

CAPÍTULO 4

IMPACTO DE ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS NO DEJETO DE SUÍNOS

Esther Ramalho Afonso¹; Julio Cesar Pascale Palhares² e Augusto Hauber Gameiro¹

¹ Programa de Pós-graduação em Nutrição e Produção Animal, Faculdade de Medicina veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo. Pirassununga, São Paulo.

² Pesquisador em Avaliação de Impactos Ambientais e Manejo de Recursos Hídricos na Pecuária, Embrapa Sudeste, São Carlos, São Paulo.

RESUMO

Asuinocultura é conhecida como uma atividade com potencial poluidor, por produzir grandes quantidades de resíduos com alta carga de nutrientes, matéria orgânica, sedimentos, patógenos, metais pesados e antibióticos. Os potenciais impactos ambientais da atividade suinícola são causados, em grande parte, pelo manejo incorreto dos dejetos, oriundos do manejo nutricional. Portanto, a redução do potencial poluidor da atividade inicia-se com a correta nutrição, baseada em conceitos e princípios nutricionais e ambientais, ou seja, quanto mais eficiente à escolha dos ingredientes, balanceamento destes e oferta aos animais, menor o impacto da nutrição, além de beneficiar o manejo ambiental, pela redução da excreção de nutrientes como nitrogênio, fósforo, cobre e zinco. A regulamentação do controle da poluição no meio urbano e rural é feita através de algumas leis, como: Lei dos Crimes Ambientais, Lei do Gerenciamento dos Recursos Hídricos e leis de licenciamento da atividade, que são específicas para cada estado, assim autorizando a implantação e operação de atividades potencialmente poluidoras, como a criação de suínos. O desafio, sob estas condições, consiste no uso de instrumentos capazes de harmonizar a continuidade da atividade com o uso racional dos recursos naturais e a preservação da qualidade ambiental. Para tanto, esse capítulo esclarece alguns instrumentos nutricionais que visam diminuir a excreção de nutrientes pelos suínos e práticas e tecnologias para o manejo de dejetos.

INTRODUÇÃO

A carne suína responde por, aproximadamente, 40% do consumo de carne no mundo. Considerando a demanda global até 2020, que indica rápida expansão do consumo de carne e a projeção de aumento de 20% na produção global de alimento, o setor suinícola terá um papel importante para atender a demanda projetada. Consequentemente, a questão ambiental terá grande foco,

principalmente para as populações que vivam próximas a criações intensivas de suínos (OCDE, 2007).

O Brasil é o quarto produtor e exportador mundial de carne suína, com 3.370 mil toneladas e 600 mil toneladas, respectivamente, em 2013 (ABIPECS, 2013). A suinocultura brasileira tem como principal característica a grande concentração de animais por área, visando atender o mercado interno e externo de carne e seus derivados a preços competitivos.

A suinocultura também é conhecida como uma atividade de significativo potencial poluidor, por produzir grandes quantidades de resíduos com alta carga de nutrientes (especialmente fósforo e nitrogênio), matéria orgânica, sedimentos, patógenos, metais pesados (principalmente cobre e zinco utilizados nas rações como promotores de crescimento) e antibióticos (USDA; USEPA, 1999). O modelo atual de produção de suínos é caracterizado pela criação intensiva e em confinamento, concentrando, portanto, grande número de animais em áreas reduzidas, aumentando ainda mais os riscos de contaminação ambiental.

Muito se tem discutido sobre os efeitos das criações intensivas sobre o meio ambiente e a saúde humana. A poluição da água e do ar provocada pelo manejo inadequado dos dejetos suínos vem se tornando cada vez mais importante. De acordo com a FAO (2005), as maiores formas de poluição em áreas de concentração de produção animal incluem: i) Eutrofização de corpos d'água superficiais, morte de peixes e de outros organismos aquáticos; ii) Contaminação das águas subterrâneas por nitratos e patógenos e consequente ameaça às fontes de abastecimento humano; iii) Excesso de nutrientes e metais pesados nos solos, depreciando sua qualidade; iv) Contaminação dos solos por patógenos; e v) Liberação de amônia, metano e outros gases na atmosfera.

A redução do potencial poluidor da atividade suinícola inicia-se com a correta nutrição, baseada em conceitos e princípios nutricionais e ambientais. Desta forma, quanto mais eficiente a escolha dos ingredientes, balanceamento destes e oferta aos animais, menor o impacto da nutrição no meio ambiente, além de beneficiar o manejo ambiental, pela redução da excreção de nutrientes como nitrogênio e fósforo.

Várias estratégias nutricionais têm sido estudadas pela constante preocupação dos pesquisadores em busca de alternativas que visam minimizar a emissão de poluentes para o meio ambiente. Algumas dessas estratégias já foram validadas e comprovaram apresentar impacto positivo na redução de metais, fósforo e nitrogênio. Dentre elas, destaca-se a utilização de fitase, minerais orgânicos e redução da proteína bruta da ração (PALHARES et al., 2010). A utilização da enzima fitase tem como finalidade melhorar a eficiência zootécnica na produção pelo aumento da digestão de produtos de qualidade nutricional inferior. Os minerais orgânicos tem a função de tornar minerais

mais biodisponíveis para os suínos e melhorar o desempenho dos animais. A redução da proteína bruta da ração otimiza a utilização de nutrientes da dieta. Ambas as estratégias têm sido utilizadas visando redução da quantidade de nutrientes nos dejetos.

Em alguns países europeus a utilização de estratégias nutricionais já faz parte das políticas ambientais. Segundo Dourmad et al. (1999) na França e na Dinamarca consumiu-se 80 g de N/kg de suíno produzido; na Holanda este consumo foi de 74 g de N/kg, sendo justificado pelo menor teor de nitrogênio nas dietas. A utilização da fitase foi uma das primeiras regulamentações implementadas na Holanda no início dos anos oitenta, decisão essa que acabou trazendo vários benefícios ambientais (PALHARES et al., 2010).

No Brasil há leis que regulam o controle da poluição no meio urbano e rural: a Lei dos Crimes Ambientais, a Lei do Gerenciamento dos Recursos Hídricos e as leis de licenciamento da atividade que são específicas para cada estado. No Rio Grande do Sul, por exemplo, há a FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler), instituição responsável pelo licenciamento ambiental das atividades de impacto local para proteção dos ecossistemas e melhoria na qualidade ambiental, cabendo à mesma autorizar a implantação e operação de atividades potencialmente poluidoras, como a criação de suínos.

IMPACTO AMBIENTAL RELACIONADO AO DEJETO DE SUÍNOS

Os elementos que serão considerados nos dejetos de suínos serão: nitrogênio, fósforo, cobre e zinco.

NITROGÊNIO E FÓSFORO

Tanto o nitrogênio quanto o fósforo, na forma orgânica e inorgânica, aparecem nos dejetos de suínos. Grande parte desses resíduos é utilizada na adubação de plantações em geral. O potencial do fósforo para contaminar a terra e a água é menor do que o nitrogênio, porque o fósforo se adere às partículas do solo, tornando-se assim um contaminante parcial dos rios e lagos, devido à sua translocação ser limitada (COFFEY, 1992). No entanto, uma vez o fosfato em contato com a superfície da água, há o estímulo ao crescimento das algas, processo chamado de eutrofização, o que resulta em decréscimo na qualidade da água fresca. A decomposição destas algas diminui a quantidade de oxigênio na água, criando um meio inadequado para os peixes e outros animais aquáticos (CROMWELL et al., 1993).

O nitrogênio é um dos nutrientes mais importantes, tanto para as plantas quanto para os microrganismos, porém seu uso intensivo na agricultura tem gerado uma série de impactos e danos ao ecossistema e solos, como a contaminação dos lençóis freáticos, a eutrofização das águas superficiais,

chuva ácida, diminuição da camada de ozônio e a mudança no clima global (RODRIGUES et al., 2007).

O nitrogênio está presente em várias formas e estados de oxidação sendo as de maior relevância: o nitrogênio orgânico dissolvido e particulado, o nitrogênio amoniacal ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-) (DIESEL et al., 2005; KUNZ et al., 2007; OENEMA et al., 2007). O nitrogênio amoniacal apresenta-se tóxico para peixes com alta demanda de oxigênio. O nitrito pode se combinar com aminas secundárias, provenientes da dieta alimentar, formando nitrosaminas que apresentam poder carcinogênico e mutagênico (KUNZ et al., 2007).

Além do fósforo e nitrogênio, os suínos podem excretar de 80% a 95% do total diário consumido de cobre e zinco (Cu e Zn) (NOVAK et al., 2008). Tanto o Cu e Zn podem ser tóxicos para determinadas culturas vegetais e plantas forrageiras, além de aumentar o odor dos dejetos, tornando-se uma preocupação ambiental (JONDREVILLE et al., 2003; NOVAK et al., 2008).

COBRE E ZINCO

O cobre e o zinco apresentam propriedades antibacterianas, embora não sejam classificados como agentes antimicrobianos, aumentando o ganho de peso e melhorando a conversão alimentar nas fases de pós desmame e crescimento, efeito que não é observado durante a fase de terminação, acima de 50 kg na maioria dos experimentos relatados e, desta forma o uso de altos níveis de cobre nesta fase apresenta como desvantagem um alto custo ambiental, pois sua concentração nos dejetos é proporcional ao nível utilizado nas dietas (LÜDKE & LÜDKE, 2005).

Em virtude do baixo custo, esses minerais têm sido largamente utilizados em dietas de suínos, em todas as categorias, muitas vezes sem critérios científicos (LIMA, 2007). A suplementação do Cu e Zn nas dietas de suínos é permitida na Europa com níveis máximos de 170 mg de Cu/kg para animais até 12 semanas e 150 mg de Zn/kg (REVVY et al., 2004). Já no Brasil, a indústria de ração costuma usar doses elevadas de Cu (250 mg/kg) e de Zn (3000 mg/kg) na ração de leitões, visando a prevenção de diarreias e estimulante do crescimento, respectivamente (PERDOMO, 2001).

Como mencionado anteriormente, a suinocultura é uma atividade de grande potencial poluidor por produzir grandes quantidades de resíduos, tanto para a atmosfera quanto o escoamento dos elementos para o subsolo e águas superficiais e subterrâneas. Vários fatores podem influenciar a quantidade de nutriente excretado, destacando-se a qualidade do alimento, digestibilidade, disponibilidade e níveis dos nutrientes presentes na dieta (NRC, 1998).

MANIPULAÇÃO NUTRICIONAL DA DIETA

Os elementos que serão considerados neste capítulo são: enzima fitase, minerais orgânicos e redução da proteína bruta, com suas propriedades na alimentação de suínos.

ENZIMA FITASE

Atualmente, sabe-se que os maiores avanços tecnológicos na nutrição animal são obtidos pelas opções de uso de novos ingredientes ajustados às exigências nutricionais. Estima-se que 70% do fósforo dos vegetais sejam indisponíveis para não ruminantes (SILVA et al., 2005). De acordo com Lehninger et al. (1993), fósforo fítico é a designação dada ao fósforo que faz parte da molécula do ácido fítico (hexafosfato de inositol) que é encontrado nos vegetais. Por causa do seu grupo ortofosfato, altamente ionizado, este complexa com uma variedade de cátions (Ca, Fe, Cu, Zn, Mn e Mg) e grupo amina de alguns aminoácidos (lisina, arginina, histidina e outros). Este complexo caracteriza o fitato como um fator antinutricional por diminuir, além da disponibilidade de minerais, também a de proteínas (MORRIS, 1986). O ácido fítico é um complexo orgânico que ocorre naturalmente nas plantas para uso durante a germinação, formando uma variedade de sais insolúveis com cátion mono, di e trivalentes (FIALHO et al., 2008).

A enzima fitase (mio-inositol hexafosfato fosfohidrolase) é uma fosfatase que catalisa a hidrólise do ácido fítico a fosfato de inositol, myo-inositol e fósforo inorgânico (JONGBLOED et al., 1994; VATS & BANERJEE, 2004). A fitase é produzida comercialmente pelos fungos do gênero *Aspergillus* através de técnicas de recombinação de DNA (FIREMAN & FIREMAN, 1998). Este aditivo alimentar tem sido incorporado às rações com a finalidade de melhorar a eficiência de produção dos animais pelo aumento da digestão de produtos de baixa qualidade e redução na perda de nutrientes nas fezes, além de reduzir a suplementação com fósforo inorgânico, diminuindo custos e melhorando a utilização do fósforo e outros nutrientes presentes nos alimentos (SILVA et al., 2005).

Baseado na comprovação de que a fitase tem sido largamente estudada em dietas de suínos e aves, vale frisar que nos vegetais cerca de dois terços do fósforo encontram-se ligados aos fitatos, quantidade suficiente para atender às funções essenciais dos suínos, se não fosse sua baixa disponibilidade, variando de 15% a 50%, dependendo do vegetal. Assim, há necessidade de suplementar fósforo com fontes inorgânicas para atender as exigências visando o máximo desempenho dos animais, fazendo com que os suínos sejam alimentados com quantidades de fósforo acima das necessidades, tendo como consequência a eliminação do excesso através dos dejetos, agravando-se o problema de contaminação ambiental.

A fitase não está presente no trato gastrointestinal de monogástricos em quantidades suficientes (LÜDKE et al., 2000). Uma vez que os animais não possuem a enzima fitase endógena, o fósforo presente nas ligações não consegue ser hidrolisado para posteriormente ser absorvido pelo trato digestório, sendo eliminado nas excretas quase na sua totalidade. O modo de ação da enzima fitase consiste no mecanismo de transferência do grupo fosfato do substrato para enzima e da enzima para água (FIREMAN & FIREMAN, 1998).

Além de aumentar a disponibilidade do fósforo, a utilização de fitase também melhora a disponibilidade de outros minerais, como magnésio, cobre, ferro e zinco (ADEOLA et al., 1995). Fireman & Fireman (1998) observaram que suínos apresentaram diminuição na quantidade de fezes excretadas quando se adicionou níveis crescentes de fitase. Silva et al. (2005) verificaram que a fitase reduziu de forma linear a excreção fecal de manganês, mas não afetou a excreção de zinco e magnésio nas fezes dos suínos.

Lüdke et al. (2000) trabalharam com suínos na fase de crescimento e avaliaram a quantidade de nitrogênio, fósforo e cálcio consumidos e excretados. Observaram que à medida que os níveis de fitase foram aumentados (0, 300, 600 e 900UF/kg) os níveis de suplemento inorgânico foram reduzidos. Os teores de cálcio foram reduzidos em 10% em relação à dieta controle (sem fitase e com fosfato inorgânico) e foram utilizados níveis de proteína bruta. Os autores concluíram que níveis entre 421 a 466 UF/kg da dieta proporcionam redução nas quantidades de nitrogênio, fósforo e cálcio excretados, amenizando a carga de poluição ambiental. Machinsky et al. (2010) concluíram que a adição da fitase (500 UF/Kg) na ração melhora a retenção de P, reduzindo a excreção fecal e urinária deste elemento para suínos com 24 kg de peso vivo. Resultado diferente foi obtido por Cromwell et al. (1995), em que a suplementação de baixo nível de fósforo com adição de fitase, aumentou a absorção deste elemento, mas não houve redução na excreção pelas fezes.

MINERAIS ORGÂNICOS

As exigências nutricionais de minerais exibidas pelo NRC são criticadas por serem muito baixas para serem recomendadas para as linhagens de suínos atuais. A maior parte destas exigências foi determinada há algumas décadas ou simplesmente estimadas (RUTZ & MURPHY, 2009). Com isso, nutricionistas frequentemente utilizam níveis mais elevados de minerais, grande parte das vezes baseado em seu próprio conhecimento prático. Esta situação pode causar risco de uma interação adversa entre minerais, bem como aumentar os níveis excretados dos mesmos, sendo prejudicial ao meio ambiente (LEESON, 2008).

A partir desta problemática, foram desenvolvidos os minerais orgânicos para propiciar melhor metabolismo e desempenho dos animais.

A Association American Feed Control Oficial (AAFCO) (2000) define os minerais orgânicos como íons metálicos ligados quimicamente a uma molécula orgânica, formando estruturas com características únicas de estabilidade e de alta biodisponibilidade mineral. Eles são melhor absorvidos, mais passíveis de propiciar um melhor desempenho, qualidade de carcaça, tempo de prateleira de produtos avícolas e suínolas, entre outros. A sua eficiência, entretanto, pode variar conforme a maneira que é produzida.

Assim, a utilização dos minerais na forma orgânica torna-os mais biodisponíveis, aumentando a sua utilização pelos monogástricos. Além disso, podem garantir a suplementação de microelementos com dosagens inferiores às normalmente utilizadas com os ingredientes inorgânicos, reduzindo os requisitos do nutriente para os animais e consequentemente sua excreção nos dejetos (PEREIRA et al., 2009).

O uso de minerais orgânicos, denominados assim por estarem ligados a certos aminoácidos, permite que sejam absorvidos pelos mesmos transportadores das moléculas orgânicas. Dessa forma, os minerais orgânicos podem ser absorvidos pelo organismo em maiores quantidades, possivelmente por não sofrerem influência competitiva de outros minerais ou elementos que possuam cargas e que estão presentes normalmente no conteúdo do trato gastrointestinal (AMMERMAN et al., 1995).

Em alguns estudos relatou-se que a disponibilidade aparente do quelato de zinco e cobre foi 106 e 120%, quando comparado com fonte inorgânica desses minerais, sulfato de zinco e sulfato de cobre (SECHINATO, 2003). Em contrapartida, Cheng et al. (1998) demonstraram que $ZnSO_4$ e o complexo Zn-lisina foram igualmente eficientes na absorção de Zn e no crescimento em suínos jovens.

Outros benefícios dos minerais orgânicos estão na melhor conversão alimentar, ganho de peso e menor custo na produção (APCS, 2004). De acordo com Close (1999), observou-se que suínos alimentados com Cu orgânico obtiveram desempenho similar aos animais suplementados com Cu inorgânico.

REDUÇÃO DA PROTEÍNA BRUTA DA RAÇÃO

A formulação de dietas com níveis reduzidos de proteína bruta tem sido amplamente preconizada, mediante a suplementação de aminoácidos industriais, uma vez que tem sido associado à otimização na utilização das nutrientes da dieta e consequentemente redução no poder poluidor (ZANGERONIMO et al., 2007).

Segundo Parson & Baker (1994), a utilização de dietas com níveis reduzidos de proteína bruta, ou seja, conceito de proteína ideal é definido como sendo o balanço exato de aminoácidos capaz de prover, sem excesso ou déficit, as exigências de todos os aminoácidos necessários para a manutenção

e máxima deposição proteica no organismo. Já as rações com níveis proteicos elevados sobrecarregam a digestão, absorção e eliminação do nitrogênio não aproveitável (BERTECHINI, 2006).

Estudo realizado por Kerr & Easter (1995), observaram que cada ponto percentual de redução da proteína bruta da ração diminui em 8% o nitrogênio excretado nos dejetos. A partir da adição de aminoácidos industriais na dieta, estes são absorvidos rapidamente em relação àqueles presentes nos alimentos (PARTRIGDE, 1985). Desse modo, o balanceamento adequado dos aminoácidos na dieta, quando se trabalha com níveis reduzidos de PB e quantidades significativas de aminoácidos industriais na ração, é importante para o melhor aproveitamento do nitrogênio exógeno pelos animais (ZANGERONIMO et al., 2007).

Estudo realizado por Orlando et al (2005) verificaram que a utilização de redução de proteína bruta com suplementação de aminoácidos industriais em leitões machos castrados proporcionou redução da excreção de nitrogênio, além de não prejudicar o desempenho dos animais. Relandeau et al (2000) realizaram uma compilação de trabalhos que utilizaram redução da proteína bruta da ração com suplementação de aminoácidos sintéticos sobre o desempenho de suínos, e observaram que em 21 trabalhos consultados a redução da proteína bruta da ração não prejudicou o desempenho dos animais e relataram que o teor de proteína bruta para suínos na fase de terminação pode ser reduzido para 12%, corroborando com os resultados encontrados por Orlando et al (2005).

LEIS AMBIENTAIS DA SUINOCULTURA

A preocupação ambiental é crescente, principalmente nos países tradicionais na produção de suínos como Holanda, Dinamarca, França, Alemanha, Canadá e Estados Unidos da América, que têm utilizado instrumentos como a legislação ambiental e suas regulações e diretrizes para que haja menor poluição da água e do ar provocada pelo manejo inadequado dos dejetos. Cada país desenvolveu sua legislação de acordo com a sua necessidade local, mas no geral as legislações ambientais que licenciam as produções animais devem apresentar alguns pontos comuns: i) Estipular objetivos realísticos, considerando o equilíbrio ambiental, econômico e social, identificando áreas críticas de conflito entre a realidade socioeconômica e as condições ambientais, identificando políticas para minimizar estes conflitos por meio do delineamento de acordos; ii) Desenvolver indicadores e implementar ações a fim de monitorar a eficácia e eficiência das leis e políticas, detectando os efeitos desejáveis e indesejáveis; iii) Corrigir as leis e políticas que não estejam promovendo a conservação ambiental; e iv) Disponibilizar suporte financeiro (OEDC, 2003).

Em termos gerais, a resposta inicial da maioria dos governos para resolver as questões ambientais no setor de suínos foi impor regulamentos, desenvolvimento de programas de pesquisa e assistência técnica. Os suinocultores enfrentam uma matriz de regulamentos que foram introduzidos para limitar a fonte de poluição, como por exemplo, proibir ou limitar a descarga direta de dejetos suínos nas águas, limitar e regularizar a quantidade de dejetos produzidos por dia. Além disso, alguns países instituíram o recebimento de pagamento aos produtores, com investimento de novas tecnologias e incentivo da utilização do dejetos como fertilizante em lavouras (OECD, 2004).

Na Holanda a legislação foi elaborada em 1984 e 1987, e prevê que os dejetos sejam utilizados como fertilizantes, mas o produtor recebe uma quota anual de aplicação no solo. Se for aplicado em excesso deve-se pagar uma taxa. Também só é permitida a utilização em algumas épocas do ano; há grande incentivo de manejo nutricional ambientalmente correto, e são estabelecidos incentivos financeiros para a secagem e o transporte de dejetos para outras áreas, bem como premiações para propriedades que diminuam a poluição ambiental (PALHARES, 2009).

A legislação ambiental holandesa influencia a maneira pela qual as unidades de produção de suínos estão sendo projetadas, modificando o arranjo dos suínos e a maneira como os dejetos são armazenados e utilizados. Como resultado desses esforços, a emissão de amônia (NH_3) por fontes agrícolas no país reduziu-se em 40% entre 1980 e 2001. No final de dezembro de 2003 o governo implementou um novo programa de ação com o objetivo de atender a Diretiva do Nitrato (91/676/EEC). O programa apresenta um conjunto de medidas que já estão vigorando ou que deverão ser implementadas. Para tanto, propõe que a concentração de nitrato na água subterrânea não deve exceder 50 mg NO_3 por litro; que a concentração de nitrato na água de superfície, especialmente naquela usada ou com intenção de se usar como água de abastecimento, não deverá exceder a quantidade estabelecida na Diretiva 75/440/EEC; e que a eutrofização da água de lagos e outros corpos de água doce, estuários e águas costeiras deverá ser prevenida.

Na Dinamarca a legislação foi criada em 1987. Os produtores dinamarqueses estão sujeitos a uma série de leis e regras sobre o ambiente. Dentre as regras ambientais, está definido o limite para o número de suínos que cada produtor pode ter. O sistema regulador baseia-se em unidades por animais, ou seja, uma unidade animal equivale a 51 animais em crescimento/terminação ou 5,1 fêmeas incluindo os leitões. Cada granja deve ter um plano de adubação para capacidade de armazenagem para 12 meses, além da utilização dos dejetos preferencialmente em culturas de inverno (OECD, 2003).

Na França o licenciamento ambiental ou autorização ambiental foi

criada em 1992 e estabeleceu distâncias mínimas entre as instalações de suínos e de resíduos em relação à fontes, poços, estradas e residências; os sistemas de criação devem estar cercados, não pode haver mistura entre águas de drenagem e efluentes, o tempo de armazenagem dos dejetos deve ser de quatro meses, toda forma de aplicação de resíduos no solo deve estar documentada, a fertilização é feita tendo como referência o nitrogênio e o balanço de nutrientes e a descarga de efluentes em corpos d'água é permitida de acordo com padrões estipulados (PALHARES, 2009).

Dentre as legislações europeias, a que mais se assemelha à legislação brasileira é a francesa, principalmente pelo estabelecimento de distância entre as instalações de suínos e o manejo de dejetos, e a exigência dos padrões de descarga de efluentes em corpos d'água. No Brasil, a avaliação do impacto ambiental e licenciamento de atividades poluidoras constituem instrumentos para execução da Política Nacional de Meio Ambiente, de 1981, que determina a avaliação do impacto ambiental prevista na Constituição Federal de 1988. A política prevê a realização de estudo de impacto ambiental prévio para instalações de obras ou atividades poluidoras (PALHARES, 2009).

No entanto, quando se compara a legislação europeia e a brasileira, conclui-se que a brasileira ainda é bastante simples e se o país quiser atingir a posição de maior produtor de carne suína, não só com custo competitivo, mas também visando a qualidade ambiental, será necessário o aprimoramento da legislação nacional e estadual (PALHARES, 2009).

No Brasil há leis que regulam o controle da poluição no meio urbano e rural: a Lei dos Crimes Ambientais, a Lei do Gerenciamento dos Recursos Hídricos e as leis de licenciamento da atividade que são específicas para cada estado. O licenciamento ambiental constitui um instrumento que visa o desenvolvimento de uma atividade produtiva com a manutenção da qualidade ambiental. Porém ainda encontramos alguns desafios uma vez que os problemas ambientais se tornam complexos e demandam planejamento com a percepção crítica de fatores múltiplos e difusos, como os sociais, culturais, econômicos, políticos e produtivos.

As leis de licenciamento ambiental para atividade suinícola nos Estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Paraná são as mais específicas para o setor, outros Estados também possuem licenciamento, mas normalmente as leis abrangem mais de uma espécie animal, como a do Estado de São Paulo.

Em São Paulo, a Resolução CONAMA n°.237/1997 outorga que atividades agropecuárias, como criação de animais, estão sujeitas ao licenciamento ambiental. O licenciamento deve ser expedido pelo Poder Público, no caso a Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental – CETESB. Empreendimentos e atividades consideradas efetiva ou potencialmente causadoras de significativa degradação do meio como, por

exemplo, a atividade suinícola, devem realizar um estudo prévio de impacto ambiental e o respectivo relatório de impacto sobre o meio ambiente (EIA/RIMA).

Segundo a Resolução, o processo de licenciamento ambiental compreende três etapas:

I. Licença Prévia (LP) – concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação. O prazo de validade não deve ser superior a cinco anos.

II. Licença de Instalação (LI) – autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante. O prazo de validade não deve ser superior a seis anos;

III. Licença de Operação (LO) – autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação. O prazo de validade não deve ser superior a dez anos.

No Rio Grande do Sul, o licenciamento está dividido em duas esferas, uma estadual com seus instrumentos de fiscalização, normas ambientais e padrões; outra municipal. O órgão ambiental estadual (FEPAM) e municípios são os órgãos fiscalizadores da atividade e definem medidas específicas para cada atividade de acordo com o tipo, característica e ainda fornecem o técnico para conduzir o processo de licenciamento.

A FEPAM considera a suinocultura como uma atividade agropastoril, o potencial poluidor é mensurado de acordo com o sistema de manejo dos dejetos: líquido ou seco. Portanto, as propriedades que manuseiam os dejetos no estado líquido são consideradas de alto potencial poluidor e as propriedades que adotam o sistema de cama sobreposta são classificados como médio potencial poluidor.

O marco inicial do Termo de Compromisso Ambiental (TCA) é a resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente - CONSEMA nº 084/2004, que direciona suas ações para a diminuição e controle da degradação dos recursos hídricos e solo, através do sistema de licenciamento integrado para atividades produtivas que adotem o sistema de integração. O TCA é o instrumento ambiental que busca o desenvolvimento sustentável das atividades suinícolas através da adequação das propriedades produtoras.

Os produtores que tiverem aderido ao TCA terão que obter licença ambiental que consiste em três fases: Licença Prévia (LP), emitida na fase

de planejamento, Licença de Instalação (LI), autoriza o início da construção do empreendimento e Licença de Operação (LO), autoriza o funcionamento do empreendimento. As propriedades licenciadas serão as que estiverem ambientalmente adequadas, de acordo com o Decreto Estadual nº 23.430, de 24 de outubro de 1974, que regulamenta a localização das pocilgas, construção de esterqueiras entre outras melhorias.

Em Santa Catarina para obtenção do licenciamento ambiental os produtores deverão encaminhar a Fundação do Meio Ambiente (FATMA) projeto de acordo com a Instrução Normativa IN nº 11.

As fases do licenciamento são: Licença Ambiental Prévia (LAP): declara a viabilidade do projeto e/ou localização de equipamento ou atividade, quanto aos aspectos de impacto e diretrizes de uso do solo; Licença Ambiental de Instalação (LAI): autoriza a implantação da atividade ou instalação de qualquer equipamento, com base no projeto executivo final; Licença Ambiental de Operação (LAO): autoriza o funcionamento do equipamento, atividade ou serviço, com base em vistoria, teste de operação ou qualquer meio técnico de verificação. Existe Autorização Ambiental que é concedida as atividades de porte inferior ao pequeno.

Além disso, a regulação ambiental define uma série de padrões de armazenamento e uso dos dejetos:

- Os volumes dos dejetos produzidos são calculados pela capacidade máxima das pocilgas;
- A quantidade máxima de dejetos para a utilização em lavouras é de 50 m³ ha-1ano-1, e de acordo com recomendações de adubação indicadas por laudo com base em análise do solo;
- Recomenda-se a instalação de sistemas de calhas e cisternas, visando o aproveitamento das águas pluviais para uso nas pocilgas.

No Paraná, a Resolução da Secretária de Estado do Meio Ambiente (SEMA) nº. 031, de 24 de agosto de 1998, define a classificação feita pelo Instituto Ambiental do Paraná das propriedades suínícolas conforme o sistema de criação: ar livre, confinamento e misto; o sistema de produção. A Unidade de Produção de Leitões, ciclo completo e terminação; porte da propriedade que varia de mínimo à excepcional. Na mesma resolução do SEMA é definido o licenciamento ambiental como um mecanismo para autorizar o funcionamento do empreendimento, sendo estruturado em três etapas: licença prévia (LP), licença de instalação (LI) e licença de operação (LO).

A Resolução nº 031 define padrões de composição dos efluentes líquidos e dos resíduos sólidos. Quando não alcançados, a Resolução estabelece que os dejetos devam receber tratamento prévio e tratamento específico ou secundário, quando usados para aplicação no solo como fertilizante orgânico.

Após receber o tratamento adequado, os dejetos podem ser utilizados como fertilizante orgânico na lavoura respeitando a época, forma de aplicação e a cultura recomendada, além disso, determina-se a análise das características físicas e químicas do solo com o intuito de verificar a aptidão do solo.

A suinocultura tem potencial impacto ambiental. O desafio, sob estas condições, consiste no uso de instrumentos capazes de harmonizar a continuidade da atividade com o uso racional dos recursos naturais e a preservação da qualidade ambiental. O licenciamento ambiental é um desses instrumentos. Sendo esta competência dos Estados, há diferenças conceituais e técnicas entre legislações. Mesmo no caso de Estados tradicionais na atividade e com histórico de conflitos ambientais.

OUTROS INSTRUMENTOS LEGAIS

Além dos instrumentos apresentados acima, existe uma série de outras ferramentas legais que estão relacionadas ao controle ambiental da atividade suinícola, de caráter voluntário ou de comando e controle:

- Ação civil pública (Lei 7.347 de 24/07/1985): lei de interesses difusos, que trata da ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor e ao patrimônio artístico, turístico ou paisagístico. Pode ser requerida pelo Ministério Público (a pedido de qualquer pessoa) ou por uma entidade constituída há pelo menos um ano.
- Código Florestal (Lei 4.771 de 15/09/1965): determina a proteção de florestas nativas e define como áreas de preservação permanente uma faixa de 30 a 500 metros das margens dos rios (dependendo da largura do curso d'água), de lagos e reservatórios.
- Crimes ambientais: (Lei 9.605 de 12/02/1998): reordena a legislação brasileiro que se refere às infrações e punições. A partir dela, a pessoa jurídica, autora ou coautora da infração ambiental, pode ser penalizada, chegando à liquidação da empresa se ela tiver sido criada ou usada para facilitar ou ocultar crime ambiental.

Recursos hídricos: (Lei 9.433 de 08/01/1997): Em 1992 foram formalizados alguns princípios para o gerenciamento dos recursos hídricos mundiais, que foram denominados Princípios de Dublin e definem os seguintes preceitos sobre a água: deve ser gerenciada de forma conjunta entre Governo, sociedade e empresas; trata-se de um recurso finito e com valor econômico; e as mulheres têm um papel central na sua provisão e proteção.

PRÁTICAS E TECNOLOGIAS PARA O MANEJO DE DEJETOS

O dejetos suíno na sua forma mais comum, líquida, possui uma

quantidade de matéria seca muito baixa. Essa grande quantidade de água inviabiliza o transporte do mesmo a grandes distâncias. Portanto, devem ser estudadas e realizadas formas de tratamento para (DIESEL, et al., 2002):

- Redução da carga poluidora, para aumentar a quantidade de dejetos a ser lançado sobre o solo;
- Aumentar o seu valor nutritivo para uso como adubo, que evite perda de nutrientes por volatilização e lixiviação;
- Eliminação da água presente para viabilizar o transporte do mesmo para outras regiões.

Há várias possibilidades de efetuar este tratamento sendo, entre as três opções anteriormente citadas, a redução da carga orgânica a mais usada e estudada, por exigir menos mão de obra e possibilitar o armazenamento em esterqueiras ou em lagoas e posterior aplicação no solo (KUNZ et al., 2004a). As esterqueiras e lagoas, desde que corretamente dimensionadas e operadas, são uma opção de baixo custo para produtores que possuem áreas de cultivo suficientes para que os resíduos possam ser utilizados como fertilizante orgânico. As recomendações para essa prática devem ser respeitadas levando em conta o balanço de nutrientes, imprescindível para nortear a tomada de decisão e mitigar os impactos ambientais (SEGANFREDO, 1999).

Para esterqueiras, o tempo de armazenamento recomendado para estabilização da matéria orgânica e inativação de patógenos gira em torno de 120 dias (as legislações estaduais apresentam variações com relação à exigência e ao período de retenção). Durante o armazenamento, o dejetos sofre degradação anaeróbia, podendo ocorrer liberação de gases responsáveis pela geração de odores, principalmente nos meses de verão, quando o aumento da temperatura ambiente favorece a atividade biológica e a volatilização de gases. Neste sistema convencional, os dejetos são manejados gerando fertilizante na forma líquida (KUNZ et al., 2005).

Os dejetos de suínos podem ser utilizados na fertilização de lavouras trazendo ganhos econômicos ao produtor rural, sem comprometer a qualidade do solo e do meio ambiente. Para isso, é fundamental a elaboração de um plano técnico de manejo e adubação, considerando a composição química dos dejetos, a área a ser utilizada, a fertilidade e tipo de solo e as exigências da cultura a ser implantada (OLIVEIRA et al., 2006). Porém alguns entraves podem ser observados quando os dejetos são utilizados na lavoura, entre eles o transporte, escassez de área para aplicação.

Apesar do valor agrônomo dos dejetos ser inquestionável, sua utilização na agricultura deve ser feita de maneira cuidadosa, de modo a não provocar danos ao ambiente e que seja ao mesmo tempo economicamente viável (SCHERER et al., 1996; SEGANFREDO, 2000).

A utilização dos dejetos como fertilizante agrícola: O uso de nutrientes provenientes dos dejetos pode reduzir a dependência de fertilizantes derivados das limitadas fontes de suprimento de recursos minerais. Além disso, os dejetos possuem um papel importante como condicionadores de solo e como meio para aumentar os níveis de matéria orgânica (os quais tendem declinar com o cultivo sucessivo). Todavia, para que isso aconteça sem danos ao meio ambiente, deve-se obedecer a um criterioso plano técnico de manejo e adubação, considerando a composição química dos dejetos, a área a ser utilizada, a fertilidade e tipo de solo, as exigências da cultura a ser implantada e a forma de aplicação. Caso contrário, corre-se o risco de que o solo, as águas superficiais e subterrâneas e o ar sejam contaminados pelos dejetos (SCHERER et al., 1996; SEGANFREDO, 2000)

A escassez de área: A intensificação da produção de suínos tem provocado um crescimento desproporcional entre o número de animais mantidos em confinamento e a área total das propriedades (EMBRAPA, 2003). Dessa forma, torna-se fundamental desenvolver no âmbito regional um modelo espacial de balanço de nutrientes que avalie o total da sua importação e exportação. Na avaliação dos nutrientes importados devem-se incluir fertilizantes, ração para os animais e entrada de animais. Por sua vez, em relação aos nutrientes exportados, devem-se considerar perdas para a água de superfície e subterrânea, para a atmosfera e para outras regiões (via exportação de grãos ou animais) (BERTO, 2004).

A utilização de biodigestores é outra alternativa tecnológica para o gerenciamento dos dejetos de suínos, o que permite a agregação de valor ao resíduo mediante a utilização do biogás (SCHULTZ, 2007). O biodigestor é um equipamento muito utilizado para o tratamento de dejetos líquidos dos suínos, formado por um tanque revestido com pedra, alvenaria ou geomembrana de PVC ou PEAD e coberto com uma lona que possibilite a sua expansão para armazenar gases (DALMAZO et al., 2009). Os dejetos são armazenados por um período de trinta dias, tempo suficiente para que ocorra a fermentação anaeróbica. Desse processo biológico surge o biogás e o biofertilizante (DIESEL et al., 2002). O biodigestor, além produzir o biogás e o biofertilizante, consegue remover carga orgânica dos dejetos, diminuir os odores e eliminar microrganismos potenciais causadores de doenças (DALMAZO et al., 2009).

O tratamento dos dejetos em biodigestores reduz a carga orgânica em 84%, podendo atingir até 96%, quando auxiliados por agentes de bacterianos. Além da carga orgânica, Konzen (2006) observou reduções de fósforo total (40%), cobre total (40%) e zinco total (22%). Com a adição de agentes de bacterianos, as reduções atingiram 91%, 96% e 97%, respectivamente, para fósforo, cobre e zinco.

Atualmente existem vários modelos de biodigestores visando

umentar tanto a eficiência quanto a redução de custos de equipamentos (KUNZ et al. 2004b). No entanto, o sistema ainda enfrenta algumas limitações, principalmente no que diz respeito ao entendimento de alguns aspectos microbiológicos básicos, vitais ao adequado funcionamento do sistema.

Alguns estudos propõem diferentes métodos de investigação na utilização de dejetos e o custo dos mesmos como fertilizantes, porém em sua grande maioria, os cenários investigados são nos Estados Unidos, principalmente as áreas de grande concentração de criação de suínos, e alguns países europeus.

O estudo realizado por Fleming et al. (1998) comparam dois tipos de sistema de armazenamento de dejetos de suínos em Iowa, um sendo sistema de armazenagem de dejetos em lagoa anaeróbica, que permite que o nitrogênio escape para atmosfera e o fósforo permaneça no fundo da lagoa e o outro método foi esterqueira que permite que conserve o teor de nutrientes do dejetos. O resultado foi que o dejetos armazenado no sistema de esterco possui maior volume de nutriente e, conseqüentemente reduz a quantidade a ser comprada de fertilizantes industriais. No caso de Iowa, o fertilizante ideal seria a base de fósforo, por isso o sistema de esterqueira foi mais vantajoso, mas isto não ocorre em todas as áreas dos Estados Unidos. Vale ressaltar que o estudo apenas visou à utilização de dejetos nas plantações sem levar em consideração o custo das normas ambientais.

Estes estudos demonstram que os produtores enfrentam várias barreiras para implementar os programas de tratamento de dejetos, tais como elevados investimentos e custos operacionais para as técnicas de processamento, legislação (por exemplo, licenciamento para construção de instalações de tratamento de dejetos), aceitação pelos agricultores e da sociedade. Estas barreiras limitam a aplicação dos dejetos nas lavouras, mas os criadores de suínos podem e devem adaptar suas práticas de gestão de dejetos, pois em muitos casos irá ajudar a reduzir seus custos de produção devido à redução dos gastos com combustível e eletricidade, além de ganhos ambientais (OENEMA, et al., 2012).

A utilização de biodigestores tem sido retomada, possivelmente pela crise energética que enfrenta o país desde o início deste século, e diversas instituições públicas e privadas voltaram a pesquisar, como por exemplo, a EMBRAPA, e a difundir como uma alternativa possível de utilização do sistema de manejo dos dejetos, pois ele permite a redução da poluição atmosférica provocada pelo metano e outros gases e possibilita a geração de energia. Além disso, produz um biofertilizante de boa qualidade (MIRANDA, 2005).

A retomada da discussão em torno dos biodigestores apresenta alguns aspectos que são essenciais para que não se cometam os mesmo erros

do passado. Deve-se atentar para que os biodigestores não sejam divulgados como uma “solução definitiva” e sim como parte de um processo, haja vista que este sistema possui limitações. Além disso, deve-se atentar que o processo de operação de um biodigestor possui uma série de detalhes técnicos que devem ser respeitados para que a produção do biogás seja economicamente viável (KUNZ et al., 2004).

CONSIDERAÇÕES

A suinocultura tem potencial impacto ambiental devido à produção de resíduos com alta carga de nutrientes, matéria orgânica, metais pesados, entre outros. O desafio, sob estas condições, consiste no uso de instrumentos capazes de harmonizar a continuidade da atividade com o uso racional dos recursos naturais e a preservação da qualidade ambiental. O licenciamento ambiental e práticas e tecnologias para o manejo de dejetos são alguns desses instrumentos.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP pela bolsa concedida e à Embrapa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAFCO, **Association of American Feed Control Officials**, 2000.

ABIPECS. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA. Exportação Mundial. Disponível em: <http://www.abipecs.org.br/pt/estatisticas/mundial/exportacao.html> Acesso em: 07/03/2014.

ABIPECS. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA. Produção Mundial. Disponível em: <http://www.abipecs.org.br/pt/estatisticas/mundial/producao-2.html> Acesso em: 07/03/2014.

AÇÃO CIVIL PÚBLICA (Lei 7.347 de 24/07/1985). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17347orig.htm. Acesso em: 23/03/2014.

ADEOLA, O.; OLUKOSI, O.A.; JENDZA, J.A.; DILGER, R.N.; BEDFORD, M.R. Response of growing pigs to *Peniphora lycii* e *Escherichia coli* derived phytase or varying ratios of calcium to total phosphorus. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.82, p.637-644, 2006.

AMMERMAN, C. B.; BAKER, D. B.; LEWIS, A. J. **Bioavailability of Nutrients for Animals**. Academic Press, New York, 1995.

APCS. ASSOCIAÇÃO PAULISTA DE CRIADORES DE SUÍNOS. Benefício dos minerais orgânicos, 2004. Disponível em: <http://www.apcs.com.br/7,1,26,21403.asp>. Acesso em: 20/05/2013.

BERTO, J.L. **Balanco de nutrientes em uma sub-bacia com concentração de suínos e aves como instrumento de gestão municipal**. 2004.196f. Tese (Engenharia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BERTECHINI, A.G. **Nutrição de Monogástricos**. Editora UFLA, 2006. Lavras- MG. 301p.

- CHENG, J. E. T. et al. Influence of dietary lysine on the utilization of zinc from zinc sulphate and zinclysine complex by young pigs. **Journal of Animal Science**, v.76, p.1064-1074, 1998.
- CLOSE, W. H. Organic minerals for pigs: an update. In: *Biotechnology in the Feed Industry*. Nottingham University Press. p. 51-60, 1999.
- CÓDIGO FLORESTAL (Lei 4.771 de 15/09/1965). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/14771.htm Acesso em: 23/03/2014.
- COFFEY, M.T. **An industry perspective on environmental and waste management issues: Challenge for the feed industry**. In: Georgia Nutrition Conference, 1992, Athens, Proceedings ... Athens : University of Georgia, p.144-148,1992.
- CRIMES AMBIENTAIS: (Lei 9.605 de 12/02/1998). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm. Acesso em: 23/03/2014.
- CROMWELL, G.L. et al. Efficacy of phytase in improving the bioavailability of phosphorus in soybean meal and corn-soybean meal diets for pigs. **Journal of Animal Science**, v.71, p.1831-1840, 1993.
- CROMWELL, G. L. et al. Efficacy of low-activity, microbial phytase in improving the bioavailability of phosphorus in corn-soybean meal diets for pigs. **Journal of Animal Science**, v. 73, p.449-456, 1995.
- DALMAZO, G. S.; BAZI, S. M.; OLIVEIRA, P. A. V. de. Biodigestores. In Claudio Rocha de Miranda (org). **Dia de Campo: suinocultura e meio ambiente: termo de ajuste de condutas da suinocultura**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2009.
- DIRETIVA 91/676/CEE “Diretiva do Nitrato”. Disponível em: http://www.diramb.gov.pt/data/basedoc/TXT_LC_5778_1_0001.htm. Acesso em: 23/03/2014.
- DIESEL, R.; MIRANDO, C.R.; PERDOMO, C.C. Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos. **Boletim Informativo Pesquisa & Extensão BIPERS**. EMATER/RS AGOSTO/2002.
- DOURMAD, J.Y.; SÈVE, B.; LATIMIER, P. et al. Nitrogen consumption, utilization and losses in pig production in France, the Netherlands and Denmark. **Livestock Production Science**, n.58, p.261-264. 1999.
- EMBRAPA Suínos e Aves. Diagnóstico das propriedades suinícolas da área de abrangência do Consórcio Lambari, SC: relatório preliminar. **Embrapa Suínos e Aves. Concórdia**, 2003. 32p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 84), 2003.
- FAO. Pollution from industrialized livestock production. 2005. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso em: 28/05/2013.
- FIALHO, E. T. RODRIGUES, P. B.; AMARAL, N.; ZANGERONIMO, M. G.; CANTARELLI, V. S. **Redução da Poluição Ambiental por Dejetos de Suínos Utilizando os Instrumentos da Nutrição**. In: I Congresso Brasileiro de Nutrição Animal no Ceará, 2008, Fortaleza. **Anais do I Congresso Brasileiro de Nutrição Animal no Ceará**. Fortaleza: Edit. Ceara, 2008. v. 1. p. 1-20.
- FLEMING, R. A., BABCOCK, B. A., WANG, E. Resource or Waste? The Economics of Swine Manure Storage and Management. **Review of Agricultural Economics** 20, no. 1, p. 96-113, 1998.
- FIREMAN, F. A. T.; FIREMAN, A. K. B. A. T. Enzimas na alimentação de suínos. **Ciência Rural**, Santa Maria v.28, p. 173-178, 1998.

- JONGBLOED, A. W.; MROZ, Z.; KEMME, P. A. Apparent digestibility and retention of nutrients bound phytate complexes as influenced by microbial phytase and feeding regimen in pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.72, p. 126-132, 1994.
- JONDREVILLE, C. et al. Dietary means to better control the environmental impact of copper and zinc by pigs from weaning to slaughter. **Livestock Production Science**, v. 84, p.147–156, 2003.
- KERR, B.J.; EASTER, R.A. Effect of feeding reduced protein, amino acidsupplemented diets on nitrogen and energy balance in grower pigs. **Journal of Animal Science**, v.73, p.3000-3008, 1995.
- KONZEN, E. A. Viabilidade Ambiental e Econômica de Dejetos de Suínos. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 25 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 59), 2006.
- KUNZ, A.; OLIVEIRA, P.A.; HIGARASHI, M. M.; SANGOI, V. Recomendações técnicas para uso de esterqueiras para a armazenagem de dejetos de suínos. **Comunicado Técnico, Concórdia: Embrapa Suínos e Aves**, n. 361, 1-4, 2004a.
- KUNZ, A.; PERDOMO, C.C; OLIVEIRA, P.A.V.O. Biodigestores: avanços e retrocessos. **Suínocultura Industrial**, Porto Feliz, n.178, p.14-16, jun.-jul. 2004b.
- KUNZ, A.; HIGARASHI, M.M.; DE OLIVEIRA, P.A. Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 651-665, set./dez. 2005.
- KUNZ, A. et al. Redução da carga poluente: a questão dos nutrientes. **Gestão Ambiental na Suínocultura**. Embrapa Suínos e Aves. p.105-118, 2007.
- LEESON, S. Trace minerals in poultry nutrition-2. Copper and zinc – the next pollution frontier. **World Poultry** (3): 14-16, 2008.
- LEHNINGER, A.L., NELSON, D.L., COX, M.M. **Principles of biochemistry**. 2. ed., New York: Worth, p.1013, 1993.
- Lei Federal 9.433 de 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm Acesso em: 20/03/2014.
- LIMA, G. J. M. M. Nutrição de suínos: ferramenta para reduzir a poluição causada pelos dejetos e aumentar a lucratividade do negócio. **Gestão Ambiental na Suínocultura**. Embrapa Suínos e Aves. p. 63-101, 2007.
- LÜDKE, M. C. M. M. et al. Influência da fitase na utilização de nutrientes em dietas compostas por milho e farelo de soja para suínos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.1402-1413, 2000.
- LÜDKE, M. do C. M. M.; LÓPEZ, J.; BRUM, P.A.R.de; LUDKE, J.V. Influência da fitase na utilização de nutrientes em dietas compostas por milho e farelo de soja para suínos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 1402-1413, 2000a.
- LÜDKE, M. C. M. M. et al. Fitase em dietas para suínos em crescimento: impacto ambiental. **Ciência Rural**, v. 32, 2002.
- LUDKE, J. V. & LUDKE, M. do C. M. M. Produção de suínos com ênfase na preservação do ambiente. Embrapa – CNPSA, [online], 2005. Disponível em: http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc_artigos/artigos_d0j94t4h.html Acesso em: 03/03/2014.

MACHINSKY, T. G. et al. Digestibilidade de nutrientes e balanço de Ca e P em suínos recebendo dietas com ácido butírico, fitase e diferentes níveis de cálcio. **Ciência Rural**, v.40, 2010.

MANUAL DE TREINAMENTO EM BIODIGESTÃO. Disponível em: <http://wp2.oktiva.com.br/ider/files/2010/01/16.Manual-de-Treinamento-em-Biodigestao.pdf>. Acessado em: 22/06/2013.

MIRANDA, C.R. Informe Embrapa - Suinocultura sustentável. Disponível em: http://suinoculturaindustrial.com.br/site/dinamica.asp?id=2350&tipo_ta. Acessado em: 17/07/2014.

MORRIS, E. R. Phytate and mineral bioavailability. In: GRAF, E. **Phytate Chemistry and Application**, Minneapolis: Pilatus, p. 57-76, 1986.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrients requirement of swine**. 10.ed. Washington, D.C., p. 189, 1998.

NOVAK, J. M. et al. Copper and zinc accumulation in sandy soils and constructed wetlands receiving pig manure effluent applications. Trace elements in animal production system. p.45-54, 2008.

OENEMA, O.; OUDENDAG, D.; VELTHOF, G.L. Nutrient losses from manure management in the European Union. *Livestock Science*, 112, p. 261–272, 2007.

OECD - ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Agriculture, trade and the environment: the pig sector**. Paris: OECD, p.186, 2003. 186p.

OECD - ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Agriculture and the environment: lessons learned from a decade of OECD work**. Paris: OECD, p.35, 2004.

OECD - ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Agricultural Outlook of OECD work**. Paris: OECD, p.16, 2007.

OLIVEIRA, R. A. et al. Influência da aplicação de águas residuárias de suinocultura na capacidade de infiltração de um solo podzólico vermelho-amarelo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 2, p. 263-267, 2006.

ORLANDO, U.A.D.; OLIVEIRA, R.F.O.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de proteína bruta e suplementação de aminoácidos em rações para leitões mantidas em ambiente de conforto térmico dos 30 aos 60kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.134-141, 2005.

PADRIDGE, G. Como trabaja la digestión. **Indústria Porcina**, v. 16, n. 3, p. 21-22, 1996.

PALHARES, J.C. P; MIELE, M.; LIMA, G.J.M.M. Impacto de Estratégias Nutricionais no Custo de Armazenagem, Transporte e Distribuição de Dejetos de Suínos. In: **I Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos de Animais**. Florianópolis, SC, 2009.

PALHARES, J.C.P.; GAVA, D.; MIELE, M.; LIMA, G.J.M.M. influência da estratégia nutricional sobre o consumo de água de suínos em crescimento e terminação e sobre o custo do uso dos dejetos como adubo, 2010. Disponível em: <http://pt.engormix.com/ma-suinocultura/nutricao/artigos/influencia-estrategia-nutricional-sobre-t239/141-p0.htm>. Acesso em 03/06/2013.

PARANÁ. PNMA II - Controle da contaminação ambiental decorrente da suinocultura no estado do Paraná. MMA/2001. Disponível em: <http://www.pr.gov.br/meioambiente/iap>. Acessado em: 30/07/2014.

PARANÁ. Licenciamento Ambiental. Disponível em: <http://www.pr.gov.br/meioambiente/legislacao.shtml>. Acesso em: 30/07/2014.

PARSONS, C.M.; BAKER, D.H. The concept and use of ideal protein in the feeding of non-ruminants. **In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE NÓRUMINANTES**, 1994, Maringá, Anais... Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1994. p.119-128.

PERDOMO, C.C. Controle do ambiente e produtividade de frangos de corte: a produção animal na visão dos brasileiros. **In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 28., 2001, Piracicaba. Anais... p.91-110.

PEREIRA, A. A. et al. Avicultura e meio ambiente, 2009. Disponível em: <http://aveworld.com.br/aveworld/noticias/post/avicultura-e-meioambiente7056>. Acesso em: 20/05/2013.

REVV, P. S. et al. Effect of zinc supplemented as either an organic or an inorganic source and of microbial phytase on zinc and other minerals utilization by weanling pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 116, p. 93–11, 2004.

RELANDEAU C.; VAN CAUWENBERGHE S.; LE TUTOUR L. Prevenção da poluição por nitrogênio na criação de suínos através de estratégias nutricionais. Informativo Técnico - 09. Ajinomoto Animal Nutrition. Junho 2000. Disponível em: www.lisina.com.br. Acesso em: 02/04/2014.

RIO GRANDE DO SUL. Licenciamento ambiental das atividades constantes de Sistemas de Integrados de Produção. Resolução CONSEMA n. 084, de 2004. Diário Oficial do Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://www.al.rs.gov.br> no link: legislação. Acessado em: 30/07/2013.

RIO GRANDE DO SUL. Associação Sul Brasileira das Indústrias de Produtos Suínos – ASBIPCS. Secretária Estadual do Meio Ambiente – SEMA. Fundação Estadual de Proteção Ambiental – FEPAM. Termo de Compromisso Ambiental. TCA/SEMA. 2005. Disponível em: <http://www.al.rs.gov.br> no link: legislação. Acessado em: 30/07/2013.

RIO GRANDE DO SUL. Decreto n. 23.430, 24 de outubro de 1974. Aprova Regulamento que dispõe sobre a promoção, proteção e recuperação da Saúde Pública. Diário Oficial do Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://www.al.rs.gov.br> no link: legislação. Acessado em: 30/07/2013.

RODRIGUES, P. B. et al. Manejo da dieta para reduzir o impacto ambiental da excreção de nutrientes na avicultura. **In: VII Seminário de Aves e Suínos – AveSui Regiões**. Belo Horizonte, MG, 2007.

RUTZ, F.; MURPHY, R. Minerais orgânicos para aves e suínos. In: congresso internacional sobre uso da levedura na alimentação animal, 1., 2009, Campinas, SP. Anais ... Campinas: CBNA, 2009. p.21-36. Disponível em: <www.avisite.com.br/cet/img/20091103_minerais.pdf>. Acesso em: 7 jun. 2014.

SANTA CATARINA. PNMA II – Projeto Suinocultura Santa Catarina. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/pnma/index2.html>. Acessado em: 30/07/2013.

SANTA CATARINA. FATMA. Disponível em: <http://www.fatma.sc.gov.br/pesquisa/PesquisaDocumentos.asp>. Acessado em: 30/07/2013.

SCHULTZ, G. **Boas Práticas Ambientais na Suinocultura**. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2007.

SEGANFREDO, M. A. Os dejetos suínos são um fertilizante ou um poluente do solo? **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, DF, v. 16, p. 129-141, 1999.

SEGANFREDO, M. A. Análise dos riscos de poluição do ambiente, quando se usa dejetos de suínos como adubo do solo. **Concórdia: Embrapa Suínos e Aves**. Comunicado Técnico - 343. (Série Comunicado Técnico –268. Embrapa Suínos e Aves), 2000.

SCHERER, E.E.; AITA, C.; BALDISSERA, I. T.. **Avaliação da qualidade do esterco líquido de suínos na região oeste catarinense para fins de utilização como fertilizante**. Florianópolis: EPAGRI, 46 p. (Boletim Técnico, 79),1996.

SILVA, H. O. et al. Efeito da fitase sobre a excreção e teor de minerais nos ossos de suínos na fase de crescimento. **Agropecuária Técnica**, v.26, p.54– 59, 2005.

USDA/USEPA. Unified National Strategy for Animal Feeding Operations, Washington, March 9, 1999. Disponível em: <http://www.epa.gov/npdes/pubs/finafost.pdf>. Acesso em: 20/05/2013.

VATS, P.; BANERJEE, U. C. Production studies and catalytic properties of phytase (myo-inositolhexakisphosphate phosphohydrolases): an overview. **Enzyme and Microbial Technology**. Nagar, v.35, n.1, p.3-14, 2004.

ZANGERONIMO, M.G.; FIALHO, E.T.; MURGAN, L.D.S. Desempenho e excreção de nitrogênio de leitões dos 9 aos 25 kg alimentados com dietas com diferentes níveis de lisina digestível e proteína bruta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1382-1387, 2007.