that oral administration of saponins may stimulate the immune system and increase resistance to a disease challenge. YE has been shown to reduce neonatal pig mortality when fed to sows in late pregnancy. Thus dietary saponin sources have several beneficial properties in animal production.

## INTRODUCTION

Saponins are natural detergents found in many plants. Saponins have detergent or surfactant properties because they contain both water-soluble and fat-soluble components. They consist of a fat-soluble nucleus, having either a steroid or triterpenoid structure, with one or more side chains of water-soluble carbohydrates (Fig. 1). Certain desert plants are especially rich in saponin content. The two major commercial sources of saponins are *Yucca schidigera*, which grows in the arid Mexican desert, and *Quillaja saponaria*, a tree that grows in arid areas of Chile. The actual and potential applications of saponins from these plants in human and animal health and nutrition will be described in this paper.

*Yucca schidigera* is native to the southwestern United States and Mexico. Currently, most commercial production of yucca products takes place in Mexico. The yucca plants are harvested by Mexican farmers and transported to processing plants. The succulent trunk of the plant (yucca logs) is the part used. The logs are mechanically macerated, and either dried and ground to produce 100% yucca powder, or the macerated material is subjected to mechanical squeezing in a press, producing yucca juice. The juice is concentrated by evaporation, with the concentrated product referred to as YE.

*Quillaja saponaria* is a tree native to Chile. Traditionally, the bark has been used as a source of saponins. Newer processing techniques use the wood as well (San Martin & Briones, 1999). The wood and bark are boiled in large tanks, the water extract is drawn off and the extract concentrated by evaporation. Quality control is achieved with reverse phase HPLC to quantify for specific quillaja saponins (San Martin & Briones, 2000).

As a consequence of their surface-active or detergent properties, saponins are excellent foaming agents, forming very stable foams. *Yucca* and *Quillaja* extracts are used in beverages, in which a stable foam is desirable. Because of their surfactant properties, they are used industrially in mining and ore separation, preparation of emulsions for photographic films, and in cosmetics such as lipstick and shampoo. Their antifungal and antibacterial properties are also important in cosmetic applications, in addition to their emollient effects. *Quillaja* saponins have even been used in bioremediation of PCB-contaminated soil (Fava & Di Gioia, 1998).

## **SAPONINS, NITROGEN METABOLISM, AND ODOR CONTROL**

*Yucca* and *Quillaja* saponin-containing extracts are currently used as dietary additives for livestock and companion animals, primarily for reduction of odour and ammonia emissions from excreta. Typical examples from the author's laboratory are shown in Table 1. Although the mode of action is not certain, the effects of YE on reducing air ammonia concentrations in livestock buildings are probably not attributable to the saponin components (Killeen et al., 1998a). These authors determined that the effects of YE on nitrogen metabolism are caused by the non-butanol extractable fraction, which contains mainly carbohydrates and has no saponins. The saponin fraction is butanol-extractable. The active ammonia-reducing constituent in YE has not been conclusively identified. Besides carbohydrate components, stilbenes may also be involved. Kong (1998) isolated a urease-inhibiting polyhydroxy stilbene (trans-tetrahydroxy-methoxystilbene). *Yucca* bark is especially rich in stilbenes (Oleszek et al., 1999), which have antioxidant activity. Makkar et al. (1999) reported that YE was more effective than *Quillaja* in binding ammonia.

Recent research (Lowe et al., 1997; Lowe & Kershaw, 1997) has shown that feeding YE to dogs and cats reduces fecal odor, as assessed by a human test panel, and alters the chemical array of fecal volatiles. Several possible modes of action were postulated by these authors, including direct binding of odiferous compounds to some component of the YE. They also noted that addition of YE to dilute aqueous solutions of odiferous compounds such as dimethyl disulfide, dimethyl sulfide, indole and skatole, ameliorated the perception of odor by humans. Killeen et al. (1998a) found that the saponin fraction of YE when fed to rats significantly reduced concentrations of indoles in the hindgut. These effects may be a result of saponin inhibition of microbial fermentation of protein (Killeen et al., 1998b).

Effects of YE on nitrogen metabolism include reductions in serum urea and ammonia (Hussain & Cheeke; 1995; Hussain et al., 1996; Killeen et al., 1998a). Killeen et al. (1998a) suggested that non-butanol-extractable YE components may alter kidney function to increase the rate of urea clearance, thus lowering blood urea and ammonia concentrations. In ruminants, feeding YE reduces rumen ammonia concentrations (Wallace et al., 1994; Hristov et al., 1999). As discussed in a following section of this paper, Saponins and Rumen Fermentation, this effect is a consequence of the suppression of ruminal protozoa by saponins.

Reductions in serum urea concentrations in cattle, as noted by Hussain & Cheeke (1995), may have some practical implications, especially in dairy cattle. Milk production and conception rates of dairy cattle can be adversely affected by high blood urea levels (Visek, 1984). The effects on reproduction may be a consequence of elevated ammonia levels in the reproductive tract; an ammonia-induced elevation in pH may reduce motility and survival of sperm. Elrod & Butler (1993) found changes in uterine pH when cows were fed high levels of fermentable protein, increasing blood urea nitrogen (BUN). The BUN and milk urea nitrogen (MUN) can be monitored to evaluate possible negative impacts of elevated blood urea and ammonia on reproduction of dairy cows (Hof et al., 1997). In Europe, it is widely believed that consumption of spring grass pasture has adverse effects on reproduction in dairy cows, as a consequence of production of large quantities of ammonia in the rumen, and subsequently high levels of plasma ammonia nitrogen (PAN) and BUN (Demaegd, G.\*, INOBIO, Romilly-sur-Andelle, France).

\*personal communication.

It can be speculated that dietary YE fed to cattle on spring grass pasture may have favorable effects on reproduction by way of reducing ruminal ammonia concentrations. However, Trevaskis & Fulkerson (1999) in Australia found no evidence that high MUN levels are associated with poor reproductive performance in dairy cows grazing tropical grass pastures. Wilson et al. (1998) found no effect of dietary YE on plasma and milk ammonia and urea concentrations.

## **SAPONINS AND RUMINAL FERMENTATION**

A consistent finding when YE is administered to ruminants is a reduction in ruminal ammonia concentrations (Wallace et al., 1994). A major source of ruminal ammonia is proteolysis of bacterial protein, occurring as a result of ingestion of ruminal bacteria by protozoa. Saponins have pronounced anti-protozoal activity. The mechanism of the anti-protozoal effects is that saponins form irreversible complexes with cholesterol. Cholesterol and other sterols are components of the cell membranes of all organisms except prokaryotes (bacteria). Thus, reductions in ruminal protozoa numbers observed when saponins are fed (Lu & Jorgensen, 1987; Wallace et al., 1994; Klita et al., 1996) and within in vitro ruminal fermentation systems (Makkar et al., 1998; Wang et al., 1998) are caused by reaction of saponins with cholesterol in the protozoal cell membrane, causing breakdown of the membrane, cell lysis, and death. The anti-protozoal activity requires the intact saponin structure with both the nucleus and side chain(s) present. Saponins may have potential as natural ruminal defaunating agents. However, a complicating factor is that saponins are hydrolyzed by ruminal bacteria that remove the carbohydrate side-chains (Makkar & Becker, 1997; Wang et al., 1998). Because there may be an adaptation of ruminal bacteria for metabolism of saponins, one approach for retaining anti-protozoal activity would be to feed saponins intermittently. Such a regimen might suppress protozoa but without the continuous presence of saponins, bacterial adaptation might also be suppressed. Thalib et al. (1995) found that administering saponins to sheep every 3 d was effective in suppressing protozoa and reducing ruminal ammonia concentrations. Primarily as a result of suppression of ruminal protozoa, dietary saponins increase the outflow of bacterial protein from the rumen (Wallace et al., 1994; Makkar and Becker, 1996).

Makkar & Becker (1997) observed that quillaja saponins were stable in the rumen for up to 6 h after administration. It is possible that this time period may be adequate for the saponins to have antiprotozoal activity. Thus, the fact that saponins are rapidly degraded in the rumen may not necessarily eliminate their capacity to suppress ruminal protozoa. The practicality of using YE to suppress rumen protozoa has been questioned (Killeen et al., 1998b), because effective concentrations (1000 to 10,000 mg/L) are much higher than those commonly applied to livestock feeds (60 to 250 mg/kg).

Although the most obvious effect of saponins on ruminal microbes is the suppression of protozoa, there are effects on ruminal bacteria (Wallace et al., 1994). Using pure cultures of ruminal bacteria, Wallace et al. (1994) observed that YE stimulated growth of *Prevotella ruminicola*, whereas the growth of *Streptococcus bovis* was suppressed. The antibacterial properties were most pronounced against Gram-positive bacteria, similar to the action of ionophores. It would be interesting to determine if there is an interaction between saponins and ionophores in ruminal fermentation. Both saponins and ionophores suppress Gram-positive bacteria and protozoa, so synergistic effects would not be surprising. In the antiprotozoal activity, they act via different mechanisms: saponins cause cell lysis by interacting with cholesterol in the protozoal cell membrane, while ionophores disrupt ion transport. Ruminal protozoa are unable to adapt to or detoxify saponins (Newbold et al., 1997).

Wang et al. in several studies (Wang et al., 1998; Wang et al., 2000a,b) noted that yucca saponins tended to promote ruminal amylolytic activity and depress cellulolytic activity. Effects on amylolytic bacteria were species dependent (Wang et al., 2000b). Gram-positive bacteria were inhibited by yucca saponin, whereas Gram-negative species were either stimulated or unaffected. The effects were similar to those of ionophores. Rumen fungi were extremely sensitive to yucca saponins (Wang, 2000b), as they are to ionophores. Wang and coworkers suggest that yucca supplementation would be most likely to be of benefit in high-grain diets for ruminants.

The mode of action of antibacterial effects of saponins seems to involve membranolytic properties, rather than simply altering the surface tension of the extracellular medium (Killeen et al., 1998b). Thus, their inhibitory activity is associated with adsorption to microbes, and is, therefore,

influenced by microbial population density. Sen et al. (1998) observed a concentration-dependent growth response of *E. coli* K-12 to *Quillaja* and yucca saponins, with growth-promoting activity at low concentrations and inhibition at higher levels. Thus the impact on a mixed bacterial population such as in the rumen is difficult to predict.

Forages with a high content of condensed tannins, such as mulga (*Acacia aneura*) in Australia may depress animal performance. Miller et al. (1997) suggested that surfactants might be effective as additives to improve mulga digestion by sheep, by solubilizing proteins bound to condensed tannins. It would be of interest to determine if yucca saponins, which have marked surfactant properties, influence protein utilization in diets containing condensed tannins. Interactions between saponins and tannins in the digestive tract have been reported by Freeland et al. (1985) and Makkar et al. (1995).

### **SAPONINS, PROTOZOAL DISEASES AND ARTHRITIS**

As discussed above, saponins suppress ruminal protozoa by the action of complexing with cholesterol in protozoal cell membranes. Antiprotozoal activity against ruminal protozoa raises the question as to whether saponins would be effective against protozoal diseases which afflict humans, livestock, and poultry. Those protozoal diseases in which part of the life cycle occurs in the gastrointestinal tract would be expected to be responsive to antiprotozoal activity of saponins. An example is the disease giardiasis, caused by the protozoan *Giardia lamblia* (also known as *G. duodenalis*). It is one of the most common intestinal pathogens in humans and animals throughout the world (Olson et al., 1995). Yucca saponins are effective in killing the giardia trophozoites in the intestine (Table 2; McAllister et al., 2001). The effect of saponins on other common livestock protozoal diseases such as coccidiosis is an area which should be investigated. In horses, various ciliated protozoa cause colitis and diarrhea (Gregory et al., 1986; French et al., 1996). There may be potential for use of yucca saponins to control protozoal diseases in horses. In the United States, yucca products are used in the horse feed industry to relieve symptoms of arthritis in horses. This use is based on work with humans (Bingham et al., 1975), suggesting that yucca saponins have antiarthritic effects, which Bingham (1976) speculated were due to antiprotozoal activity. Citing evidence from other researchers that protozoa in the intestine may contribute to arthritis, Bingham (1976) suggested "that a reduction in protozoal infestation of patients' intestines may be a yucca extract action." He quotes Dr. Roger Wyburn-Mason of England on the "protozoal theory of the cause of rheumatoid arthritis." Bingham (1976) states "in 1964, Dr. Wyburn-Mason discovered a free living protozoan, an amoeba of the *Naegleria* genus of parasites, in cases of active rheumatoid arthritis. It is a very fragile amoeba organism which can live indefinitely in the tissues of its host. He found it in all living tissues in patients with rheumatoid arthritis." Bingham (1976) further states: "Along with treatment using the antiprotozoal drugs it is important to carry out an intensive routine of nutritional vitamin and mineral therapy to help the body restore the damaged joints as much as possible."

These comments are very interesting in view of what we now know about yucca saponins. They are very effective in killing protozoa (Wallace et al., 1994; Klita et al., 1996; Wang et al., 1997, 1998). If the hypothesis of Bingham is correct, then YE may have beneficial effects on arthritis in horses by way of its anti-protozoal activity. As previously discussed, saponins react with cholesterol in protozoal cell membranes, causing the membrane to break down and the protozoal cell to lyse and die.

There are well-known interactions between rheumatoid arthritis, chronic inflammatory disease, and food and nutrition (Parke et al., 1996; Martin, 1998). Of particular importance are nutrients that stimulate formation of oxidants and peroxides (e.g. unsaturated fatty acids, iron) which promote inflammatory disease, and antioxidants (e.g. vitamin E) and omega-3 fatty acids (fish oils) which protect against auto-oxidation. Yucca saponins are known to reduce iron absorption (Southon et al., 1988) and may reduce fatty acid absorption by sequestering bile acids that are necessary for micelle formation and fat absorption (Oakenfull & Sidhu, 1989).

In a recent review, Cordain et al. (2000) state "Despite the almost universal clinical observation that inflammation of the gut is frequently associated with inflammation of the joints and vice versa, the nature of this relationship remains elusive." They report that arthritis is associated with intestinal bacterial overgrowth of *E. coli* and *Lactobacillus lactis*. Yucca saponins have

antibacterial properties (Katsunuma et al., 2000; Wang et al. 2000b). Thus a beneficial effect of yucca on arthritis could involve both anti-protozoal and anti-bacterial activities.

An interesting possibility is that yucca saponins may control the protozoa that cause the fatal disease equine protozoal myeloencephalitis (EPM). This disease has been reported from throughout North America. The protozoal organism involved has been isolated and named *Sarcocystis neurona* (Dubey et al., 1991). The protozoa invade the tissues of the central nervous system (CNS), causing fatal neurologic damage. Horses ingest the protozoal sporocysts in contaminated feed and pasture. The sporocysts sporulate in the intestine, producing sporozoites which enter the intestinal epithelial cells, where they undergo asexual reproduction to produce merozoites. These invade CNS tissue, causing disruption of function and, ultimately, fatal neurologic disease. Clinical signs include weakness, lameness, muscle atrophy, blindness and seizures. A major source of infection is opossum feces, contaminating feed and pasture (Fenger et al., 1995).

Lending support to the saponin suppression of intestinal protozoa theory is that saponins have been investigated as potential antiprotozoal agents against human disease. Saponin-containing plant extracts have protective activity against the human disease leishmaniasis (McClure & Nolan, 1996) which is second in importance only to malaria among the protozoal diseases of humans. Another significant point is that saponins stimulate the immune system (Maharaj et al., 1986), to produce an array of antigen-specific and nonspecific immune responses (Chavali & Campbell, 1987). Saponins are used as adjuvants in anti-protozoal vaccines (Bomford, 1989). Thus it is possible that dietary yucca saponins will not only have protective effects against EPM by killing sporozoites in the intestine, but they may also stimulate the immune system to give horses increased resistance against any protozoa which do invade their tissues.

As discussed in a later section (Saponins, Surfactants and Intestinal Function), saponins increase intestinal permeability by causing microlesions of the intestinal mucosa. It is possible, regarding interactions with gut protozoa, that high doses of saponins could increase the ability of infective protozoal life stages (e.g. sporozoites, trophozoites, merozoites) to invade the intestinal mucosa. Potential interactions in antiprotozoal activity of saponins with omega-3 fatty acids and spices (e.g. tumeric) should be investigated, because these natural products are effective anti-coccidial agents (Allen et al., 1998). Much research is needed on saponin effects on protozoal diseases.

## **CHOLESTEROL-SAPONIN INTERACTIONS**

It has been known for many years that saponins form insoluble complexes with cholesterol (Lindahl et al., 1957). Saponins form micelles with sterols such as cholesterol and bile acids. The hydrophobic portion of the saponin (the aglycone or sapogenin) associates (lipophilic bonding) with the hydrophobic sterol nucleus, in a stacked micellar aggregation (Oakenfull & Sidhu, 1989).

Interactions of saponins with cholesterol and other sterols account for many of the biological effects of saponins, particularly those involving membrane activity. Implications of the roles of saponins in reducing blood cholesterol levels in humans will be discussed later. Oakenfull & Sidhu (1989) reviewed the effects of dietary saponins on blood and tissue cholesterol levels in poultry. It was demonstrated over 40 years ago that dietary saponin reduces blood cholesterol levels in chickens (Newman et al., 1957; Griminger & Fisher, 1958). This effect is likely a result of saponins binding to cholesterol in the bile in the intestine, and preventing its reabsorption. Efforts to reduce egg cholesterol levels by feeding sources of saponins to laying hens have generally not been successful (Nakaue et al., 1980; Sim et al., 1984). The main source of egg cholesterol is endogenous synthesis in the ovary, so reductions in blood cholesterol in laying hens do not result in lowered egg cholesterol.

Dietary saponins also reduce blood cholesterol levels in mammals (Oakenfull & Sidhu, 1989). In livestock species, a possible application might be the use of dietary saponin to reduce meat cholesterol levels. However, because cholesterol in meat is an integral component of muscle cell membranes, it is not likely to be possible to lower meat cholesterol levels by dietary manipulations.

Cholesterol-lowering properties of saponins in humans are of obvious interest. There is little clinical trial information. Bingham et al. (1978) observed a reduction in serum cholesterol levels in

human patients receiving yucca tablets for arthritis relief. This appears to be the only study reported in which a saponin product has been given directly to human subjects.

The Masai people of East Africa have low serum cholesterol levels in spite of a diet rich in animal fat. Chapman et al. (1997) attribute the low cholesterol levels to the Masai diet, in which saponin-rich herbs are added to milk and meat-based soups.

A number of studies, such as those of Malinow et al. (1977), have shown that alfalfa saponins have hypocholesterolemic activity in non-human primates. A number of synthetic saponins have been shown to be cholesterol absorption inhibitors (Harwood et al., 1993; Morehouse et al., 1999), causing reduction in plasma non-high-density-lipoprotein cholesterol fractions.

Although it is generally accepted that the principal action of saponins on blood cholesterol is by sequestration of cholesterol and bile acids in the intestine, another possible mode of action is via increased intestinal cell turn-over rate. An increased rate of exfoliation of intestinal cells caused by the membranolytic action of saponins could result in increased loss of cell membrane cholesterol contained in the exfoliated cells (Gee & Johnson, 1988; Milgate & Roberts, 1995).

### **SAPONINS, SURFACTANT ACTIVITY, AND INTESTINAL FUNCTION**

Saponins affect the permeability of intestinal cells by forming addition complexes with sterols (e.g. cholesterol) in mucosal cell membranes (Johnson et al., 1986). These authors found that saponins increase the permeability of intestinal mucosal cells, inhibit active nutrient transport, and may facilitate the uptake of substances to which the gut would normally be impermeable. This was confirmed in a more recent study (Gee et al., 1997), in which it was demonstrated that exposure of rats to saponin increased the transmucosal uptake of the milk allergen  $\beta$ -lactoglobulin. Saponin-exposed rats developed antigen-specific antibody responses to administration of ovalbumin (Atkinson et al., 1996), indicating that saponins may increase the sensitivity of animals to dietary antigens. A purified *Quillaja* saponin has effectiveness as an agent to enhance absorption of orally administered drugs (Chao et al., 1998). Saponins from various food sources, such as oats (Onning et al., 1996) and quinoa (Gee et al., 1993) increase intestinal cell permeability. Feeding 0.15% and 0.30% *Quillaja* saponin to rainbow trout caused significant intestinal damage (Bureau et al., 1998).

Saponins, being both fat- and water-soluble, have surfactant and detergent activity. Thus they would be expected to influence emulsification of fat-soluble substances in the gut, including the formation of mixed micelles containing bile salts, fatty acids, diglycerides and fat-soluble vitamins.

Saponins form micelle-like aggregates in water (Oakenfull & Sidhu, 1989). They have a critical micelle concentration (CMC); below the CMC the molecules remain unassociated, and make an abrupt change in physical properties as they make the transition to the micellar state at the CMC. Increased temperature or pH increases the CMC, while increased salt concentration decreases it (Mitra & Dungan, 1997). In the digestion and absorption of fats, both emulsification and micelle formation are involved. Dietary lipids, mainly triglycerides, are emulsified by bile acids in the duodenum. Free fatty acids, released by lipase action, form mixed micelles with bile acids, transporting the fatty acids through an aqueous medium to the intestinal mucosal surface for absorption. Saponins would be expected to influence both fat emulsification and micelle formation.

Formation of micelles containing bile acids and saponins has been described by Oakenfull & Sidhu (1989). Bile acids and saponins form a stacked structure with the hydrophobic nuclei stacking together like a pile of coins, with the hydrophilic carbohydrate side chains of the saponin molecules extending out from the interior core. Many hundreds of saponin and bile acid molecules may aggregate in this manner, with the physical characteristic determined by the particular chemical structure of the saponin involved. For example, yucca and *Quillaja* saponins differ in the number of side chains (yucca is monodesmosidal and *Quillaja* saponins are bidesmosidal), and the charged groups (e.g. carboxyl groups) in the side chains.

Saponins act as emulsifiers, stabilizing the oil/water interface (Barla et al., 1979; Oakenfull & Sidhu, 1989). Saponins have a high capacity for solubilizing monoglycerides (Barla et al., 1979). Based on these activities, it can be speculated that dietary saponins could improve fat emulsification and digestion. However, the opposite appears to be true, with several studies

finding that dietary saponin reduces fat digestibility. For example, Reshef et al. (1976) found that dietary alfalfa saponins reduced fat digestibility in mice, although there was no effect in quail.

The major effect of saponins on lipid digestibility appears to be exerted via effects on bile acids. Saponins form micelles with bile acids (Oakenfull & Sidhu, 1989), reducing availability of bile acids for formation of micelles with fatty acids. The bioavailability of vitamins A and E may also be reduced by saponins, probably because of sequestration of bile acids (Jenkins & Atwal, 1994).

Primary bile acids are those excreted in the bile, and secondary bile acids are the result of microbial metabolism of primary bile acids. For example, cholic acid is a primary bile acid that is converted to deoxycholic acid by microbial activity in the hindgut. Saponins bind to primary bile acids, protecting them from bacterial action. Thus, with dietary saponin, formation of secondary bile acids is reduced in rats (Oakenfull et al., 1979); in pigs (Topping et al., 1980); and in humans (Potter et al., 1980).

The binding of primary bile acids by saponins may be significant in preventing colon cancer (Rao & Sung, 1995), by reducing their availability to form secondary bile acids via hindgut microbial activity. Secondary bile acids are cytotoxic and tumor promoting. In addition to the bile acids, saponins also bind to cholesterol and prevent cholesterol oxidation in the colon. Oxidized cholesterol products are promoters of colon cancer (Koratkar & Rao, 1997). Thus dietary saponins may have beneficial effects against two major human health problems: coronary heart disease (by hypocholesterolemic activity) and colon cancer (by sequestering bile acids).

Digestibility of fats in ruminants is limited by the lack of emulsifying agents in the rumen. Ramirez et al. (1998) investigated whether the inclusion of YE in a high-fat diet for feedlot cattle would improve fat utilization. However, there were no effects on ruminal or postruminal digestion of fatty acids, although there was a tendency toward reduced postruminal digestibility of fatty acids.

Feed grains such as barley, wheat and oats contain non-starch polysaccharides (NSP) such as  $\beta$ -glucans, which are viscous gums that are poorly-water soluble. They cause a "plugging-up" of the intestinal mucosa in poultry because of their high viscosity. Speculatively, saponins via their surfactant activity might be effective in improving the water-solubility of NSP, improving the feeding value of barley, wheat and oats for poultry. However, preliminary studies (H.L. Classen\*, University of Saskatchewan); A. Skrede\*, Agricultural University of Norway, As) have not shown an improvement from the feeding of YE with NSP-containing grains.

Yucca saponins are used for their surfactant activity in a commercial product for tempering grains (Salinas et al., 1999). Tempering is a chemically facilitated process by which moisture is added to grains prior to further processing.

Saponins may influence the absorption of minerals and vitamins. Southon et al. (1988) found that saponins reduce iron absorption in rats. They suggested that the mode of action involves an effect on iron transport into or across the mucosal cell, rather than a chemical binding of iron to saponin in the intestinal lumen. Formation of mineral-saponin complexes in vitro was reported by West et al. (1978), including complexes with iron. Presumably, saponin structure, with functionalities such as carboxyl groups, would influence metal binding capacities of saponins.

Effects of saponins on vitamin metabolism might be anticipated. For example, by binding bile acids, saponins impair micelle formation in the intestine. Fat-soluble vitamins form mixed micelles, necessary for their absorption. Lowered plasma and liver concentrations of vitamins A and E have been noted in chicks fed fairly high levels (0.9%) of *Quillaja* saponin (Jenkins & Atwal, 1994). Vitamin D is a sterol similar to cholesterol in structure. However, Birk & Peri (1980) found that two forms of vitamin D, ergosterol and cholecalciferol, did not precipitate with alfalfa triterpenoid saponins.

## **SAPONINS AND THE IMMUNE SYSTEM**

Saponins are of interest in terms of their effects on the immune system and their applications in vaccines. Saponins have the following implications in immunology: (1) *Quillaja* saponins are widely used as adjuvants in oral and injected vaccines, (2) saponins improve the effectiveness of orally-administered vaccines by facilitating the absorption of large molecules, and (3) oral administration of saponins increases the resistance of animals to a disease challenge, suggesting that saponins have immunostimulatory effects. These properties will be briefly discussed.

\* Personal communication.

*Quillaja* saponins have been used for many years as veterinary vaccine adjuvants (adjuvants are substances which improve the effectiveness of a vaccine). Their adjuvant activity was first reported many years ago, and they have subsequently been widely employed in veterinary vaccines, especially those for foot-and-mouth disease (Dalsgaard, 1978). The saponin adjuvants most widely used are a type called Quil A, which is a purified *Quillaja saponaria* saponin fraction (Dalsgaard, 1978). Quil A has been used to prepare an immunostimulating complex, or ISCOM. An ISCOM is prepared by solubilizing viral proteins in detergent, removing the detergent and adding Quil A. The resulting structure is a micelle, with Quil A saponin surrounded by a layer of viral protein (Morein et al, 1987). Apparently the mode of action of ISCOM involves binding of the Quil A saponin to cholesterol in membranes of macrophages or antigen-presenting cells of the immune system, facilitating uptake of the complex by the cells (Bomford, 1988). The ISCOM has been evaluated against a number of viruses, including feline leukemia virus (Osterhaus et al., 1985) and HIV (Wu et al., 1992). The Quil A saponin fraction has been further purified to increase its adjuvant potentials while minimizing side effects (Kensil et al., 1991). These purified *Quillaja* saponins generate increased immune responses by upregulating T-helper (Th-1 and Th-2) cells (Sjolander et al., 1997), as well as potentiating antigen-specific antibody responses. One of these purified *Quillaja* saponins is currently undergoing human clinical trials as a component of an influenza vaccine (Sjolander et al., 1997). Fractionation of the saponin components has shown that the immune responses generated by ISCOM can be manipulated by altering the triterpenoid saponin composition and that the triterpenoids can determine whether a T-Helper cell response occurs (Dotsika et al., 1997).

Saponins are particularly effective as adjuvants in anti-protozoal vaccines (Bomford, 1989). This is of interest because of the direct anti-protozoal activity of saponins in the gut. Saponins could thus be used in a two-pronged attack on pathogenic protozoa. This would seem to be a very promising area for further research.

In a study of *Quillaja* saponin as an adjuvant for a rabies vaccine, Chavali & Campbell (1987) noted that dietary administration of saponin increased the subsequent resistance of mice to a challenge of rabies virus. The enhanced resistance to viral infection was induced by promotion of nonspecific immune functions. One mode of action includes increased permeability of the intestinal mucosa, allowing increased uptake of viral antigen (Maharaj et al., 1986). The natural killer cell activity in mice fed *Quillaja* saponin alone was greatly enhanced and persisted for an extended period of time (Chavali & Campbell, 1987).

Saponins increase the effectiveness of oral vaccines by altering the permeability of the intestinal mucosa. Johnson et al. (1986) determined that some saponins increase the permeability of intestinal mucosal cells, facilitating the uptake of substances to which the gut would normally be impermeable. They proposed that saponins react with cholesterol in the membranes of the microvilli, causing structural lesions, a phenomenon which has subsequently been demonstrated (Gee et al., 1997). It should also be acknowledged that this effect of saponins could have negative consequences. Increased gut permeability to large molecules could increase the risk of sensitization to dietary antigens that would not normally be absorbed. Saponins also cause depolarization of intestinal membranes, altering permeability (Oleszek et al., 1994). Similar effects have been noted with oat saponins (Onning et al, 1996).

The involvement of saponins with the immune system could have numerous practical applications. One area of interest would be to determine whether administration of saponins to baby pigs could increase the passive immunization response by facilitating absorption of maternal antibodies by the young animal. The direct immunostimulatory effects noted with mice challenged with rabies virus suggest that saponin feeding to pigs and poultry under confinement conditions could be a means of enhancing resistance to disease. As Sjolander & Cox (1998) have pointed out, it is important to note that the only data on immune stimulation by saponins has been obtained with mice; there is a definite need for more research with livestock species.

In a recent study with baby pigs, administration of *Quillaja* extract did not have a significant effect on the performance or immune function of animals in response to an enteric disease challenge with *Salmonella typhimurium* (Turner et al., 2000). Phagocytic cell function was influenced to a modest but significant ( $p < 0.05$ ) degree by *Quillaja* extract. Toro et al. (2000) noted a protective effect in broiler chickens of dietary *Quillaja* saponin against a challenge with *Salmonella typhimurium*.

## STILLBIRTHS IN SWINE

Cline et al. (1996) found that feeding a YE-containing commercial feed additive to sows prior to farrowing resulted in a significant reduction in numbers of pigs born dead (stillbirths). Blood oxygen levels were higher in piglets at birth from sows fed the YE. Cline et al. (1996) suggested that the reduction in stillbirths was a result of improved blood oxygen supply to the fetuses during birth. Pre-weaning mortality was also reduced. Piglets suffering from oxygen deprivation during birth are less viable and more likely to succumb to stress of postuterine life (Herpin et al., 2001). The results of Cline et al. (1996) were later confirmed (Herpin et al., 2001), observing that dietary inclusion of whole yucca plant powder in sow diets caused a reduction in stillbirths and increased viability of neonatal pigs (Table 3). However, there were no differences in blood oxygenation between control and yucca-fed pigs. Litters with stillbirths have a higher preweaning mortality than litters without stillbirths (Leenhouders et al., 1999). The number of litters with no stillbirths was greater with the yucca treatment than in the control group (Herpin et al., 2001).

## IMPLICATIONS

Saponin-containing YE are currently used in the feed industry for control of ammonia and odor. The active components in this function are probably carbohydrates, rather than saponins. Specific roles of saponins in yucca and *Quillaja* products may involve modification of gut microbes, particularly in ruminants. Saponins suppress rumen protozoa by binding to cholesterol in the protozoal cell membrane, causing the organism to lyse and die. Saponins inhibit Gram-positive bacteria and have antifungal properties. Antiprotozoal activity against pathogenic protozoa such as giardia by saponins has been observed. *Quillaja* saponins are used as adjuvants in vaccines, and when used as dietary additives, they have immunostimulatory properties. When used as feed additives, saponins have multifaceted beneficial properties.

## REFERENCES

- AL-BAR, A.; ISMAIL, A.; CHEEKE, P.R.; NAKAUE, H.S. Effect of dietary *Yucca schidigera* extract (Deodorase) on environmental ammonia and growth performance of chickens and rabbits. *Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science*, v.44, p.106-108, 1993.
- ALLEN, P.C.; DANFORTH, H.D.; AUGUSTINE, P.C. Dietary modulation of avian coccidiosis. *International Journal for Parasitology*, v.28, p.1131-1140, 1998.
- ATKINSON, H.A.C.; JOHNSON, I.T.; GEE, J.M.; GRIGORIADOU, F.; MILLER, K. Brown Norway rat model of food allergy: Effect of plant components on the development of oral sensitization. *Food and Chemical Toxicology*, v.34, p.27-32, 1994.
- BARLA, P.; LARSSON, K.; LJUSBERG-WAHREN, H.; NORIN, T.; ROBERTS, K. Phase equilibria in a ternary system saponin-sunflower oil monoglycerides-water; Interactions between aliphatic and alicyclic amphiphiles. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.30, p.864-868, 1979.
- BINGHAM, R. New and effective approaches to the prevention and treatment of arthritis. *Journal of Applied Nutrition*, v.28, p.38-47, 1976.
- BINGHAM, R.; BELLOW, B.A.; BELLOW, J.G. Yucca plant saponin in the management of arthritis. *Journal of Applied Nutrition*, v.27, p.45-51, 1975.
- BINGHAM, R.; HARRIS, D.H.; LAGA, T. Yucca plant saponin in the treatment of hypertension and hypercholesterolemia. *Journal of Applied Nutrition*, v.30, p.127-136, 1978.

- BIRK, Y.; PERI, I. SAPONINS. In: LIENER, I.E. (Ed.). *Toxic constituents of plant foodstuffs*. New York: Academic Press, 1980. p.161-182.
- BOMFORD, R. Immunomodulators from plants and fungi. *Phytotherapy Research*, v.2, p.159-164, 1988.
- BOMFORD, R. Adjuvants for anti-protozoal vaccines. *Parasitology Today*, v.5, p.41-46, 1989.
- BUREAU, D.P.; HARRIS, A.M.; YOUNG CHO, C. The effects of purified alcohol extracts from soy products on feed intake and growth of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, v.161, p.27-43, 1988.
- CHAO, A.C.; NGUYEN, J.V.; BROUGHALL, M.; RECCHIA, J.; KENSIL, C.R.; DADDONA, P.E.; FIX, J.A. Enhancement of intestinal model compound transport by DS-1, a modified *Quillaja* saponin. 1998. *Journal of Pharmaceutical Science*, v.87, p.1395-1399, 1998.
- CHAPMAN, L.; JOHNS, T.; MAHUNNAH, R.L.A. Saponin-like in vitro characteristics of extracts from selected non-nutrient wild plant food additives used by Maasai in meat and milk based soups. *Ecology of Food and Nutrition*, v.36, p.1-22, 1997.
- CHAVALI, S.R.; CAMPBELL, J.B. Immunomodulatory effects of orally-administered saponins and nonspecific resistance against rabies infection. *International Archives of Allergy and Applied Immunology*, v.84, p.129-134, 1987.
- CLINE, J.L.; FISHER, B.A.; TROTTIER, N.L.; WALKER, R.D.; EASTER, R.A. Effect of feeding MICRO-AID on stillbirths, pre-weaning mortality, blood oxygen values of piglets and blood urea nitrogen in sows. *Journal of Animal Science*, v.74, p.189, 1996. Suplemento 1.
- CORDAIN, L.; TOOHEY, L.; SMITH, M.J.; HICKEY, M.S. Modulation of immune function by dietary lectins in rheumatoid arthritis. *British Journal of Nutrition*, v.83, p.207-217, 2000.
- DALSGAARD, K. A study of the isolation and characterization of the saponin Quil A. Evaluation of its adjuvant activity, with a special reference to the application in the vaccination of cattle against foot-and-mouth disease. *Acta Veterinaria Scandinavica*, v.19, p.7-40, 1978.
- DOTSIKA, E.; KARAGOUNI, E.; SUNDQUIST, B.; MOREIN, B.; MORGAN, A.; VILLACRES-ERIKSSON, M. Influence of *Quillaja saponaria* triterpenoid content on the immunomodulatory capacity of Epstein-Barr virus iscoms. *Scandinavian Journal of Immunology*, v.45, p.261-268, 1997.
- DUBEY, J.P.; DAVIS, S.W.; SPEER, C.A.; BOWMAN, D.D.; DE LAHUNTA, A.N.; GRANSTROM, D.E.; TOPPER, M.J.; HAMIR, A.N.; CUMMINGS, J.F.; SUTER, M.M. *Sarcocystis neurona* N. SP. (Protozoa: Apicomplexa), the etiologic agent of equine protozoal myeloencephalitis. *Journal of Parasitology*, v.77, p.212-218, 1991.
- ELROD, C.C.; BUTLER, W.R. Reduction of fertility and alteration of uterine pH in heifers fed excess ruminally degradable protein. *Journal of Animal Science*, v.71, p.694-701, 1993.
- FAVA, F.; DI GIOIA, D. Effects of Triton X-100 and Quillaya Saponin on the ex situ bioremediation of a chronically polychlorobiphenyl-contaminated soil. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v.50, p.623-630, 1998.
- FENGER, C.K.; GRANSTROM, D.E.; LANGEMELER, J.L.; STAMPER, S.; DONAHUE, J.M.; PATTERSON, J.S.; GAJADHAR, A.A.; MARTENIUK, J.V.; XLAOMIN, Z.; DUBEY, J.P. Identification of opossums (*Didelphis virginia*) as the putative definitive host of *sarcocystis neurona*. *Journal of Parasitology*, v.88, p.916-919, 1995.
- FREELAND, W.J.; CALCOTT, P.H. and ANDERSON, L.R. Tannins and saponin: Interaction in herbivore diets. *Biochemical Systematics and Ecology*, v.13, n.2, p.189-193, 1985.

- FRENCH, R.A.; MEIER, W.A.; ZACHARY, J.F. Eosinophilic colitis and hepatitis in a horse with colonic intramucosal ciliated protozoa. *Veterinary Pathology*, v.33, p.235-238, 1996.
- GEE, J.M.; JOHNSON, I.T. Interactions between hemolytic saponins, bile salts and small intestinal mucosa in the rat. *Journal of Nutrition*, v.118, p.1391-1397, 1988.
- GEE, J.M.; PRICE, K.R.; RIDOUT, C.L.; WORTLEY, G.M.; HURRELL, R.F.; JOHNSON, I.T. Saponins of quinoa (*Chenopodium quinoa*): Effects of processing on their abundance in quinoa products and their biological effects on intestinal mucosal tissue. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.63, p.201-209, 1993.
- GEE, J.M.; WAL, J.M.; MILLER, K.; ATKINSON, H.; GRIGORIADOU, F.; WIJNANDS, M.V.W.; PENNINKS, A.H.; WORTLEY, G.; JOHNSON, I.T. Effect of saponin on the transmucosal passage of  $\beta$ -lactoglobulin across the proximal small intestine of normal and  $\beta$ -lactoglobulin-sensitized rats. *Toxicology*, v.117, p.219-228, 1997.
- GREGORY, M.W.; LONGSTAFF, J.A.; GILES, C.J. Tissue invading ciliates associated with chronic colitis in a horse. *Journal of Comparative Pathology*, v.96, p.109-114, 1986.
- GRIMINGER, P.; FISHER, H. Dietary saponin and plasma cholesterol in the chicken. *Proceedings of the Society of Experimental Biology and Medicine*, v.99, p.424-426, 1958.
- HARWOOD, JUNIOR, H.J.; CHANDLER, C.E.; PELLARIN, L.D.; BANGERTER, F.W.; WILKINS, R.W.; LONG, C.A.; COSGROVE, P.G.; MALINOW, M.R.; MARZETTA, C.A.; PETTINI, J.L.; SAVOY, Y.E.; MAYNE, J.T. Pharmacologic consequences of cholesterol absorption inhibition: alteration in cholesterol metabolism and reduction in plasma cholesterol concentration induced by the synthetic saponin  $\beta$ -tigogenin cellobioside (CP-88818; tiqueside). *Journal of Lipid Research*, v.34, p.377-395, 1993.
- HERPIN, P.; LEDIVIDICH, J.; HULIN, J.C.; FILLAUT, M.; DEMARCO, F.; BERTIN, R. Effects of the level of asphyxia during delivery on viability at birth and early postnatal vitality of newborn pigs. *Journal of Animal Science*, v.74, p.2067-2075, 1996.
- HERPIN, P.; VINCENT, A.; DEMAEGDT, G.; CHEEKE, P.R. Effect of feeding *Yucca schidigera* (DK Powder) to the sow on piglet blood oxygenation and survival. *Animal Feed Science and Technology*, 2001 (no prelo).
- HOF, G.;VERVOORN, M.D.; LENAERS, P.J.; TAMMINGA, S. Milk urea nitrogen as a tool to monitor the protein nutrition of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.80, p.3333-3340, 1997.
- HRISTOV, A.N.; MCALLISTER, T.A.; VAN HERK, F.H.; CHENG, K.-J.; NEWBOLD, C.J.; CHEEKE, P.R. Effect of *Yucca schidigera* on ruminal fermentation and nutrient digestion in heifers. *Journal of Animal Science*, v.77, p.2554-2563, 1999.
- HUSSAIN, I.; CHEEKE, P.R. Effect of dietary *Yucca schidigera* extract on rumen and blood profiles of steers fed concentrate- or roughage-based diets. *Animal Feed Science and Technology*, v.51, p.231-242, 1995.
- HUSSAIN, I.; ISMAIL, A.M.; CHEEKE, P.R. Effects of feeding *Yucca schidigera* extract in diets varying in crude protein and urea contents on growth performance and cecum and blood urea and ammonia concentration of rabbits. *Animal Feed Science and Technology*, v.62, p.121-129, 1996.
- JENKINS, K.J.; ATWAL, A.S. Effects of dietary saponins on fecal bile acids and neutral sterols, and availability of vitamins A and E in the chick. *Journal of Nutritional Biochemistry*, v.5, p.134-137, 1994.
- JOHNSON, I.T.; GEE, J.M.; PRICE, K.R.; CURL, C.; FENWICK, G.R. Influence of saponins on gut permeability and active nutrient transport in vitro. *Journal of Nutrition*, v.116, p.2270-2277, 1986.

KATSUNUMA, Y.; NAKAMURA, Y.; TOYODA, A.; MINATO, H. Effect of *Yucca schidigera* extract and saponins on growth of bacteria isolated from animal intestinal tract. *Journal of Animal Science*, v.71, p.164-170, 2000.

KENSIL, C.R.; PATEL, U.; LENNICK, M.; MARCIANI, D. Separation and characterization of saponins with adjuvant activity from *Quillaja saponaria* Molina cortex. *Journal of Immunology*, v.146, p.431-437, 1991.

KILLEEN, G.F.; CONNOLLY, C.R.; WALSH, G.A.; DUFFY, C.F.; HEADON, D.R.; POWER, R.F. The effects of dietary supplementation with *Yucca schidigera* extract or fractions thereof on nitrogen metabolism and gastrointestinal fermentation processes in the rat. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.76, p.91-99, 1998a.

KILLEEN, G.F.; MADIGAN, C.A.; CONNOLLY, C.R.; WALSH, G.A.; CLARK, C.; HYNES, M.J.; TIMMINS, B.F.; JAMES, P.; HEADON, D.R.; POWER, R.F. Antimicrobial saponins of *Yucca schidigera* and the implications of their in vitro properties for their in vivo impact. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.46, p.3178-3186, 1998b.

KLITA, P.T.; MATHISON, G.W.; FENTON, T.W.; HARDIN, R.T. Effects of alfalfa root saponins on digestive function in sheep. *Journal of Animal Science*, v.74, p.1144-1156, 1996.

KONG, Z. *Separation and characterization of biologically important substances*. Champaign: University of Illinois at Urbana, 1998. PhD Thesis.

KORATKAR, R.; RAO, A.V. Effect of soya bean saponins on azoxymethane-induced preneoplastic lesions in the colon of mice. *Nutritional Cancer*, v.27, p.206-209, 1997.

LEEHOUWERS, J.I.; VAN DER LENDE, T.; KNOL, E.F. Analysis of stillbirth in different lines of pig. *Livestock Production Science*, v.57, p.243-253, 1999.

LINDAHL, I.L.; SHALKOP, W.T.; DOUGHERTY, R.W.; THOMPSON, C.R.; VAN ATTA, G.R.; BICKOFF, E.M.; WALTER, E.D.; LIVINGSTON, A.G.; GUGGOLZ, J.; WILSON, R.H.; SIDEMAN, M.B.; EDS, F. de. *Alfalfa saponins: studies on their chemical, pharmacological, and physiological properties in relation to ruminant bloat*. Washington, D.C.: USDA, 1957. (Technical Bulletin, 1161).

LOWE, J.A.; KERSHAW, S.J. The ameliorating effect of *Yucca schidigera* extract on canine and feline faecal aroma. *Research in Veterinary Science*, v.63, p.61-66, 1997.

LOWE, J.A.; KERSHAW, S.J.; TAYLOR, A.J.; LINFORTH, R.S.T. The effect of *Yucca schidigera* extract on canine and feline faecal volatiles occurring concurrently with faecal aroma amelioration. *Research in Veterinary Science*, v.63, p.67-71, 1997.

LU, C.D.; JORGENSEN, N.A. Alfalfa saponins affect site and extent of nutrient digestion in ruminants. *Journal of Nutrition*, v.117, p.919-927, 1987.

MAHARAJ, I.; FROH, K.J.; CAMPBELL, J.B. Immune responses of mice to inactivated rabies vaccine administered orally. *Canadian Journal of Microbiology*, v.32, p.414-420, 1986.

MAKKAR, H.P.S.; BLUMMEL, M.; BECKER, K. *In vitro* effects of and interactions between tannins and saponins and fate of tannins in the rumen. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.69, p.481-493, 1995.

MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. Effect of quillaja saponins on *in vitro* rumen fermentation. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, v.405, p.387-394, 1996.

MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. Degradation of quillaja saponins by mixed culture of rumen microbes. *Letters in Applied Microbiology*, v.25, p.243-245, 1997.

- MAKKAR, H.P.S.; SEN, S.; BLUMMEL, M.; BECKER, K. Effects of fractions containing saponins from *Yucca schidigera*, *Quillaja saponaria*, and *Acacia auriculiformis* on rumen fermentation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.46, p.4324-4328, 1998.
- MAKKAR, H.P.S.; AREGHEORE, E.M.; BECKER, K. Effect of saponins and plant extracts containing saponins on the recovery of ammonia during urea-ammoniation of wheat straw and fermentation kinetics of the treated straw. *Journal of Agricultural Science*, v.132, p.313-321, 1999.
- MALINOW, M.R.; MCLAUGHLIN, P.; KOHLER, G.O.; LIVINGSTON, A.L. Prevention of elevated cholesterolemia in monkeys. *Steroids*, v.29, p.105-110, 1977.
- MARTIN, R.H. The role of nutrition and diet in rheumatoid arthritis. *Proceedings of the Nutrition Society*, v.57, p.231-234, 1998.
- MCALLISTER, T.A.; ANNETT, C.B.; COCKWILL, C.L.; OLSON, M.E.; YANG, Y.; CHEEKE, P.R. Studies on the use of *Yucca schidigera* to control giardiasis. *Veterinary Parasitology*, v.97, p.85-99, 2001.
- MCCLURE, C.D.; NOLAN, L.L. Herb extracts as potential antiprotozoal agents. *Acta Horticultura*, v.426, p.91-103, 1996.
- MILGATE, J.; ROBERTS, D.C.K. The nutritional and biological significance of saponins. *Nutrition Research*, v.15, p.1223-1249, 1995.
- MILLER, S.M.; PRITCHARD, D.A.; EADY, S.J.; MARTIN, P.R. Polyethylene glycol is more effective than surfactants to enhance digestion and production in sheep fed mulga (*Acacia aneura*) under pen and paddock conditions. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.48, p.1121-1127, 1997.
- MITRA, S.; DUNGAN, S.R. Micellar properties of Quillaja saponin. 1. Effects of temperature, salt, and pH on solution properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.45, p.1587-1595, 1997.
- MOREHOUSE, L.A.; BANGERTER, F.-W.; DENINNO, M.P.; INSKEEP, P.B.; MCCARTHY, P.A.; PETTINI, J.L.; SAVOY, Y.E.; SUGARMAN, E.D.; WILKINS, R.W.; WILSON, T.C.; WOODY, H.A.; ZACCARO, L.M.; CHANDLER, C.E. Comparison of synthetic saponin cholesterol absorption inhibitors in rabbits: evidence for a non-stoichiometric, intestinal mechanism of action. *Journal of Lipid Research*, v.40, p.464-474, 1999.
- MOREIN, B.; LOVGREN, K.; HOGLUND, S.; SUNDQUIST, B. The ISCOM: an immunostimulating complex. *Immunology Today*, v.8, p.333-338, 1987.
- NAKAUE, H.S.; LOWRY, R.R.; CHEEKE, P.R.; ARSCOTT, G.H. The effect of dietary alfalfa of varying saponin content on yolk cholesterol level and layer performance. *Poultry Science*, v.59, p.2744-2748, 1980.
- NEWBOLD, C.J.; EL HASSAN, S.M.; WANG, J.; ORTEGA, M.E.; WALLACE, R.J. Influence of foliage from African multipurpose trees on activity of rumen protozoa and bacteria. *British Journal of Nutrition*, v.78, p.237-249, 1997.
- NEWMAN, H.A.; KUMMEROW, F.A.; SCOTT, H.H. Dietary saponin, a factor which may reduce liver and serum cholesterol levels. *Poultry Science*, v.37, p.42-46, 1957.
- OAKENFULL, D.; SIDHU, G.S. Saponins. In: CHEEKE, P.R. (Ed.). *Toxicants of plant origin*, Boca Raton: CRC Press, 1989. v.2, p.97-141.
- OAKENFULL, D.G.; FENWICK, D.E.; HOOD, R.L. Effects of saponins on bile acids and plasma lipids in the rat. *British Journal of Nutrition*, v.42, p.209-216, 1979.

- OLESZEK, W.; NOWACKA, J.; GEE, J.M.; WORLEY, G.M.; JOHNSON, I.T. Effects of some purified alfalfa (*Medicago sativa*) saponins on transmural potential difference in mammalian small intestine. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.65, p.35-39, 1994.
- OLESZEK, W.; SITEK, M.; STOCHMAL, A.; BURDA, S.; CHEEKE, P. Saponin and phenolic constituents from *Yucca schidigera* bark (Abst.). In: INSTITUTE OF SOIL SCIENCE AND PLANT CULTIVATION. *Saponins in food, feedstuffs and medicinal plants*. Pulawy, Poland, 1999. p.31.
- OLSON, M.E.; MCALLISTER, T.A.; DESELLIERS, L.; MORCK, D.W.; CHENG, K.-J.; BURET, A.G.; CERI, H. Effect of giardiasis on production in a domestic ruminant (lamb) model. *American Journal of Veterinary Research*, v.56, p.1470-1474, 1995.
- ONNING, G.; WANG, Q.; WESTROM, B.R.; ASP, N.-G.; KARLSSON, B.W. Influence of oat saponins on intestinal permeability *in vitro* and *in vivo* in the rat. *British Journal of Nutrition*, v.76, p.141-151, 1996.
- OSTERHAUS, A.; WEIJER, K.; UYTDEHAAG, F.; JARRETT, O.; SUNDQUIST, B.; MOREIN, B. Induction of protective immune response in cats by vaccination with feline leukemia virus ISCOM. *Journal of Immunology*, v.135, p.591-596, 1985.
- PARKE, A.L.; PARKE, D.V.; JONES, F.A. Diet and nutrition in rheumatoid arthritis and other chronic inflammatory diseases. *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition*, v.20, p.1-26, 1996.
- POTTER, J.D.; ILLMAN, R.J.; CALVERT, G.D.; OAKENFULL, D.G.; TOPPING, D.L. Soya saponins, plasma lipids, lipoproteins and fecal bile acids: A double blind cross-over study. *Nutrition Reports International*, v.22, p.521-528, 1980.
- RAMIREZ, J.E.; ALVAREZ, E.G.; CHAI, W.; MONTANO, M.F.; ZINN, R.A. Influence of saponins on fatty acid digestion in steers fed a high-fat finishing diet. *Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science*, v.49, p.297-300, 1998.
- RAO, A.V.; SUNG, M.-K. Saponins as anticarcinogens. *Journal of Nutrition*, v.125, p.717s - 724s, 1995. Suplemento 3.
- RESHEF, G.; GESTETNER, B.; BIRK, Y.; BONDI, A. Effects of alfalfa saponins on the growth and some aspects of lipid metabolism of mice and quails. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.27, p.63-72, 1976.
- SALINAS, J.; ALVAREZ, E.G.; ZINN, R.A. Influence of tempering on the feeding value of steam-flaked sorghum for feedlot cattle. *Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science*, v.50, p.325-330, 1999.
- SAN MARTIN, R.; BRIONES, R. Industrial uses and sustainable supply of *Quillaja saponaria* (Rosaceae) saponins. *Economic Botany*, v.53, p.302-311, 1999.
- SAN MARTIN, R.; BRIONES, R. Quality control of commercial quillaja (*Quillaja saponaria* Molina) extracts by reverse phase HPLC. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.80, p.2063-2068, 2000.
- SEN, S.; MAKKAR, H.P.S.; MUETZEL, S.; BECKER, K. Effect of *Quillaja saponaria* saponins and *Yucca schidigera* plant extract on growth of *Escherichia coli*. *Letters in Applied Microbiology*, v.27, p.35-38, 1998.
- SIM, J.S.; KITTS, W.D.; BRAGG, D.B. Effect of dietary saponin on egg cholesterol level and laying hen performance. *Canadian Journal of Animal Science*, v.64, p.977-984, 1984.
- SJOLANDER, A.; COX, J.C. Uptake and adjuvant activity of orally delivered saponin and ISCOM vaccines. *Advances in Drug Delivery Reviews*, v.34, p.321-338, 1998.
- SJOLANDER, A.; VAN'T LAND, B.; LOVGREN BENGTTSSON, K. Iscoms containing purified *Quillaja* saponins upregulate both Th1-like and Th2-like immune responses. *Cellular Immunology*, v.177, p.69-76, 1997.

- SOUTHON, S.; WRIGHT, A.J.A.; PRICE, K.R.; FAIRWEATHER-TAIT, S.J.; FENWICK, G.R. The effect of three types of saponin on iron and zinc absorption from a single meal in the rat. *British Journal of Nutrition*, v.59, p.389-396, 1988.
- THALIB, A.; WIDIAWATI, Y.; HAMID, H.; SUHERMAN, D.; SABRANI, M. The effects of saponin from *Sapindus rarak* fruit on rumen microbes and host animal growth. *Annales de Zootechnie*, v.44, p.161, 1995. Suplemento.
- TOPPING, D.L.; STORER, G.B.; CALVERT, G.D.; ILLMAN, R.J.; OAKENFULL, D.G.; WELLER, R.A. Effects of dietary saponins on fecal bile acids and neutral sterols, plasma lipids, and lipoprotein turnover in the pig. *American Journal of Clinical Nutrition*, v.33, p.783-786, 1980.
- TORO, H.; CESARIO, M.T.; SAN MARTIN, R.; BORIE, C. Protective effect of dietary *Quillaja saponaria* saponin in chickens against challenge with *Salmonella typhimurium*. Santiago: University of Chile, 2000. Não publicado.
- TREVASKIS, L.M.; FULKERSON, W.J. The relationship between various animal and management factors and milk urea, and its association with reproductive performance of dairy cows grazing pasture. *Livestock Production Science*, v.57, p.255-265, 1999.
- TURNER, J.L.; DRITZ, S.S.; WERNER, J.R.; HILL, C.M.; SKJOLAAS, K.; HOGGE, S.; HERKLEMAN, K.; MINTON, J.E. Effects of a *Quillaja saponaria* extract on weanling pig growth performance and immune function during an acute enteric disease challenge. In: KANSAS STATE UNIVERSITY SWINE DAY, 2000, Kansas. Proceedings... Kansas: Kansas State University, 2000. p.37-40.
- VISEK, W.J. Ammonia: Its effects on biological systems, metabolic hormones and reproduction. *Journal of Dairy Science*, v.67, p.481-498, 1984.
- WALLACE, R.J.; ARTHAUD, L.; NEWBOLD, C.J. Influence of *Yucca schidigera* extract on ruminal ammonia concentrations and ruminal microorganisms. *Applied Environmental Microbiology*, v.60, p.1762-1767, 1994.
- WANG, T.; MCALLISTER, T.A.; NEWGOLD, C.J.; CHEEKE, P.R.; CHENG, K.-J. Effects of yucca extract on fermentation and degradation of saponins in the Rusitec. *Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science*, v.48, p.149-152, 1997.
- WANG, Y.; MCALLISTER, T.A.; NEWBOLD, C.J.; RODE, L.M.; CHEEKE, P.R.; CHENG, K.-J. Effects of *Yucca schidigera* extract on fermentation and degradation of steroidal saponins in the rumen simulation technique (RUSITEC). *Animal Feed Science and Technology*, v.74, p.143-153, 1998.
- WANG, Y.; MCALLISTER, T.A.; YANKE, L.J.; XHONG, J.X.; CHEEKE, P.R. *In vitro* effects of steroidal saponins from *Yucca schidigera* extract on rumen microbial protein synthesis and ruminal fermentation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.80, p.2114-2122, 2000a.
- WANG, Y.; MCALLISTER, T.A.; YANKE, L.J.; CHEEKE, P.R. Effect of steroidal saponin from *Yucca schidigera* extract on ruminal microbes. *Journal of Applied Microbiology*, v.88, p.887-896, 2000b.
- WEST, L.G.; GREGER, J.L.; WHITE, A.; NONNAMAKER, B.J. In vitro studies on saponin-mineral complexation. *Journal of Food Science*, v.43, p.1342-1343, 1978.
- WILSON, R.C.; OVERTON, T.R.; CLARK, J.H. Effects of *Yucca schidigera* extract and soluble protein on performance of cows and concentrations of urea nitrogen in plasma and milk. *Journal of Dairy Science*, v.81, p.1022-1027, 1998.
- WU, J.-Y.; GARDNER, B.H.; MURPHY, C.I.; SEALS, JR, KENSIL, C.R.; RECCHIA, J.; BELTS, GA.; NEWMAN, G.W.; NEWMAN, M.J. Saponin adjuvant enhancement of antigen-specific immune responses to an experimental HIV-1 vaccine. *Journal of Immunology*, v.148, p.1519-1525, 1992.



**Table 2** - Effect of yucca saponin on giardia encysted in intestine of gerbils (McAllister et al., 2001).

Animal #	Giardia Trophozoites/cm of Gut	
	Duodenum	Jejunum
Control:		
1	6.72	6.26
2	6.45	5.60
3	6.81	6.23
4	6.98	5.60
5	7.00	5.90
Mean	6.79	5.92
Yucca saponin (0.5 ml)		
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	5.78	0
5	5.30	5.00
Mean	2.22	1.00

**Table 3** - Effects of dietary yucca extract in sow diets on baby pig survival.

	Illinois study*		INRA study **	
	Control	Yucca Extract	Control	Yucca Powder
No. stillbirths/litter	0.85 <sup>a</sup>	0.50 <sup>b</sup>	0.78 <sup>a</sup>	0.50 <sup>b</sup>
Pre-weaning mortality, %	18.1 <sup>a</sup>	13.4 <sup>b</sup>	15.5	11.3
Litters with no mortality, %			33.0	70.0
Piglet blood O <sub>2</sub> , %	68.5 <sup>a</sup>	76.1 <sup>b</sup>	77.4	74.8

a different than b (p < 0.05). \* Cline et al. (1996) \*\* Herpin (2001).

# UMA ABORDAGEM PARA A QUESTÃO DO NITROGÊNIO E MAUS ODORES EM DEJETOS SUÍNOS

**Airton Kunz**

*Químico Ind. DSc*

*Gestão Ambiental - Embrapa Suínos e Aves*

*e-mail: airton@cnpesa.embrapa.br*

## INTRODUÇÃO

A suinocultura no estado de Santa Catarina apresenta um papel de grande destaque causando grandes influências sociais, culturais e econômicas no estado. O Brasil possui o quarto plantel mundial de suínos com cerca de 34 milhões de cabeças e o estado de Santa Catarina responde por cerca de 13 % deste total constituindo-se no maior produtor regional da América Latina (Belli Filho et al., 2001).

Aliado a este fato, observam-se algumas mudanças recentes no que se refere a mudanças no sistema de produção com um rápido incremento do sistema confinado. Além disso começam a surgir alguns megaemprendimentos na área, aumento do número de animais por granja no sentido de tornar o sistema mais viável economicamente diminuindo-se assim os custos de produção. Contudo isto também tem agravado ainda mais os problemas ambientais uma vez que as preocupações com o impacto ambiental causado pelo setor não tem acompanhado os investimentos para aumentar a eficiência da produção (Oliveira, 2002; Zanotelli, 2002).

Os principais problemas ambientais associados aos dejetos suínos são sua alta carga orgânica, nutrientes (nitrogênio e fósforo) e algumas espécies metálicas como por exemplo Ferro, Cobre e Zinco que são incluídos na dieta dos animais. A concentração dos componentes pode variar largamente em função do sistema de manejo adotado e da quantidade de água e nutrientes em sua composição (Diesel et al., 2002).

A alta carga orgânica e de nutrientes presentes no dejetos suínos quando não corretamente tratados causam um grande impacto sobre a biota dos corpos receptores. Quando lançados sem um correto tratamento, os dejetos suínos favorecem o crescimento de microrganismos, diminuem o oxigênio dissolvido da água (fruto da alta atividade microbiana), causam a eutrofização dos corpos receptores (pelo aporte de N e P), a presença de maus odores além do aparecimento de vetores de contaminação como insetos e roedores dentre outros problemas (Torre et al., 2000).

### **A problemática ambiental do aporte de nitrogênio e dos odores emitidos pelos dejetos suínos:**

Em fase aquosa o nitrogênio está presente em várias formas e estados de oxidação sendo as espécies de maior relevância, o nitrogênio orgânico dissolvido e particulado, o nitrogênio amoniacal ( $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ ), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ).

As estratégias para remoção de nitrogênio podem ser divididas em 3 processos (Bitton, 1994; Zanotelli, 2002):

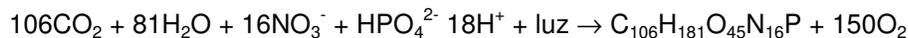
**Volatilização de Amônia:** Em fase aquosa os íons amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) se encontram em equilíbrio com a amônia ( $\text{NH}_3$ ) como mostra a equação:



Quando o pH é elevado acima de 7 o equilíbrio se desloca para a esquerda, (sendo fortemente deslocado acima de pH 9), desta forma o gás é volatilizado ou ainda pode ser extraído por arraste ("air stripping"). Este sistema apresenta alguns problemas como formação de incrustações e baixo rendimento quando operado a baixas temperaturas. Um outro problema

bastante sério do sistema é a descarga de  $\text{NH}_3$  e de compostos de odor desagradável na atmosfera que geram vários problemas de poluição do ar.

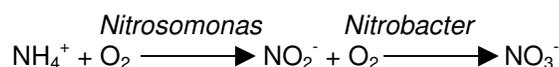
**Assimilação de nitrogênio por algas:** A remoção é promovida pelo crescimento celular de algas conforme mostra a equação abaixo:



Os principais convenientes deste processo são a necessidade de grandes áreas e a disposição final da biomassa algal.

**Nitrificação/desnitrificação:** Este processo biológico ocorre em duas fases, primeiramente o  $\text{NH}_4^+$  é convertido a  $\text{NO}_3^-$  e na segunda fase o  $\text{NO}_3^-$  é reduzido a  $\text{N}_2$ .

**Nitrificação:** O processo de nitrificação é aeróbio e envolve bactérias nitrificantes principalmente do gênero *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*.



Estas bactérias são autotróficas, seu crescimento não depende da matéria orgânica, utilizando o  $\text{CO}_2$  como fonte de carbono e compostos inorgânicos (ex:  $\text{NH}_4^+$ ) para obter energia. A etapa de nitrificação constitui-se na etapa mais lenta do processo de remoção de nitrogênio e, embora pareça bastante simples, deve ser controlada com bastante rigor, pois caso contrário os próprios produtos do seu metabolismo causarão um aumento da toxicidade do meio diminuindo sua atividade.

*Efeito da temperatura:* O processo de nitrificação ocorre numa faixa de temperatura de 4<sup>o</sup> a 45<sup>o</sup> C, sendo 35<sup>o</sup> C ótima para *Nitrosomonas* e de 35<sup>o</sup> a 42<sup>o</sup> C ótima para *Nitrobacter*.

*Efeito do Oxigênio dissolvido (OD):* A taxa de OD tem efeito bastante significativo na remoção de nitrogênio. O crescimento das *Nitrosomonas* é garantido com OD maior que 2,0mg L<sup>-1</sup>.

*Efeito do pH:* É interessante manter-se o pH na faixa da neutralidade (6,5 – 8,0) para que este não tenha efeito inibitório e que o ácido nitroso (um intermediário forma do na nitrificação) não tenha efeito tóxico sobre as batérias.

**Desnitrificação:** Este processo ocorre em condições anaeróbias e heterotróficas e o nitrato é utilizado como aceptor de elétrons de acordo com a sequência abaixo:



Vários microrganismos são capazes de promover a desnitrificação, como as do gênero *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Alcaligenes*, etc. A presença de matéria orgânica é essencial para que o processo se desenvolva a contento já esta funciona como doadora de elétrons, que pode ser suprida através de compostos puros (ex.: ácido acético e metanol) ou pelo próprio resíduo a ser tratado.

A questão da poluição atmosférica tem despertado grande interesse sobretudo desde o início da década passada. Efeito estufa, destruição da camada de ozônio, etc têm sido temas correntes de discussão. A suinocultura também tem sofrido transformações, conforme já discutido anteriormente, caminhando no sentido de concentrar seu sistema de produção para diminuir custos. Além disso a proximidade cada vez maior das granjas a centros urbanos tem causado problemas quanto a poluição do ar, relacionados principalmente ao conforto ambiental da população circunvizinha.

Os compostos responsáveis pela emissão de odores em dejetos suínos podem ser divididos em quatro grandes classes conforme tabela abaixo (Zhu, 2000):

**Tabela 1** - Principais famílias de compostos químicos que se destacam na produção de odores em dejetos suínos.

<b>Classe química</b>	<b>Principais compostos</b>	<b>Como são gerados</b>
<b>Ácidos graxos voláteis</b>	ac. acético, ac. propiônico, ac. butírico, ac. valérico, etc.	Degradação de proteínas e aminoácidos
<b>Indóis e fenóis</b>	Indol, escatol, cresol e fenol	Degradação da tirosina, fenilalanina e triptofano
<b>Amônia e aminas voláteis</b>	Amônia, putrescina, cadaverina, metilamina e cadaverina	Degradação da uréia, decomposição de aminoácidos
<b>H<sub>2</sub>S e mercaptanas</b>	H <sub>2</sub> S e metil e etil mercaptanas	Redução de sulfato e degradação de aminoácidos contendo enxofre.

## ESTRATÉGIAS PARA DIMINUIÇÃO DE MAUS ODORES DE DEJETOS SUÍNOS

**Agentes oxidantes:** Consiste na utilização de fortes agentes oxidantes para transformar-se quimicamente os compostos odorantes. Alguns produtos químicos têm sido testados como por exemplo, KMnO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e O<sub>3</sub> mostrando-se bastante eficientes mas durante curtos períodos de tempo, devido dentre outros fatores, a necessidade do alto consumo de reagentes fruto da alta carga orgânica do dejetos.

**Agentes de mascaramento:** São misturas de óleos aromáticos com forte odor que se sobrepõe ao odor do dejetos, são bastante eficientes para resolver o problema por curtos períodos de tempo, são susceptíveis a degradação pela microbiota do dejetos.

**Aditivos biotecnológicos:** Constituem-se em cepas de microrganismos selecionados ou enzimas que tem a função de aumentar a biodegradação do dejetos, este processo também é conhecido como bioaumentação. Em geral, a eficiência destes aditivos está abaixo da desejada além de informações acerca de sua composição, modo de ação, serem bastante escassas para proteção do segredo industrial do produto (Zhu, 2000).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A questão dos dejetos suínos é realmente complexa e precisa ser abordada não apenas sob a ótica da utilização de tecnologias de ponta de tubo, mas através de um processo de gestão ambiental de todo processo produtivo. Isto faz com que soluções mais simples, inteligentes e sobretudo econômicas possam ser encontradas acarretando um dejetos de menor poder poluente e de mais fácil tratamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELLI FILHO, P.; CASTILHOS JUNIOR, A. de COSTA, R.H.C.; SOARES, S.R. e PERDOMO, C.C. Tecnologias para o tratamento de dejetos de suínos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.5, n.1, p.166-170, 2001.

BITTON, G. *Wastewater microbiology*. Wiley Liss, p. 61, 1994.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C.C. Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos. *Bipers* Agosto/2002.

OLIVEIRA, P.A.V. *Uso racional da água na suinocultura*. Disponível em <[http://www.cnpsa.embrapa.br/pnma/pdf\\_doc/7-PauloArmando\\_agua.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/pnma/pdf_doc/7-PauloArmando_agua.pdf)>. Acesso em: 17 nov. 2002.

TORRE, A.I. de la; CARBALLO, J.M.; ROSET, F.J.; MUÑOZ, M.J. Ecotoxicological evaluation of pig slurry. *Chemosphere*, v.41, p.1629-1635, 2000.

ZANOTELLI, C. T. *Modelagem matemática de nitrogênio e fósforo em lagoas facultativas e de aguapés para tratamento de dejetos suínos*. Tese de doutorado, UFSC, 2002.

ZHU, J. A review of microbiology in swine manure odor control. *Agricultural System and Environment*, v.78, p.93-106, 2000.

# ASPECTS OF QUALITY ASSURANCE IN EUROPEAN FEED PRODUCTION

**Alfred Petri**

*D.Sc., Degussa AG, Feed Additives,  
Applied Technology, P.O. Box 1345, D-63403 Hanau*

## WHAT IS FEED QUALITY?

Feed in many respects is a very important factor in animal production:

- related to production costs, feed costs range from 40 – 60 % of the total
- related to the quality of the final product (meat, eggs), it is obvious that high quality feed is indispensable to match the consumer's demands.

But what is "feed quality"? It surely cannot be defined only by nutritional characteristics but comprises a variety of different aspects (Hartog, 2001):

- **Nutritional quality**

This refers to the nutritional value of the product, expressed as energy content, amino acid levels and all the other essential nutrients.

- **Technical quality**

This refers to the physical characteristics of the feed, like size and hardness of pellets, fineness of mash, flavour etc. Standards have to be fulfilled to ensure optimum feed intake and animal performance, but also to ensure ease of handling between feed mill and farm.

- **Safety for the animals, the environment and consumers of animal products**

Safety refers to the absence of unacceptable levels of undesirable substances and of disease germs in the products to avoid human health problems. In many public discussions, growth promoters and medicines are regarded equally undesirable as chemical contaminants like dioxins.

- **Emotional quality**

Ethical standards or perceptions may interfere with quality discussions, e. g. use of questionable ingredients of animal origin or artificial colourings and flavourings.

The importance of the nutritional quality is well known as it largely determines animal performance and thus is decisive for profitability of livestock production. However, safety and emotional aspects became more and more important during the last years, especially in the perception of the general public. Table 1 tries to illustrate the shift in quality perception in Western Europe within the last 20 years.

**Table 1** - Development of importance of different aspects of feed quality in public perception

Quality Aspects	Development of importance of different aspects in discussions on "feed quality"		
	1980's	early 1990's	late 1990's
<b>Nutritional quality</b>	++++	+++	+
<b>Technical quality</b>	++	++	++
<b>Feed safety</b>	++	+++	++++
<b>Emotional quality</b>	-	++	++++

Feed safety and emotional aspects clearly dominate the present discussion in the media and also at the political level, although of course for the farmer the nutritional value is still of decisive importance. But several food safety crises in the last years generated the impression that animal

feed is a hazard to public health. Decreasing consumer confidence in animal products and increasing political awareness were the consequences which resulted in increasing safety requirements in legislation and retail trade. It became clear that actively managed and controlled product safety is the basis to re-gain and maintain public confidence in food safety and to ensure undisturbed sales of food products of animal origin. The feed industry including its suppliers has to see itself as an integral part of the food chain with full responsibility for the safety of its products. Demonstrable and transparent quality assurance is a must and thus a “license to produce“.

## QUALITY SYSTEMS IN FEED PRODUCTION

The introduction of quality control systems in Western European feed production basically started at the end of the eighties. At that time many companies developed *internal quality systems* based on ISO 9001/9002 (ISO = International Organisation for Standardization). The regulations established were mainly legally forced and the purpose of the management system was to make the required level of quality assurance demonstrable.

Initiated by the Dutch Product Board of Animal Feed in 1992, the GMP-Standard started getting established as a quality management system for the feed industry (GMP = Good Manufacturing Practice). At the same time, the focus of quality assurance in animal production was widened to the whole production chain: pig and poultry industries started implementing Integral Chain Control Programmes with GMP in feed production as a decisive part of this ‘chain control’ approach. In addition to the extension of the standards of the ISO-system, GMP partly assures supra-legal production and product standards. Maximum contamination levels concerning antibiotics, coccidiostats and other critical feed additives have been determined. Furthermore, clear rules how to manage undesirable substances and microbiological threats are introduced. These restrictions are accompanied by defined control measures for the entire process of production, trade and transport of animal feed materials. Both, ISO and GMP can be regarded as largely *reactive* systems as they are mainly focussed on the management of *known risk factors* like antibiotics, aflatoxins and salmonella. However, both systems seem insufficiently tailored to prevent unforeseen contaminations and thus failed to protect European feed industry from the animal feed scandals of the late nineties (dioxins in fats and citrus pulp, BSE).

## ENHANCED QUALITY MANAGEMENT

Again initiated by the Dutch Product Board of Animal Feed at the end of 1999, additional elements have been introduced to the quality assurance of animal feed production:

- Preventive risk analysis and HACCP (Hazard Analysis & Critical Control Points) as part of the quality system in the entire feed production chain
- Extension of the total quality assurance system to the entire chain of suppliers of raw materials
- Early Warning System (EWS) as a system for rapid communication of accidental feed contamination problems.

With this new approach, a good balance should have been found between preventive control measures and the monitoring of raw materials and feed production for the presence of risks. The essentials of the approach are systematic working methods and preventive actions to force each link of the animal production chain to a *proactive* risk management within its company and a responsible care for its products. From now on, the animal feed industry and ingredient suppliers are regarded as parts of the human food chain, which is underlined by the new slogan “Feed for Food“.

## THE HACCP-SYSTEM AND ITS PRACTICAL APPLICATION

Originally HACCP has been an approach to the safe production of food and is now adopted to quality assurance in feed production. Table 2 lists the major parts of the system when applied to purchasing of feed ingredients, compound feed production and transport of feedstuffs.

**Table 2** - Elements of the HACCP-System in Feed Production (IKD, 2000)

<b>A</b>	<b>Inventory</b>
1.	Formulation of the company's quality policy
2.	Installation and Instruction of a HACCP-team
3.	Raw material and final product information
4.	Process overviews
<b>B</b>	<b>Risk Analysis</b>
1.	Hazard identification
2.	Risk assessment
3.	Critical control points (CCPs) and points of attention (PAs)
4.	Control measures
<b>C</b>	<b>Feed Safety Assurance</b>
1.	Standards and tolerances
2.	Monitoring
3.	Controls, corrective actions and responsibilities
<b>D</b>	<b>Documentation</b>
	Records, specifications, instructions, procedures, document control
<b>E</b>	<b>Verification</b>
1.	Testing and Auditing
2.	Implementation of the system
3.	Revision upon changes

Within the scope of this brief overview, it is not possible to discuss all elements of the HACCP-System in detail. The following rather focusses on those aspects more extensively, which are regarded as essential from the author's point of view.

### INVENTORY

The basis for an extensive and effective hazard management is the formulation of the company's quality policy and the installation of a competent HACCP-team which covers all relevant departments within the company. Quality management is not a one-man's-job but must be present in every employee's daily business.

Detailed raw material and product information gives a first indication of potential hazards, control measures required in the production process and requirements to be met by the suppliers. To illustrate the importance of a proper inventory, Table 3 shows the normal spectrum of nutrients and other characteristics in barley. This spectrum is far too complex to work as such as a quality standard for barley. It becomes quite clear that – depending on the intended use of barley e. g. in specialized piglet feeds - subcategories of different barley qualities have to be defined (Table 4) to manage this problem and all potential hazards. Only by doing so, the company's intended quality standard can be achieved.

**Table 3** - Normal spectrum of nutrients and other characteristics in barley.

moisture	%	12 – 16
crude protein	%	8.6 – 12.4
crude fat	%	1.5 – 2.5
crude fibre	%	3.2 – 4.8
crude ash	%	1.8 – 3.0
hl-weight	kg	55 – 65
contamination (soil, weed seeds, other grains)	%	0 – 4
small grains plus husks	%	0 - > 10

**Table 4** - Example for quality-oriented subcategories in barley.

	<b>A-Quality</b>	<b>B-Quality</b>	<b>C-Quality</b>
<b>hl-weight</b>	> 63 kg	60 – 63 kg	< 60 kg
<b>contaminations</b>	< 1 %	max. 3.5 %	> 3.5 %
<b>small grains and husks</b>	< 5 %	max. 10 %	> 10 %

## RISK ANALYSIS

Risk analysis starts with the identification of potential hazards at the different levels of the production process. By definition, hazards are (micro-) biological, (bio-) chemical or physical characteristics that make feed unsafe for consumption.

Table 5 gives an overview of these three types of hazards including practical examples.

Applying this systematic approach to the barley example leads to chemical hazards like mycotoxins, residues of herbicides or insecticides. Microbiological hazards might be fungi, moulds, salmonella or beetle infestation.

**Table 5** - Types of hazards in the HACCP-System (Product Board Animal Feed, 2000).

<b>Nature</b>	<b>Description</b>	<b>Examples</b>
<b>(bio-) chemical hazards</b>	Unwanted chemical ingredients that may turn the product unsafe for consumption. They may be present in the raw materials or infect the product during the production, for instance by contact.	Residues of pesticides, hormones, antibiotics, heavy metals, environmental pollutants, mycotoxins, PCB's, dioxines, cleansing agents, lubricants, mineral oils, additives of the production, biological degradation products, minerals, acid remnants.
<b>(micro-) biological hazards</b>	The presence of unwanted micro-organisms. The micro-organisms may cause a product to be unsafe for consumption by (natural) presence, or infection after harvest or processing. Consumption of the product may then cause food infections or food poisonings. A distinction is made between vegetative micro-organisms, toxigenic (toxin forming) micro-organisms and spore-forming micro-organisms.	Salmonella, enterobacteriaceae and 'fungi and yeasts' (the latter group as indicator organisms), animal meals as BSE-carriers.
<b>physical hazards</b>	Foreign elements that may be present in the raw materials or may fall into the product, causing the product to become unsafe for animal consumption.	Glass, plastic, metal parts, small stones, bones, remnants of packing materials.

## RISK ASSESSMENT

To be identified as a serious risk to animal and/or human health, all potential hazards in raw materials and in the production process have to be assessed by **severity** and **probability**.

The severity of a potential risk is usually graded as low, medium or high. The probability or frequency of occurrence can be classified in levels from 1 to 4 (Table 6). The risk assessment formula then is as follows.

$$\text{risk} = \text{probability} \times \text{severity}$$

The detailed assessment of the identified hazards directly leads to the control measures which should be applied to bring the hazard down to an acceptable level (Table 6).

**Table 6** - Example for Risk Assessment Procedure

Severity of the potential risk	Probability / Frequency of occurrence (in end product / at consumption)		
	high	3	4
medium	2	3	4
low	1	2	3
	low	medium	high

Hazards with a *low* severity and/or a *low* frequency of occurrence do not need any control measures.

Hazards with a *medium* to *high* severity and/or a *medium* to *high* frequency require the utmost care.

In practice it is sometimes difficult to distinguish 'Points of Attention' from 'Critical Control Points'. It is up to the decision of the HACCP-team whether a hazard requires a PA and thus can be controlled by generic measures like a cleaning plan, rules for personal hygiene and a maintenance plan. Alternatively, the hazard may require a CCP to be controlled by specific measures in order to lower the risk to an acceptable level.

Table 7 shows some examples for measures to control different types of hazards.

**Table 7** - Examples for measures to control different types of hazards

Type	Control Measure
(micro-) biological hazard	humidity (Aw-value = specific water activity), temperature (cooling, heating), acidification (pH), preservation hygiene
(bio-) chemical hazard	can only be controlled at the origin of contamination (e.g. dioxins, residues of plant protection products)
physical hazard	sieving floatation / sedimentation magnets

It is obvious that for example not all controlling measures on raw materials can be done at the point of reception. Especially bio-chemical hazards are very difficult and time consuming to detect and thus can only be controlled by contract conditions.

Table 8 and 9 summarize potential hazards in barley and give examples for CCPs and PAs. The control activities and control measures shown represent a very restrictive definition of quality. These handling procedures can be modified to a certain extent, but feed and in consequence food safety must not be impaired.

**Table 8** - Examples for Critical Control Points and Points of Attention to control micro-biological hazards in barley.

Hazard	Assessment	Control Activities	Control Measures
Pathogenic fungi (e.g. ergot= <i>claviceps purpurea</i> )	CCP	Counting of infected grains in each load at delivery	rejection of batch
Salmonella	PA	spot checks for salmonella	acidification, heat treatment
Moulds	CCP	Sensory check at delivery determination of water content	rejection of batch, circulation, cooling, drying
Beetle infestation	CCP	beetle control in each load at reception; beetle traps at storage	rejection of batch, insecticide treatment of stored material

**Table 9** - Examples for Critical Control Points and Points of Attention to control bio-chemical hazards in barley.

Hazard	Assessment	Control Activities	Control Measures
Mycotoxins	CCP	sensory control on each incoming batch, spot samples for analysis	purchasing contract conditions, during storage: circulation, cooling, drying
Dioxins/PCBs DNMA/PAKs	PA	spot samples for analysis	purchasing contract conditions
Residues of crop protection products or insecticides	PA	spot samples for analysis, vermin control plan and insecticide application rules for stored cereals	purchasing contract conditions, correct sieving and aeration of treated batches
Critical substances from the production process	PA	feed additives control plan	Identification, labelling and separate storage of critical substances, regular control of dosing equipment

## FEED SAFETY ASSURANCE

The identification of potential hazards and the measures to control and reduce these risks to an acceptable level implies that standards, tolerances and critical action limit values for raw materials and animal feeds need to be defined. Doing this, legal standards as well as internal and external standards have to be included. The target is to get a clear separation line between acceptable with respect to feed and food safety and unacceptable – i. e. unsafe – levels of contamination.

Besides the legal regulations there are a lot of other sources which might be used for determining standards and tolerances, e. g.

- “codes of practice“
- directives of national feed laws
- hygiene codes
- literature, external experts
- own experimental data and field experience.

Table 10 shows examples for standards and tolerances of microbiological and biochemical hazards. Most of the microbiological hazards will have to be controlled at the point of reception, i. e. before unloading. Following the results of the test and the specifications described in Table 4, the material will be stored according to its quality level or rejected.

**Table 10** - Examples for standards and tolerances in barley

<b>Microbiological Hazards</b>		<b>Biochemical Hazards</b>	
▪ Ergot: (claviceps purpurea)	0 for barley A 0.025 % for barley B 0.1 % for barley C	▪ mycotoxins: - DON: - Zearalenon	< 0.25 mg/kg barley A < 0.5 mg/kg barley B < 0.025 mg/kg barley A < 0.05 mg/kg barley B
▪ Moulds	sensory evaluation negative for all qualities; moisture content: < 14 % barley A < 16 % barley B	▪ dioxins	0.75 ng WHO-PCDD / F-TEQ/kg
▪ Salmonella	0 for all qualities	residues of plant protection products according to legal restrictions for all substances approved in the EU	
▪ Beetle infestations	0 for all qualities		

Whether the standards chosen are sufficient to guarantee feed and food safety has to be validated in practical applications. In the daily routine the production processes have to be monitored by measurement or observation of the critical process parameters. It is self-evident that the measure and observation methods applied must be accurate, reliable and easy to calibrate.

In case critical limits are about to be exceeded, corrective actions have to be carried out by the person who is responsible for the assurance of this specific CCP. The production process needs to be adjusted, batches of questionable quality are labelled and stored separately.

## DOCUMENTATION

Documentation and registration have to be simple, comprehensive and as brief as possible at the same time. '*Simple*' because all employees involved in the production process should be able to fully understand what happens and what has to be done. '*Comprehensive*' because all details needed for managing a hazard properly have to be included and '*brief*' because over-regulations and exaggerated instructions lead to mental refusal of the whole system.

## VERIFICATION

The effectiveness of the HACCP-system is evaluated by testing all process control steps and the management system as such. It can be regarded as adequate if the system functions as planned.

The HACCP-system must be revised as soon as relevant changes occur e. g. in product composition or production process or when new feed and food safety objectives come up.

## BOTTOM LINE

Food safety is at the top of the list of Western European consumers' demands and currently gaining more and more attention world-wide. The feed industry, including its suppliers, is part of the food chain and responsible for the safety of its products.

In this context, demonstrable and transparent quality assurance is a 'licence to produce'. The HACCP system is a proactive approach to control the risks of the entire production chain.

A certified quality management system (ISO/GMP) combined with HACCP indicates that a company is ready to meet the requirements for maximum safety in feed production.

## REFERENCES

HARTOG, J. den. HACCP in the animal feed industry. In: INTERNATIONAL MEETING ON THE NOORDWIJK FOOD SAFETY & HACCP FORUM, 4., 2001, The Netherlands. Proceedings... The Netherlands: [s.n.], 2001.

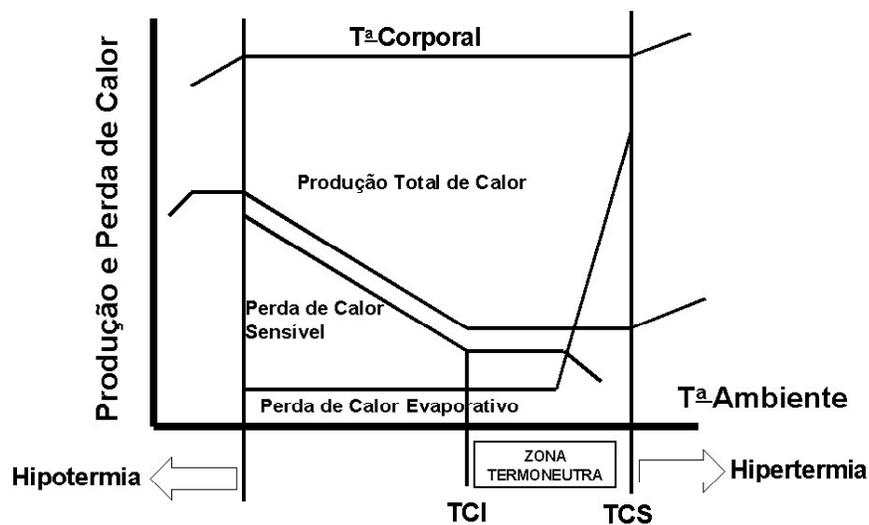
IKD INFORMATIE EN KENNTNISCENTRUM VOOR DE DIERVOEDERSECTOR. *HACCP in de praktijk*. Den Haag: IKD, 2000. (Scholings en Trainingsprogramme Diervoedersector).

PRODUCT BOARD ANIMAL FEED. *Quality assurance for animal feeds*. Den Haag; PDV, 2000. (PDV Information).

# NUTRIÇÃO DE SUÍNOS EM CLIMAS QUENTES

Leandro Hackenhaar  
Ajinomoto Biolatina

## PRODUÇÃO E PERDA DE CALOR EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA



Noblet et al. 2001

## TEMPERATURAS CRÍTICAS INFERIOR E SUPERIOR EM FUNÇÃO DO CONSUMO

Categoria	Peso (kg)	Nível de Alimentação (M = Manutenção)					
		M		2M		3M	
		TCI	TCS	TCI	TCS	TCI	TCS
Lactente	2	27	33	25	32	23	31
Inicial	20	24	33	19	31	15	30
Cresc.	60	23	32	18	30	13	29
Term.	100	22	32	17	30	12	28

Verstegen & Greef, 1992

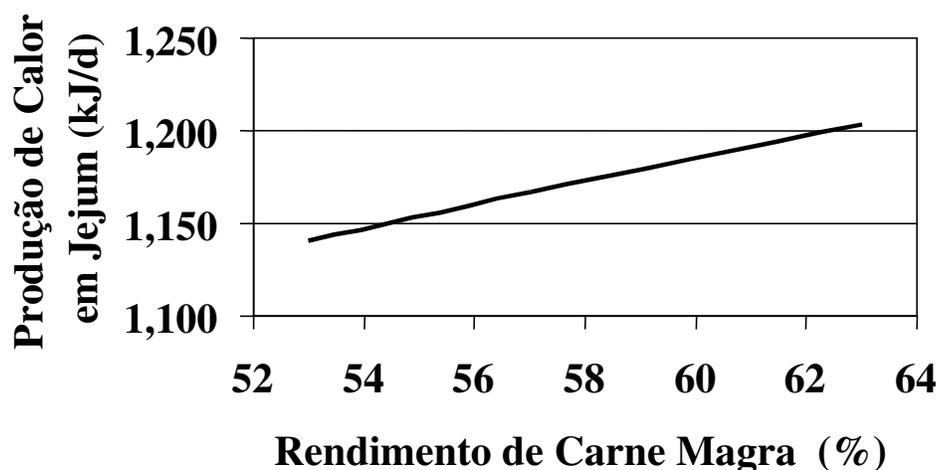
## ZONA TERMONEUTRA = ZONA DE CONFORTO TÉRMICO

Faixa de temperatura na qual, a um nível fixo de consumo, a produção de calor é mínima e constante.

### *Energia líquida de Produção Máxima*

*Hannas, 1999*

### Produção de Calor em Jejum X Percentagem de Carne Magra



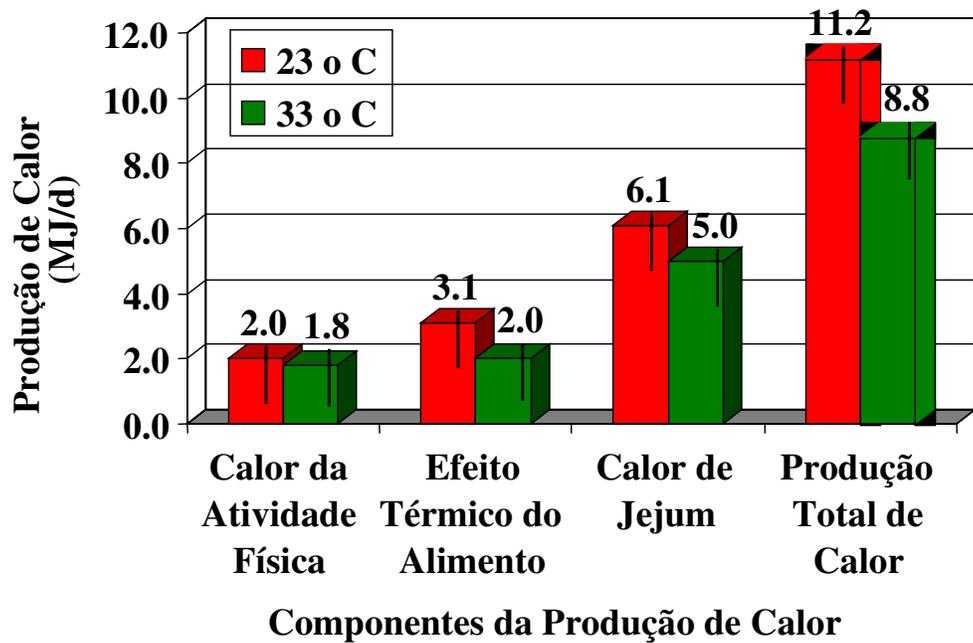
$$PCJ \text{ (kJ/kg)} = 508 (\text{músculo})^{0,66} + 2011 (\text{víceras})^{0,66}$$

*Van Milgen et al., 1992*

### MECANISMOS P/ TERMORREGULAÇÃO

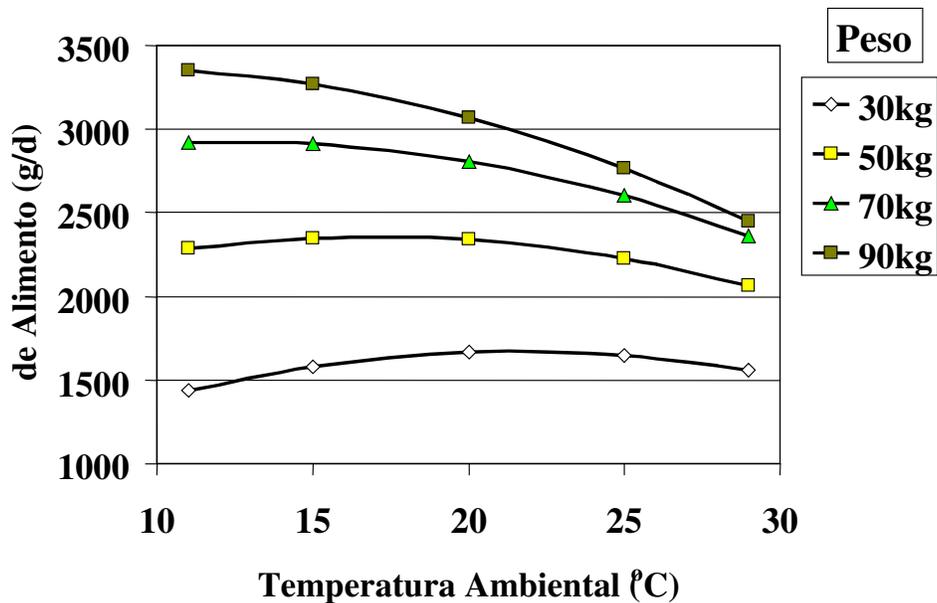
- Atividade física;
- Comportamento;
- Frequência respiratória;
- Fluxo sanguíneo entre os tecidos;
- Consumo de alimento.

### PRODUÇÃO DE CALOR X TEMPERATURA AMBIENTE (LEITÕES DE 21KG)

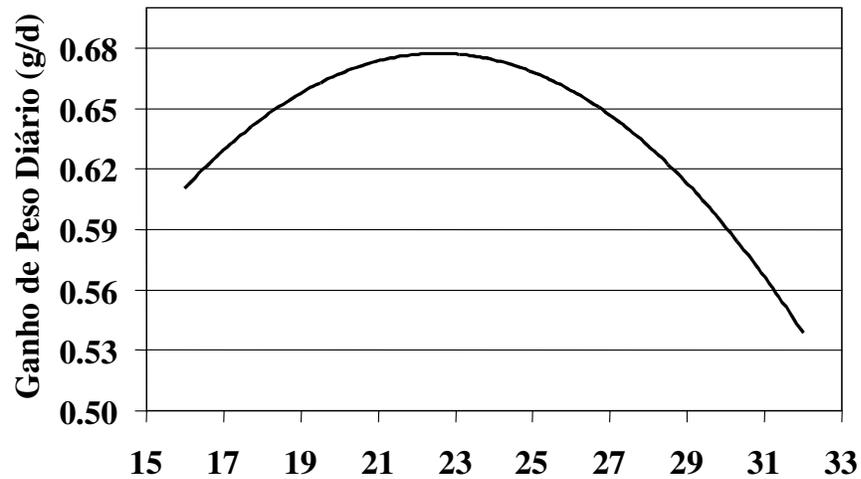


Collin, 1992

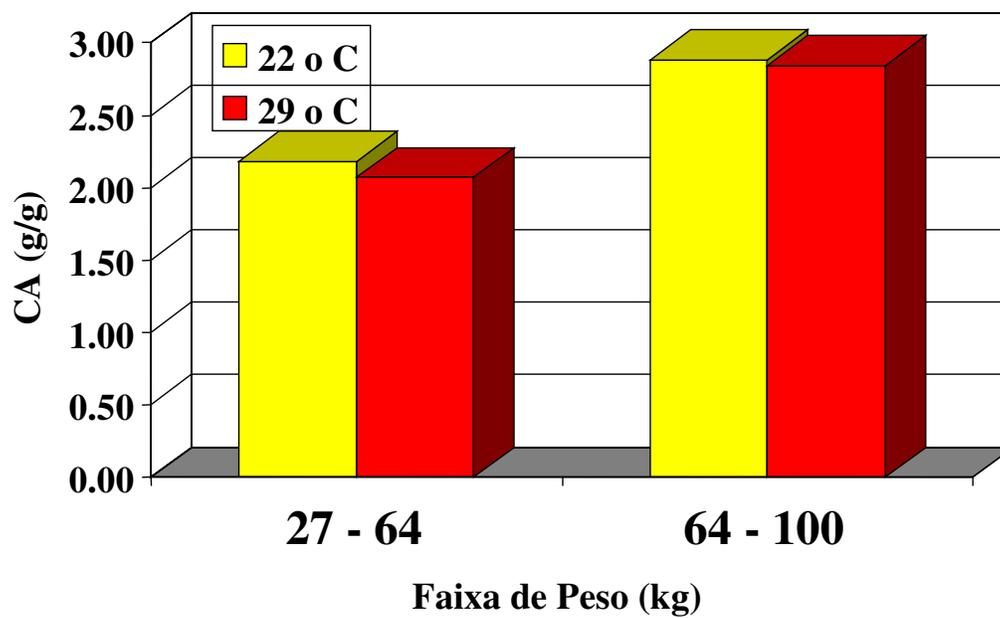
### CONSUMO VOLUNTÁRIO DE RAÇÃO X TEMPERATURA AMBIENTE



Quiniou et al., 2000

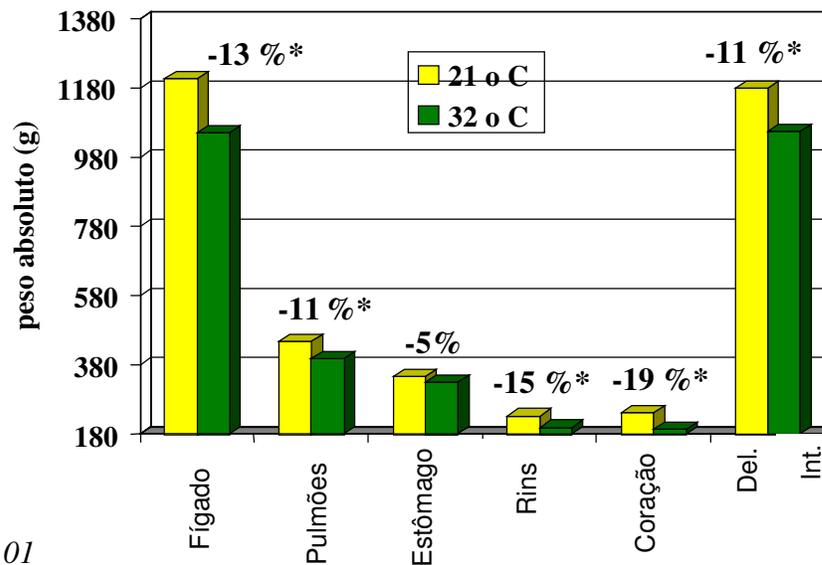
**GANHO DE PESO X TEMPERATURA AMBIENTE**

*Ferguson & Gous, 1997*

**CONVERSÃO ALIMENTAR X TEMPERATURA AMBIENTE**

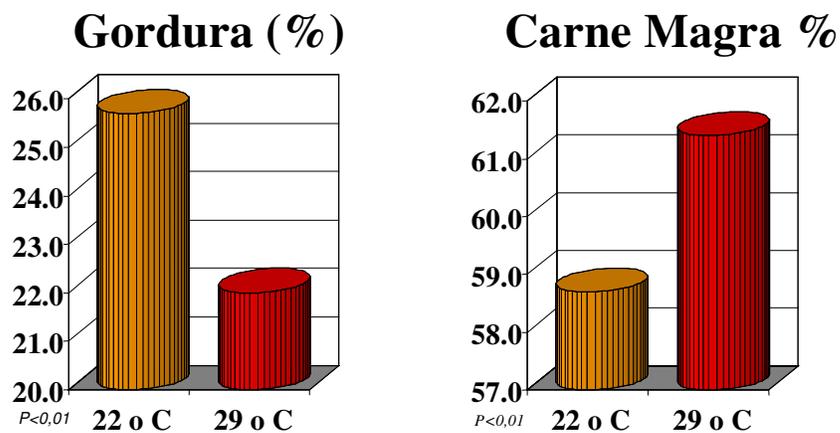
*Le Bellego, 2002*

### PESO DAS VÍSCERAS X TEMPERATURA AMBIENTE (LEITOAS DE 30 A 60KG)



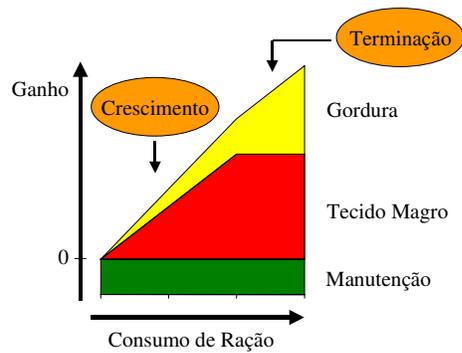
Tavares, 2000

### COMPOSIÇÃO DA CARÇAÇA X TEMPERATURA AMBIENTE

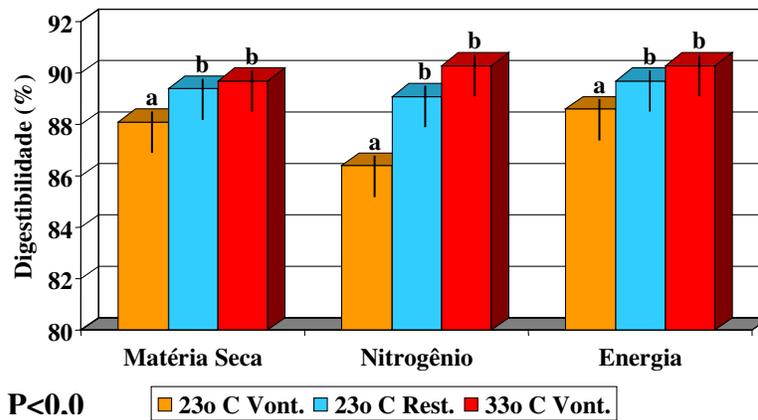


Le Bellego, 2002

### CONSUMO DE ALIMENTO X TAXA DE DEPOSIÇÃO DE TECIDOS



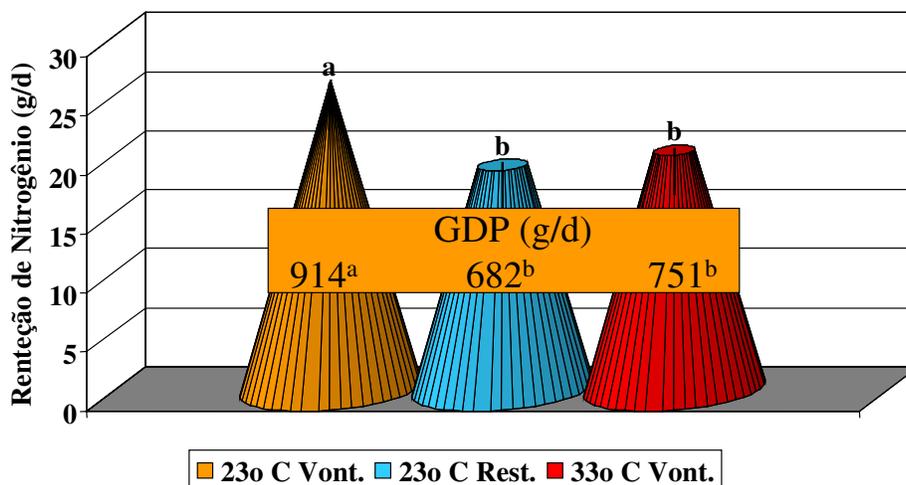
### DIGESTIBILIDADE X TEMPERATURA AMBIENTE



P<0,05

Collin et al., 2001

### RETEÇÃO DE NITROGÊNIO X TEMPERATURA AMBIENTE



P<0,05

Collin et al., 2001

### CONCENTRAÇÃO ENERGÉTICA DA DIETA X PERFORMANCE EM CRESCIMENTO (SUÍNOS DE 22 A 50KG)

ED (kcal/kg)	2850	3035	3250	3466	3600
CDR (kg/d)	2.19	2.21	2.19	2.17	2.05
ED Mcal/d	6.14	6.62	7.10	7.48	7.39
GDP (g/d)	695	776	847	898	913
CA	3.16	2.89	2.61	2.39	2.25
Toucinho (mm)	14.70	15.30	15.60	16.00	16.40

*Campbell & Taverner, 1986*

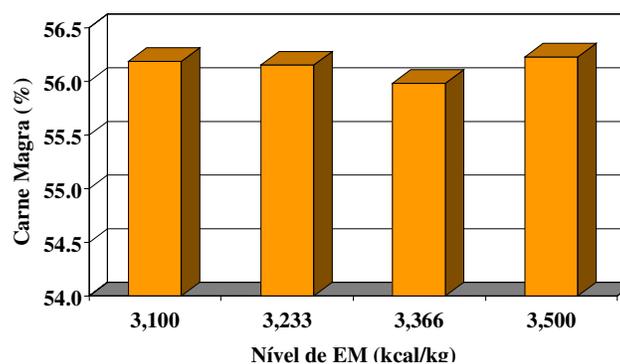
### CONCENTRAÇÃO ENERGÉTICA DA DIETA X PERFORMANCE EM TERMINAÇÃO (SUÍNOS DE 60 A 95KG)

EM (kcal/kg)	3100	3233	3366	3500
CDR (kg/d)*	3.31	3.28	3.08	2.82
EM Mcal/d	10.26	10.61	10.35	9.86
GDP (g/d)	1.28	1.32	1.32	1.24
CA*	2.60	2.51	2.34	2.28
Toucinho (mm)	14.36	13.78	13.78	13.64

\*Linear (P<0,04)

*Donzele, 2002 – não publicado*

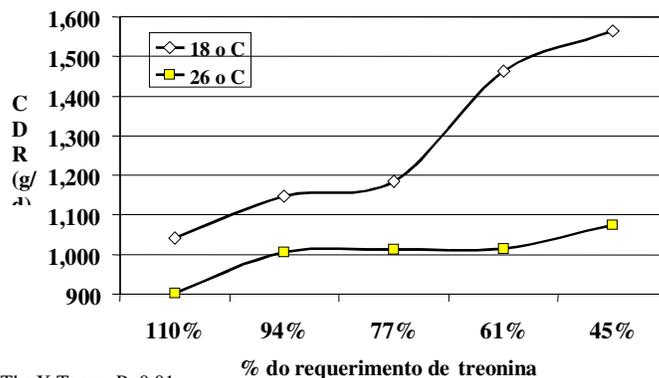
### CONCENTRAÇÃO ENERGÉTICA DA DIETA X RENDIMENTO DE CARNE MAGRA (SUÍNOS DE 60 A 95KG)



0,241% de Lys DIV por Mcal ed EM

*Donzele, 2002 – não publicado*

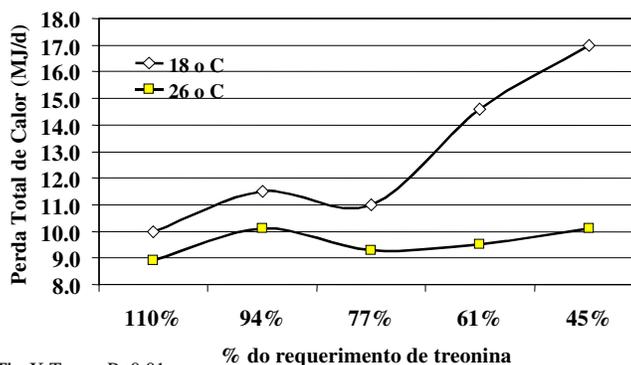
### TEMPERATURA AMBIENTE X CONSUMO DE RAÇÃO DEFICIENTE EM TREONINA (LEITÕES DE 12 A 25KG)



Thr X Temp. P&lt;0.01

Ferguson, 2000

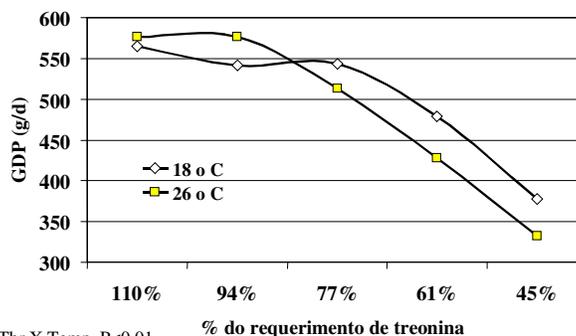
### TEMPERATURA AMBIENTE X PERDA TOTAL DE CALOR EM RAÇÕES DEFIC. TREONINA (LEITÕES DE 12 A 25KG)



Thr X Temp. P&lt;0.01

Ferguson, 2000

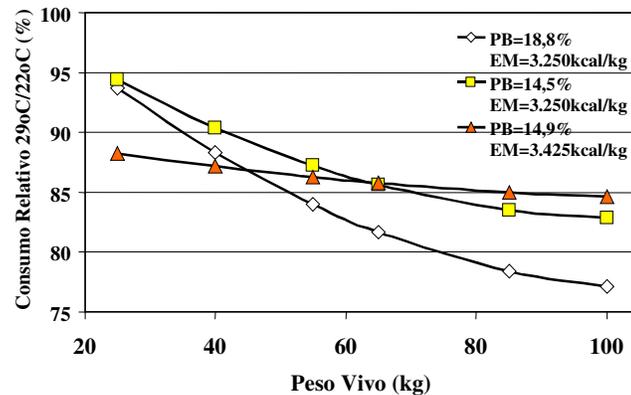
### TEMPERATURA AMBIENTE X GANHO DE PESO EM RAÇÕES DEFIC. EM TREONINA (LEITÕES DE 12 A 25KG)



Thr X Temp. P&lt;0,01

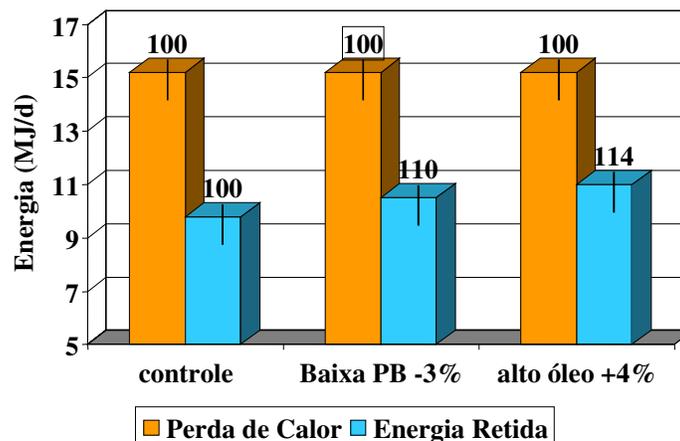
Ferguson, 2000

## EVOLUÇÃO RELATIVA DO CONSUMO AOS 29°C EM RELAÇÃO AOS 22°C



Le Bellego, 2002

## BALANÇO ENERGÉTICO X REDUÇÃO DA PB E ACRÉSCIMO DE GORDURA (SUÍNOS DE 60KG)

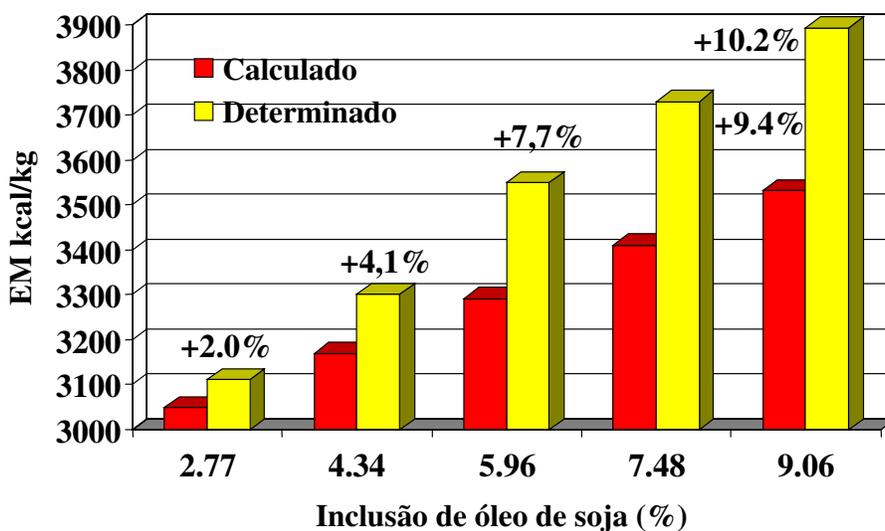


Dourmad & Noblet, 2000

## COMPARATIVO ENTRE SISTEMAS DE AVALIAÇÃO DE ENERGIA

Ingredientes	Teor de Energia (kcal/kg MS)		
	EM	EL	Dif. (%)
Milho	3.992	3.098	-22,4
Triticale	3.799	2.930	-22,9
Farelo de Soja	3.820	2.346	-38,6
Farelo de Trigo	2.624	1.886	-28,1
Farinha de Carne	2.474	1.596	-35,5
Óleo de Soja	8.942	7.904	-11,6
Média			-26,5

Net Energy Calculator

**COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDADE X TEMPERATURA AMBIENTE**

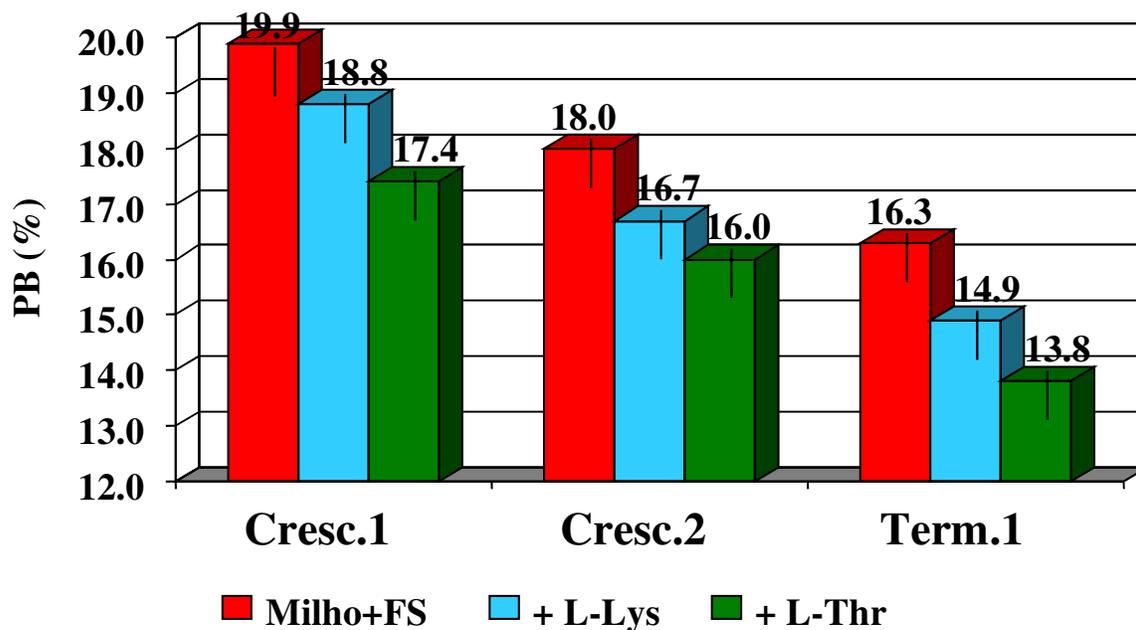
*Donzele et al., 1998*

**AÇÕES NUTRICIONAIS PARA AMENIZAR OS EFEITOS NEGATIVOS DO CALOR**

- Concentrar os Nutrientes da Dieta:
  - Gorduras/Óleos;
  - Aminoácidos.
- Reduzir fatores que elevam o calor metabólico:
  - Dietas Desbalanceadas;
  - Excesso de Proteína;
  - Fibra.

**REDUÇÃO PROTÉICA EM DIETAS DE SUÍNOS**

Enfoque no segundo aminoácido limitante - Treonina

**EFEITO DA ADIÇÃO DE AA INDUSTRIAIS NA PB**

*Obs. Na ração Cresc. 1 foi acrescentada L-Thr e DL Met*

**AÇÕES PARA REDUZIR A CARGA POLUENTE**

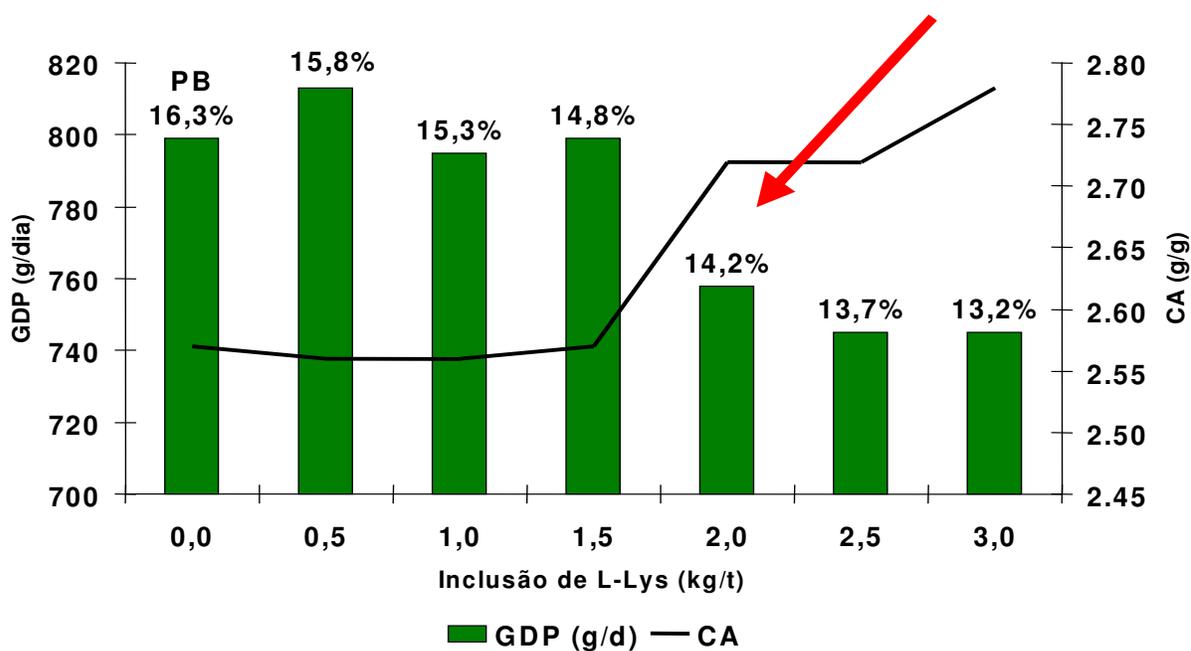
- Ações Curativas:
  - Exportação de dejetos;
  - Processamento de dejetos;
  - Compostagem;
  - Melhoria das instalações.
- Ações Preventivas:
  - Genética;
  - Sanidade;
  - Manejo;
  - Nutrição.

## EFEITO DA REDUÇÃO PROTÉICA SOBRE DEJETOS

	Efeito de 1 Ponto de Redução da PB	Efeito Acumulado	
		Frequente	Melhor Obtido
Excreção total de N	-10%	-25%	-50%
Teor de amônia nos dejetos	-10%	-30%	-50%
pH dos dejetos (pontos)	-	- 0,5	- 1
Emissão de amônia no ar	-10%	-40%	-60%
Consumo de água	-2 a 3%	-10%	-28%
Volume de dejetos	-3 a 5%	-20%	-30%

Fonte: Relandeau (2000)

## EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO DE FAR. SOJA POR L-LISINA (SUÍNOS DE 30 A 120KG)



Fonte: Usry (2000)

GDP (P=0,02)  
CA (P=0,03)

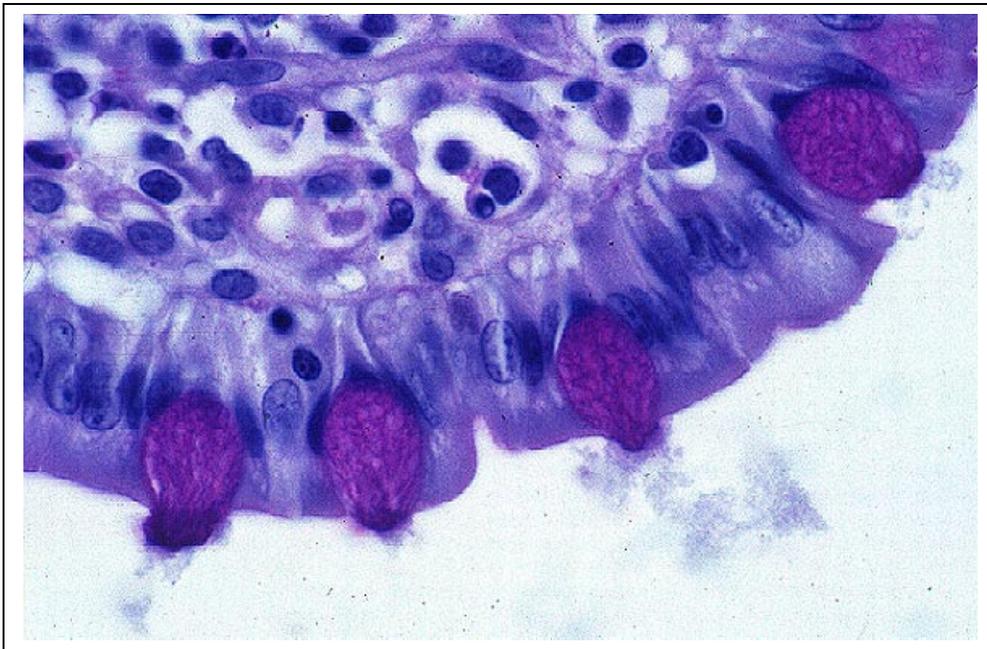
## TREONINA: NUTRIENTE CHAVE PARA INTESTINO

- Apenas 40% da Thr presente no lúmen intestinal atinge a corrente sanguínea.
- Portanto, 60% da Thr é utilizada pelas células intestinais.
- Este volume retido pelos eritrócitos é mais do que o dobro daquele da Lys.

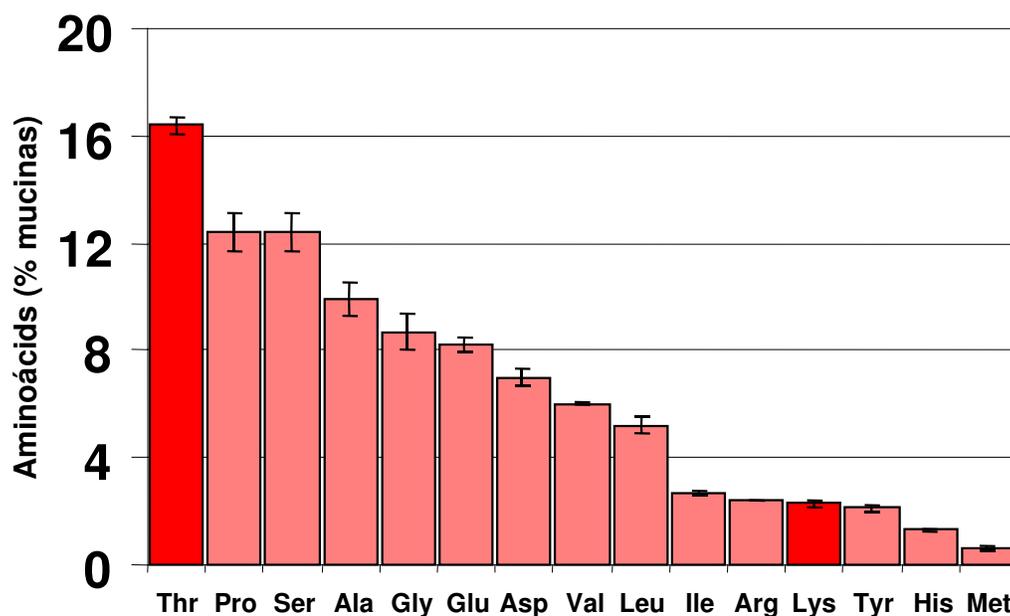
*Fonte: Stoll et al. (1998)*

## SECREÇÕES INTESTINAIS

- O muco cobre o trato digestivo e protege o intestino contra enzimas intestinais e danos físicos provocados pela digesta.
- 95% do muco é água e 5% são mucinas.
- A digestibilidade das mucinas é muito baixa. Portanto, a reabsorção dos aminoácidos que as compõe é mínima.
- As mucinas são glicoproteínas de elevado peso molecular, particularmente ricas em treonina.



### COMPOSIÇÃO EM AMINOÁCIDOS DAS MUCINAS



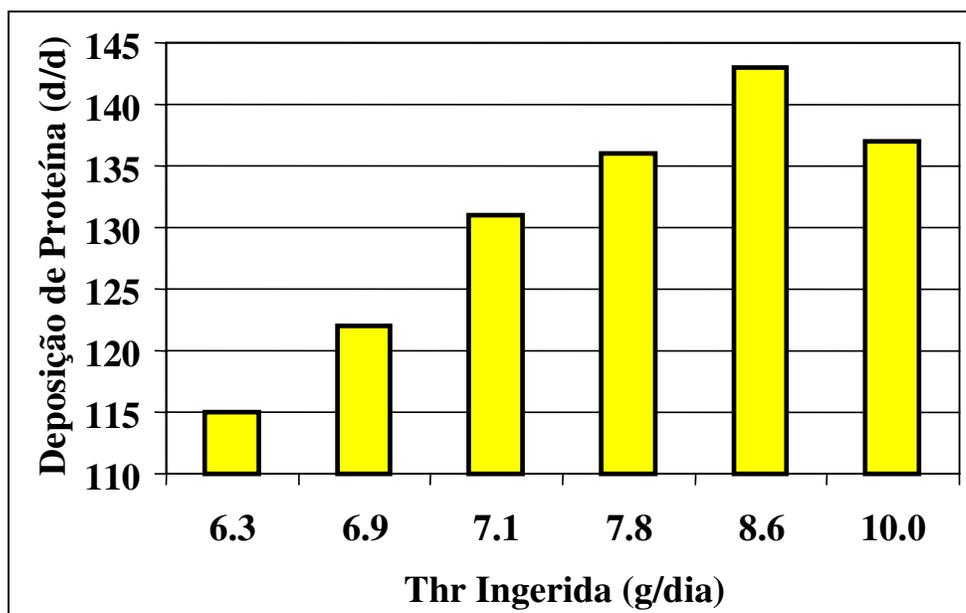
Fonte: Lien et al. (1997)

### EFEITO DA DEFICIÊNCIA DE TREONINA SOBRE AS FUNÇÕES DIGESTIVAS EM LEITÕES RECÉM NASCIDOS

	Adequado Oral	Deficiente Oral	Adequado Parenteral
<b>Peso da mucosa (g/cm<sup>2</sup>)</b>			
Duodeno	1,10 <sup>a</sup>	0,63 <sup>b</sup>	0,91 <sup>ab</sup>
Colo	3,59 <sup>a</sup>	1,78 <sup>b</sup>	3,24 <sup>a</sup>
<b>Produção de Mucinas (µg/cm<sup>2</sup> de intestino)</b>			
Duodeno	59,6 <sup>a</sup>	11,0 <sup>b</sup>	46,6 <sup>a</sup>
<b>Diarréia</b>			
Duração (dias)	2	35	9
Severidade (0 a 3)	1,50 <sup>b</sup>	2,82 <sup>a</sup>	2,21 <sup>b</sup>

Fonte: Ball et al. (1999 e 2002), Law et al. (2000)

## EFEITO DA INGESTÃO DE TREONINA SOBRE A DEPOSIÇÃO DE PROTEÍNA EM SUÍNOS



Fonte: Lange et al. (2001)

## PARTICIPAÇÃO DA TREONINA NAS PROTEÍNAS

- p/ ganho de tecido muscular;
- p/ síntese de leite;
- p/ manutenção;
- p/ produção de imuno-proteínas.

Relação Ideal	Tecido Muscular	Síntese de Leite	Manutenção	Imuno-proteínas
Thr/Lys	60	58	157	168

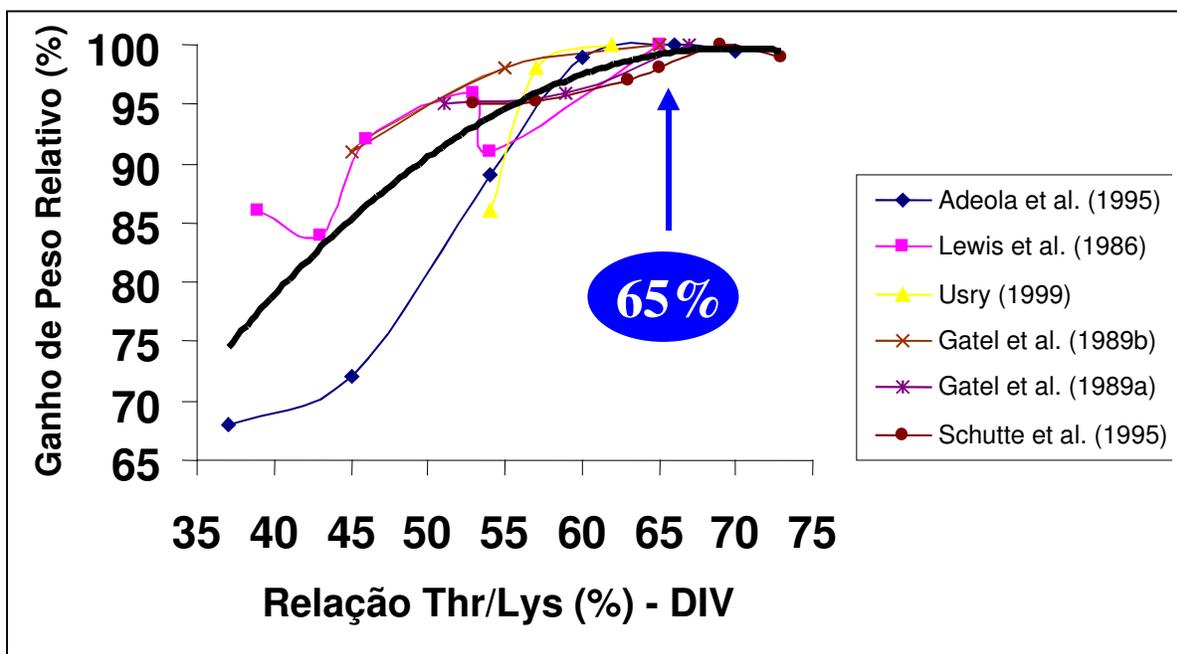
Fonte: Adaptado de Baker (1966), Baker & Allee (1970), Fuller et al. (1989) e Han & Lee (2000)

Qualquer fator que modifique a relação entre gastos de manutenção e produção, afetará tanto as necessidades totais de treonina, como as suas necessidades relativas, em particular com respeito à lisina

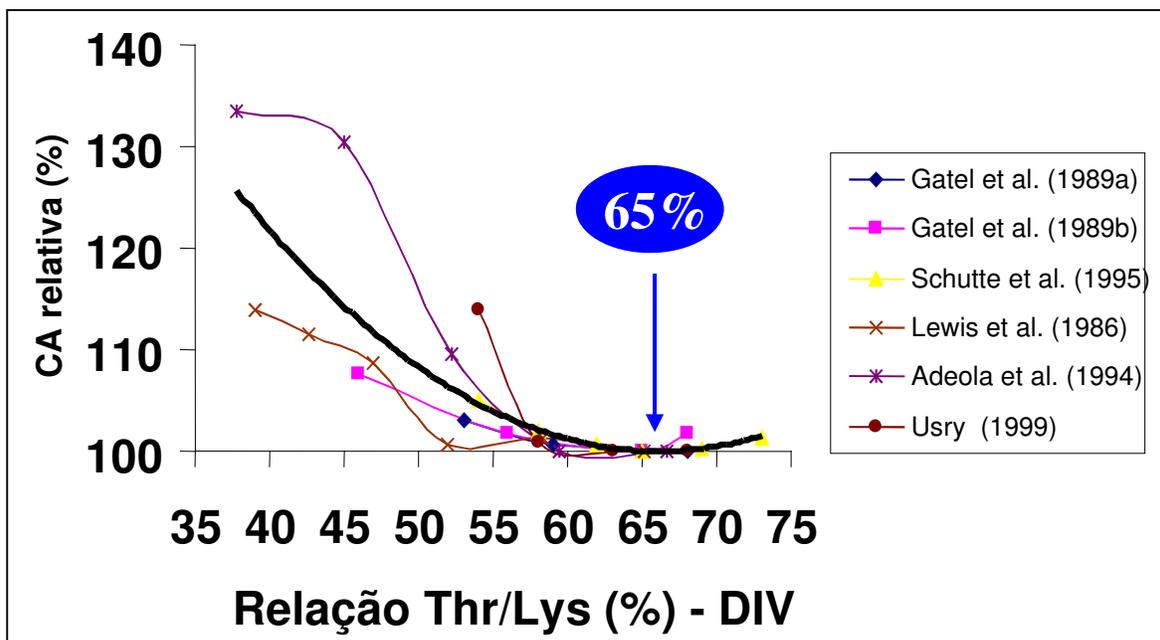
**A quantidade de aminoácidos e a relação entre eles é dependente de inúmeros fatores, tais como:**

- peso vivo;
- ganho de peso (carne magra);
- produção de leite;
- composição da dieta;
- estresse (doenças/temperatura).

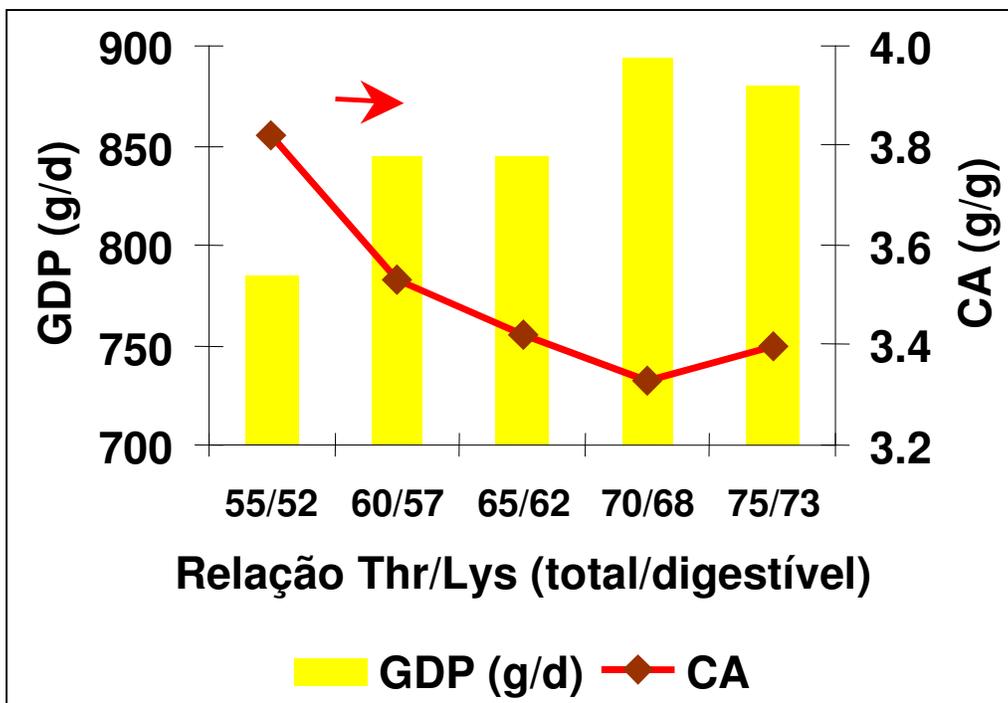
**COMPILAÇÃO DE RESULTADOS SOBRE RELAÇÃO THR/LYS EM LEITÕES – GDP (4 A 25KG)**



**COMPILAÇÃO DE RESULTADOS SOBRE RELAÇÃO THR/LYS EM LEITÕES – CA (4 A 25KG)**



**EFEITO DA RELAÇÃO THR/LYS SOBRE A PERFORMANCE DE SUÍNOS (90 A 120KG)**



Fonte: Usry (2000)

## RECOMENDAÇÕES PARA RELAÇÃO THR/LYS DE ACORDO COM O PESO VIVO (BASE AA DIG.)

<b>Faixa de Peso (kg)</b>	<b>NRC 1998<sup>1</sup></b>	<b>Tab. Bras. 2000<sup>2</sup></b>	<b>Aji. Biolat. 2002<sup>3</sup></b>
<b>5-10</b>	<b>63</b>	<b>64</b>	<b>65</b>
<b>10-15</b>	<b>63</b>	<b>64</b>	<b>65</b>
<b>15-25</b>	<b>63</b>	<b>64</b>	<b>65</b>
<b>25-45</b>	<b>64</b>	<b>66</b>	<b>65</b>
<b>45-70</b>	<b>64</b>	<b>66</b>	<b>66</b>
<b>70-100</b>	<b>66</b>	<b>70</b>	<b>67</b>
<b>100-130</b>	<b>68</b>	<b>70</b>	<b>68</b>

<sup>1</sup>325g/d de ganho de carne magra; <sup>2</sup> médio potencial genético; <sup>3</sup> conforme demonstrado, os valores devem sofrer ajustes de acordo com as condições de produção

### DINÂMICA DA PROTEÍNA IDEAL NA MATRIZ LACTANTE

<b>AA</b>	<b>Nível de Mobilização de Aminoácidos</b>					
<b>Limit.</b>	<b>100%</b>	<b>80%</b>	<b>60%</b>	<b>40%</b>	<b>20%</b>	<b>0%</b>
<b>1°</b>	<b>Thr</b>	<b>Lys</b>	<b>Lys</b>	<b>Lys</b>	<b>Lys</b>	<b>Lys</b>
<b>2°</b>	<b>Lys</b>	<b>Thr</b>	<b>Thr</b>	<b>Thr</b>	<b>Thr</b>	<b>Val</b>
<b>3°</b>	<b>Val</b>	<b>Val</b>	<b>Val</b>	<b>Val</b>	<b>Val</b>	<b>Thr</b>

- Nível máximo de mobilização foi definido quando a matriz aleitou 12 leitões

*Fonte: Kim et al. (2001)*

Para Suínos Adultos se recomenda uma relação Thr/Lys mínima de 70%\*

- Base aminoácidos digestíveis verdadeiros



---

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Suínos e Aves  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento  
Caixa Postal 21, 89.700-000, Concórdia, SC  
Telefone (49) 4428555, Fax (49) 4428559  
<http://www.cnpsa.embrapa.br>  
[sac@cnpsa.embrapa.br](mailto:sac@cnpsa.embrapa.br)*

**Ministério da Agricultura,  
Pecuária e Abastecimento**

