

COMPOSTAGEM DE DEJETOS DE SUÍNOS

Rogério Serpa Filho*

Simone Sehnem**

Alceu Cericato***

Silvio Santos Junior****

Augusto Fischer*****

RESUMO: O objetivo deste trabalho consiste em avaliar o sistema de compostagem como alternativa para o controle da poluição provocada por dejetos da suinocultura na propriedade denominada Granja Serpa II, localizada no município de Xanxerê - SC. Além disso, buscou-se verificar quais são os controles necessários ao processo de compostagem, acompanhar os projetos das edificações e manejo de composteiras mecanizadas instaladas nas propriedades rurais e conhecer e atender as exigências da Legislação Ambiental. O trabalho foi desenvolvido a partir de uma pesquisa cuja abordagem é descritiva, enfoque qualitativo e que realizou um diagnóstico em uma propriedade rural. Constatou-se que a compostagem atua diretamente no volume total dos dejetos produzidos, reduzindo-os consideravelmente e age também na maturação dos mesmos tornando-os menos agressivos em termos de contaminação microbiana. O sistema fechado de fluxo horizontal realizado em corredores de paredes estreitas e compridas, sobre os quais existe uma máquina de revolvimento que faz a distribuição do dejetos e revolvimento do composto, homogeniza o substrato e o dejetos, proporcionando aeração e precipitação do vapor. O produto final é um fertilizante orgânico inerte seco, com uma considerável qualidade para a utilização na agricultura. Conclui-se que a instalação de um sistema de compostagem para o tratamento de dejetos líquidos de suínos em uma granja de produção beneficia o

* Especialista em Gestão Ambiental, ênfase em Auditoria, Perícia e Licenciamento Ambiental. E-mail: agronomoserpa@gmail.com

** Doutora em Administração e Turismo pela Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI; Docente Permanente do Mestrado Profissional em Administração na Universidade do Oeste de Santa Catarina – UNOESC; Docente Colaboradora do Mestrado Acadêmico da Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL. E-mail: simonesehnem_adm@yahoo.com.br

*** Mestre em Administração Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC; Coordenador do Curso de Agronomia na Universidade do Oeste de Santa Catarina UNOESC Campus de São Miguel do Oeste. E-mail: acericato@gmail.com

**** Doutor em Agronegócios Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS; Docente do Mestrado Profissional em Administração (em implantação na Universidade do Oeste de Santa Catarina – UNOESC). E-mail: silviosantos.junior@unoesc.edu.br

***** Doutor em Administração Universidade de São Paulo – USPSP; Docente do Mestrado Profissional em Administração (em implantação na Universidade do Oeste de Santa Catarina – UNOESC). E-mail: augusto.fischer@unoesc.edu.br

produtor com redução no custo de implantação, melhor qualidade agrônômica do adubo orgânico e menor custo de transporte e distribuição. O tratamento dos dejetos via fermentação aeróbia em unidades de compostagem reduz significativamente o risco de impacto ambiental e os odores gerados quando comparado aos processos anaeróbios.

PALAVRAS-CHAVE: Meio Ambiente; Gestão Ambiental; Compostagem de Dejetos Suínos.

SWINE ORGANIC COMPOST

ABSTRACT: Current analysis evaluates the compost system as an alternative for control of pollution by swine culture wastes on Granja Serpa II in Xanxerê SC Brazil and verifies the required controls for compost processing, premises projects and management of mechanized compost fabrication according to the requirements of the Brazilian Environmental Law. Qualitative research was undertaken through the diagnosis of a farm. Compost affects directly the total volume of wastes produced, featuring considerable reduction and maturation, making them less aggressive in terms of microbial contamination. Close system of horizontal flow comprised narrow and long corridors on which a revolving machine distributes and revolves the wastes while homogenizing substrate and wastes with aeration and steam precipitation. The final product is a dry inert organic fertilizer with relevant qualities for agricultural use. The installation of a compost system for the treatment of swine liquid wastes in a production farm favors the farmer with a low cost system, better agronomic quality of organic manure and lower transport and distribution expenses. Waste treatment through aerobic fermentation in compost units significantly reduces the risk in environmental impact and in bad smells when compared to those in anaerobic processes.

KEY WORDS: Environment; Environmental Management; Composts of Swine Wastes.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o único país da América Latina na lista dos 10 maiores produtores mundiais de carne suína, sendo responsável por 7,5% das exportações mundiais. A

região sul concentra 45,4% deste percentual, totalizando 15.980.800 cabeças (IBGE, 2006). O Estado de Santa Catarina destaca-se com 20,4% da produção na região sul, o que equivale a 3,26 milhões de suínos. O crescimento do setor é promovido pela grande tecnologia aplicada na produção, pois a suinocultura é uma atividade importante do ponto de vista econômico e social, na fixação do homem no campo e mecanismo de geração de empregos diretos e indiretos em toda a cadeia produtiva (MIELE, 2006).

Os dejetos de suínos, até a década de 70, não constituíam fator preocupante, pois a concentração de animais era pequena e o solo das propriedades tinha capacidade para absorvê-los, como adubo orgânico. O desenvolvimento da suinocultura intensiva trouxe a produção de volumosas quantidades de dejetos que são lançadas ao solo, na maioria das vezes, sem critério e sem tratamento prévio, transformando-se em uma grande fonte poluidora dos mananciais de água (OLIVEIRA, 2004). Os altos índices de contaminação dos recursos naturais e a redução da qualidade de vida nos grandes centros produtores são indicativos de que boa parte dos efluentes gerados na produção suinícola estão sendo despejados direta ou indiretamente ao solo e nos cursos d'água, sem receber tratamento adequado (KONZEN, 2000).

O sistema tradicional de manejo de dejetos utilizados na região sul baseia-se em conduzir os dejetos da área de criação dos animais através de tubulações ou canaletas para depósitos, como esterqueiras, bioesterqueiras e decantadores. Após certo período de fermentação, os dejetos são transportados por bombas ou máquinas para serem espalhados em lavouras. Este sistema pode trazer bons resultados se forem manejados e na propriedade existir área agrícola suficiente para absorver a quantidade de efluentes gerada (VICTÓRIA, 1994).

A maior dificuldade é exatamente a existência destas áreas, pois a região oeste caracteriza-se por médias e pequenas propriedades. Este problema é maior porque ocorre a incorporação da água proveniente de bebedouros mal regulados, daquela utilizada na higienização das instalações e das chuvas que se infiltram no sistema de coleta ineficiente, aumentando o volume de resíduos poluentes (NUNES, 2003). O tratamento dos dejetos líquidos via processo de compostagem é uma alternativa promissora para assegurar a manutenção das áreas de produção intensiva de suínos, porque reduz os riscos de poluição das águas superficiais e subterrâneas por nitratos, fósforo e outros elementos minerais ou orgânicos; do ar pelas emissões

de NH_3 , CO_2 , N_2O e H_2S e, de outra parte, em função dos custos e dificuldades de tratamento, armazenamento, transporte, distribuição e utilização na agricultura dos resíduos (OLIVEIRA; KERMARREC; ROBIN, 2000).

Diante disso, o objetivo deste trabalho consiste em avaliar o sistema de compostagem como alternativa para o controle da poluição provocada por dejetos da suinocultura na propriedade denominada Granja Serpa II. Além disso, buscou-se verificar quais são os controles necessários ao processo de compostagem, acompanhar os projetos das edificações e manejo de composteiras mecanizadas instaladas nas propriedades rurais da Granja Serpa II e conhecer e atender as exigências da Legislação Ambiental.

Este trabalho foi organizado da seguinte forma, além desta introdução: (i) seção 2, que apresenta ideias e construtos teóricos relacionados à contaminação por dejetos suínos, ao tratamento dos resíduos por compostagem, às fases da compostagem, à qualidade agrônômica dos dejetos, ao processo químico na composteira, ao uso dos compostos, ao processo de compostagem, à maturação do composto e à compostagem mecanizada; (ii) seção 3, que apresenta a metodologia aplicada; (iii) seção 4, que apresenta e analisa os dados; e (iv) seção 5, que evidencia as considerações finais.

2 CONTAMINAÇÃO POR DEJETOS SUÍNOS

A poluição hídrica pode ser definida como a introdução de qualquer matéria ou energia num curso d'água que venha a alterar suas propriedades, afetando diretamente a população ou prejudicando a sua utilização. O lançamento de dejetos sem tratamento na água é fato gerador da morte de organismos aquáticos, devido à exaustão do oxigênio nela dissolvido. Há também possibilidade de organismos patogênicos encontrados nos efluentes transmitirem doenças e contaminarem lençóis subterrâneos (OLIVEIRA, 2004).

Os danos oriundos do processo de produção e ocupação exigem a fixação de normas cada vez mais severas por parte dos órgãos de fiscalização. A Europa e os Estados Unidos já se deparam com obstáculos para manter os seus atuais

rebanhos em razão do excesso de dejetos, da saturação das áreas para a disposição agrônômica, da contaminação dos recursos naturais e dos elevados investimentos para o tratamento dos efluentes. O Brasil tem um grande potencial para aumentar os seus rebanhos, uma vez que possui clima e disponibilidade de área para utilização agrônômica. O maior desafio para a sobrevivência das zonas de produção intensiva da atualidade é determinar o manejo adequado aos dejetos de suínos, em razão dos riscos de poluição das águas superficiais e subterrâneas por nitratos, fósforo e outros elementos minerais ou orgânicos e, do ar, pelas emissões de amônia (NH_4), metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), óxido de nitrogênio (N_2O) e sulfeto de hidrogênio (H_2S) (KONZEN, 2000).

O maior empecilho para o ajustamento das propriedades às exigências da legislação é que as ações para melhoria da qualidade do ar e a redução do poder poluente dos dejetos aos níveis legalmente permitidos demandam aplicação expressiva de capital, frequentemente acima da capacidade de pagamento do produtor. O uso de dejetos suínos como fertilizante exige conhecimentos específicos e razoáveis investimentos em armazenagem, transporte e distribuição, nem sempre disponíveis para os pequenos produtores (OLIVEIRA, 2002).

A recomendação técnica para o manejo desses resíduos líquidos é o depósito e tratamento em esterqueiras ou lagoas para posterior utilização em lavouras como fertilizante. As pesquisas desenvolvidas na área de manejo de efluentes na suinocultura indicam que nenhum tratamento de dejetos em uso no Brasil é capaz de tratar o resíduo final a ponto que este seja lançado diretamente nos cursos d'água. A expansão da criação de suínos em pequenas áreas aumenta conseqüentemente o volume de dejetos produzidos, a exigência de áreas de lavoura é aumentada proporcionalmente ao número de animais em produção (OLIVEIRA, 2004).

A quantidade de dejetos produzidos pelos suínos varia conforme o peso dos animais. Já a ingesta hídrica influencia na produção de urina, elevando o volume de resíduos líquidos. O suíno produz uma média de 2,3 kg a 2,5 kg de dejetos sólidos por dia. (SEGANFREDO, 2000a). A destinação inadequada dos detritos da suinocultura acarreta vários problemas para o produtor, para a comunidade e também ao meio ambiente. Dejetos suínos são 200 vezes mais poluentes que o esgoto doméstico (NUNES, 2003). Isso pode ser avaliado pelo DBO_5 (Demanda

Bioquímica de Oxigênio) – referencial que traduz, de maneira indireta, o conteúdo de matéria orgânica de um resíduo através da medida da quantidade de oxigênio necessária para oxidar biologicamente a matéria orgânica por um período de 5 dias. A DBO₅ para o esgoto doméstico é de 200 mg/l enquanto que para os dejetos suínos pode chegar até 40.000 mg/l (DAI PRÁ et al., 2005).

O lançamento direto do esterco de suínos sem o devido tratamento nos cursos de água acarreta desequilíbrios ecológicos e poluição em função da redução do teor de oxigênio dissolvido na água, disseminação de patógenos e contaminação das águas potáveis com amônia, nitratos e outros elementos tóxicos. Os principais constituintes dos dejetos suínos que afetam as águas superficiais são a matéria orgânica, nutrientes, bactérias fecais e sedimentos. Nitratos e bactérias são os componentes que afetam a qualidade da água subterrânea (KONZEN, 2000). A figura 1 ilustra os principais problemas decorrentes do manejo incorreto de dejetos suínos.

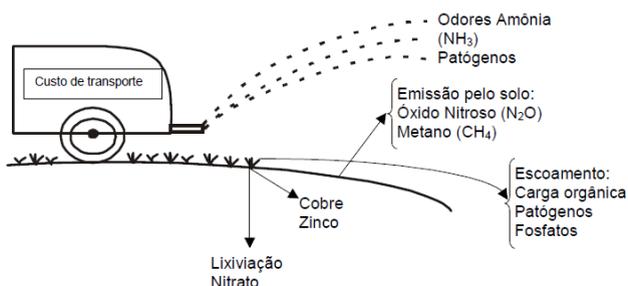


Figura 1. Principais problemas a serem resolvidos no manejo dos dejetos de suínos.

Fonte: Perdomo (2001, p. 43).

O odor desagradável dos dejetos, resultante da evaporação dos compostos voláteis, traz efeitos prejudiciais ao bem-estar humano e animal. Os contaminantes do ar mais comuns nos dejetos são: amônia, metano, ácidos graxos voláteis, H₂S, N₂O, etanol, propanol, dimetil sulfidro e carbono sulfidro. Esses gases podem causar graves prejuízos às vias respiratórias do homem e animais, bem como a formação de chuva ácida através de descargas de amônia na atmosfera, além de contribuírem para o aquecimento global da Terra (DARTORA; PERDOMO; TUMELERO, 1998).

Conforme a Constituição Federal (BRASIL, 1988a), atualizada em 2004, a conservação e preservação da natureza é obrigação conjunta do Poder Público e

dos cidadãos. Segundo seu capítulo VI, art. 225, regulamentada pela Lei nº 9985, de 18 de julho de 2000, “todos têm direito ao ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

2.1 TRATAMENTO DOS RESÍDUOS POR COMPOSTAGEM

A compostagem é definida como a decomposição biológica e a estabilização das substâncias orgânicas sob condições que permitam o aumento de temperatura como resultado da produção biológica de calor pelas bactérias termofílicas, resultando em um produto final suficientemente estável para a estocagem e aplicação agrícola, sem com isso gerar efeitos adversos ao meio ambiente (OLIVEIRA, 2004). A compostagem é considerada um processo controlado de decomposição microbiana de oxidação e oxigenação de uma massa heterogênea de matéria orgânica no estado sólido e úmido. Envolve uma etapa inicial do composto cru ou imaturo, seguida de uma fase de semicura ou bioestabilização, para atingir finalmente a cura, maturação ou mais tecnicamente, a humificação, acompanhada da mineralização de determinados componentes da matéria orgânica, quando se pode considerar completa a compostagem. Durante o processo ocorre a produção de calor e o desprendimento, principalmente de gás carbônico e vapor d'água (KIEHL, 1998).

A compostagem de resíduos orgânicos é, provavelmente, o mais remoto sistema de tratamento biológico de que se serviu a humanidade, tendo sido utilizado pelas antigas civilizações como um método natural de reciclagem dos nutrientes, comumente presentes nos detritos resultantes de suas atividades diárias (DAI PRÁ et al., 2005).

2.2 FASES DA COMPOSTAGEM

Segundo Seganfredo (2000b) a compostagem pode ser dividida em:

- **Fase de Absorção:** fase na qual os dejetos líquidos são misturados a

um substrato que pode ser serragem, maravalha ou palha. Dá-se, basicamente, a absorção da água pelo leito formado até a obtenção de uma biomassa com umidade e relação C/N adequadas. Começa o desenvolvimento do processo de compostagem, a temperatura sofre elevação e a água contida nos dejetos evapora. A incorporação de dejetos à biomassa se processa de maneira fracionada, até o limite máximo de absorção pelo substrato utilizado.

- **Fase de Maturação:** a segunda fase caracteriza-se por uma aceleração do processo de compostagem em decorrência da adequação das características favoráveis à degradação microbiológica da matéria orgânica. Nesta etapa os nutrientes presentes nos dejetos são concentrados, sendo promovida a degradação da matéria orgânica, estabilização do composto e evaporação da água contida nos dejetos por meio da geração de calor desenvolvida na compostagem. Nesta fase final, a temperatura permanece elevada se for adicionado oxigênio pelo revolvimento da biomassa, ocorre eliminação dos micro-organismos patogênicos e a concentração de nutrientes no composto orgânico obtido.

2.3 QUALIDADE AGRONÔMICA DOS DEJETOS

O nitrogênio presente nos dejetos líquidos de suínos está na forma mineralizada, isto é, prontamente disponível para ser utilizado pelas plantas (KIEHL, 1998). Quando o dejetos líquido é despejado na terra, a tendência é que ocorra a lixiviação desse nutriente para as camadas mais profundas do solo, podendo eventualmente atingir o lençol freático, fato que provoca sérios problemas de contaminação. No sistema de compostagem de dejetos, o nitrogênio está, em sua maior parte, na forma orgânica, ou seja, precisa passar pelo processo de mineralização para ser utilizado pelas plantas (DARTORA; PERDOMO; TUMELERO, 1998).

A transformação do nitrogênio da forma orgânica para a forma mineral é lenta, sendo isso benéfico para as plantas, pois receberão o nitrogênio gradativamente, conforme suas necessidades. A oportunidade de extração desse nitrogênio na forma orgânica é bem maior do que quando na forma mineral, minimizando, dessa forma, a possibilidade de lixiviação para as águas subterrâneas (OLIVEIRA et. al., 2003). A quantidade dos três elementos principais: nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), presentes nos dejetos, é fator fundamental para uma boa adubação (Quadro 1).

Quadro 1. Composição, em kg/m³, de nitrogênio, fósforo e potássio dos dejetos líquidos e do composto de dejetos de suínos.

| Componentes | Dejetos líquidos ¹ | Composto de dejetos ² |
|-------------|-------------------------------|----------------------------------|
| Nitrogênio | 3,18 | 11,60 |
| Fósforo | 5,40 | 9,30 |
| Potássio | 1,38 | 7,80 |

¹ Análises realizadas no laboratório de Fertilidade do Solo da Embrapa Milho e Sorgo, (1984/90).

² Análises realizadas no Laboratório de Solos da Faculdade de Agronomia e Veterinária da UPF, RS.

2.4 PROCESSO QUÍMICO NA COMPOSTEIRA

O processo de compostagem, segundo Kiehl (1998), pode ser dividido em duas fases denominadas degradação ativa e maturação ou cura. Alguns autores dividem esse mesmo processo em três fases distintas conhecidas como decomposição, semimaturação e maturação ou humificação, onde a fase de semimaturação estaria envolvendo o final da fase de degradação ativa e grande parte da fase de maturação, quando comparada às divisões em apenas duas fases. A compostagem envolve micro-organismos bastante heterogêneos como fungos, bactérias e actinomicetos, além de anelídeos quais as minhocas. Cada fase é assinalada pela ação principal destes numa certa temperatura. A fase de degradação ativa é necessariamente termofílica, engloba a ação de micro-organismos termófilos¹, aqueles ativos a temperaturas de 45°C a 65°C, calor a ser sustentado, visando à eficiência do processo e eliminação de micro-organismos patogênicos. Nesse primeiro momento ocorre a decomposição da matéria orgânica facilmente degradável, como os carboidratos e uma maior estabilização da biomassa (OLIVEIRA, 2004). A fase de maturação ou cura é caracterizada por temperaturas mesofílicas, compreende a ação de micro-organismos mesófilos, aqueles ativos a temperaturas de 20°C a 45°C, e a temperatura deve ser mantida na faixa de 30°C a 45°C durante grande parte da fase, caindo para 25°C–30°C no final do processo. Nessa etapa formam-se substâncias húmicas e vale lembrar que somente após a maturação do composto é que ele está humificado e viável para uso (NUNES, 2003).

O composto orgânico maturado ou curado apresenta cheiro de terra e coloração marrom; é necessário que esteja livre de organismos patogênicos e sementes de ervas daninhas e que apresente quantidade adequada de macronutrientes e certa variedade de micronutrientes (KIEHL, 1998). Segundo Nunes (2003), entre os fatores que afetam a atividade microbiológica e, conseqüentemente, o processo de compostagem, estão:

- **Umidade:** precisa ser controlada, porque preenchimento dos espaços vazios pela água gera o excesso de umidade, responsável pela falta de oxigenação (anaerobiose). A umidade inadequada, o ressecamento entre outros fatores interferem diretamente na ação dos micro-organismos e na manutenção da temperatura.

- **Oxigenação:** trata-se de um processo aeróbico, portanto a presença de oxigênio é indispensável para a ação dos micro-organismos e ao mesmo tempo funciona como auxiliar na estabilidade da temperatura. A oxigenação pode ser feita por reviramento mecânico ou manual.

- **Temperatura:** esse fator é de grande importância para a atividade dos micro-organismos e indica a eficiência do processo.

- **Concentração de nutrientes:** é um fator crítico para o processo, pois o crescimento e diversificação dos micro-organismos possuem relação direta com a disponibilidade de nutrientes. A relação carbono/nitrogênio adequada deve ser respeitada (aproximadamente 30:1), já que o carbono e o nitrogênio são respectivamente fonte de energia e fonte reprodutiva dos micro-organismos. Resíduos orgânicos palhosos (vegetais secos) são ricos em carbono, enquanto legumes, resíduos fecais e penas são ricos em nitrogênio.

- **Tamanho das partículas:** quanto menor for o tamanho das partículas, maior será a rapidez do processo, por aumentar a superfície de contato, além possibilitar uma maior capacidade de aeração e menor compactação.

2.5 USO DOS COMPOSTOS

O composto age no solo de três maneiras: como condicionador das propriedades físicas do solo, como fertilizante de liberação gradual dos nutrientes, como ativador da ação biológica do solo, isto em função do estímulo à atividade

dos micro-organismos naturais (KIEHL, 1998). Em maior ou menor grau, qualquer composto promove as três funções. No entanto, dependendo dos ingredientes utilizados podem-se obter compostos mais direcionados para cada uma das três funções citadas. Para obter um composto direcionado a atuar como condicionador das propriedades físicas do solo utilizam-se preferencialmente elementos ricos em carbono, tais como serragem, palha, bagaço de cana e um baixo volume de substâncias ricas em nitrogênio, apenas o suficiente para que ocorra o processo de fermentação. Em consequência, o processo de compostagem será mais lento e o teor final de nutrientes será baixo. Há autores que sugerem que o composto não esteja completamente maduro para alcançar esta finalidade. Esta combinação pode ser usada para melhorar a agregação de solos arenosos ou tornar mais leves os solos argilosos pesados (PERDOMO, 2001).

Quando o objetivo do composto é fornecer nutrientes, utiliza-se maior quantidade de ingredientes ricos nos diversos nutrientes, tais como esterco e tortas vegetais. Além disso, substâncias, tais como calcário, farinha de ossos, fosfatos naturais, cinzas, entre outros, podem enriquecer a mistura (KONZEN, 2000). Os compostos destinados a ativar a microvida do solo são feitos com ingredientes que concentrem energia, como esterco diversos, tortas e restos vegetais ricos em carboidratos. Além disso, devem ter boa disponibilidade e nutrientes balanceados.

2.6 PROCESSO DE COMPOSTAGEM

A compostagem é um processo que pode ser usado tratando da fração sólida do dejetos, reduzindo o seu volume e aumentando sua eficiência como fertilizante, eliminando odores e gerando um produto final de fácil manipulação e uso. Esses elementos são conduzidos por processo de decomposição microbiológica ao estado de parcial ou total humificação. O composto é resultado de um processo controlado de decomposição bioquímica de matérias orgânicas, transformadas em um produto final mais estável e aproveitável como fertilizante (KIEHL, 1998). No processo de compostagem, a atividade microbiológica atinge alta intensidade, provocando a elevação da temperatura no interior das leiras, chegando a valores de até 65°C, ou mesmo superiores, em decorrência da geração de calor pelo metabolismo

microbiológico de oxidação da matéria orgânica que é exotérmico. O consumo de oxigênio por grama de matéria orgânica volátil reflete o grau de atividade de um composto, sendo acompanhado pela produção de gás carbônico (KIEHL, 1998).

A decomposição da matéria orgânica pode ocorrer por dois processos: na presença de oxigênio (aeróbio) e na sua ausência (anaeróbio). Quando há disponibilidade de oxigênio livre, predominam micro-organismos aeróbios, sendo os agentes mais destacados os fungos, bactérias e actinomicetos (DARTORA; PERDOMO; TUMELERO, 1998). Na prática da compostagem, a aeração é o fator mais importante a ser considerado, pois, quanto mais úmidas estiverem às matérias-primas, mais deficiente será sua oxigenação. O estudo das práticas de aeração é baseado na concentração de oxigênio, na temperatura e na umidade da leira (KONZEN, 2000).

Os fatores umidade e temperatura são importantes na compostagem e determinam a eficiência do processo de aeração. Revolvimentos mais frequentes, com a finalidade de reduzir a umidade, podem levar a uma queda de temperatura da leira a valores indesejáveis, sugerindo que leiras com baixas temperaturas não devem ser revolvidas até que recuperem o calor perdido (KIEHL, 1998). A faixa de umidade ótima para se obter um máximo de decomposição está entre 40 a 60%, especialmente durante a fase inicial, pois é necessário que exista um adequado suprimento de água para promover o crescimento dos organismos biológicos envolvidos no processo e para que as reações bioquímicas ocorram adequadamente durante a compostagem (OLIVEIRA et al., 2003).

A anaerobiose acontece quando a umidade é excessiva e a água ocupa os espaços vazios da massa de compostagem impedindo a passagem do oxigênio. Entretanto, teores de umidade baixos, menores do que 40%, inibem a atividade microbiológica, diminuindo a taxa de estabilização (PEREIRA NETO, 1989). No início da compostagem atuam micro-organismos que metabolizam o nitrogênio orgânico transformando-o em nitrogênio amoniacal, e com o transcorrer da decomposição, a amônia pode ser perdida por volatilização ou convertida à forma de nitratos, pela nitrificação, evento que é acidificante e contribui para que o composto maturado seja mais ácido do que o material original. Porém, se houver condições de anaerobiose, o nitrato será perdido por desnitrificação e este fenômeno tem efeito alcalinizante (OLIVEIRA et al., 2003).

2.7 MATURAÇÃO DO COMPOSTO

O composto estará apropriado para utilização quando não apresentar aquecimento após a ação de revolvimento e irrigação e quando apresentar aspecto homogêneo, coloração escura, onde não se possa mais distinguir os componentes originais (KIEHL, 1998). Comumente o processo se alonga por 75 a 90 dias, podendo ser acelerado, caso haja disponibilidade de mão de obra ou equipamentos para revolver a misturada assim que esta passar pela fase de maior aquecimento. Em geral isto ocorre de 25 a 30 dias após a montagem do composto e período semelhante após cada revolvimento. Na maioria das vezes, quando não foi usado material muito grosseiro, com três revolvimentos o composto estará concluído, ou com quatro ou cinco em caso de material mais resistente. Pode-se sincronizar a maturação com a época de utilização do composto, espaçando ou encurtando o tempo entre os revolvimentos (OLIVEIRA, 2004).

Durante o processo de maturação ocorre uma redução variável de volume de 30 a 70% (em média 50%), dependendo do tipo de material utilizado. Para determinar se o composto já está humificado e pronto para o uso, toma-se uma pequena amostra umedecida, molda-se entre os dedos, esfrega-se na palma da mão. O material está pronto para ser usado quando apresenta aspecto gorduroso de graxa preta ou “manteiga preta” (SEGANFREDO, 2000b). A compostagem atua diretamente no volume integral dos dejetos produzidos, reduzindo-os consideravelmente e age igualmente na maturação dos mesmos, tornando-os menos agressivos em termos de contaminação microbiana (OLIVEIRA et al., 2003). Na fase de impregnação ocorre a absorção dos dejetos líquidos pelo substrato e a posterior evaporação da água contida nos mesmos, em função do calor gerado pelo processo de compostagem, diminuindo o volume de dejetos na ordem de 50 a 70% (PERDOMO, 2001). Na etapa de maturação o potencial de risco de poluição é reduzido pela compostagem aeróbia da biomassa, eliminando grande parte dos micro-organismos e estabilizando a matéria orgânica (VICTÓRIA, 1994).

O nitrogênio é fixado no composto não sofrendo os efeitos da lixiviação, quando utilizado como adubo orgânico em lavouras. O nitrogênio presente nos dejetos líquidos de suínos está na forma mineralizada. Isto é prontamente disponível para ser utilizado pelas plantas. Quando a lavoura não estiver constituída

no local, a tendência é que ocorra a lixiviação deste nutriente para as camadas mais profundas do solo podendo atingir eventualmente o lençol freático, provocando sérios problemas de contaminação (OLIVEIRA, 2004). No sistema de compostagem de dejetos, o nitrogênio está em boa parte na forma orgânica, ou seja, precisa passar pelo processo de mineralização para ser aproveitado pelas plantas. A transformação do nitrogênio da forma orgânica para a forma mineral é lenta, ocorrência favorável para as plantas, pois o nitrogênio é absorvido gradativamente conforme as necessidades. A assimilação do nitrogênio na forma orgânica é maior do que na forma mineral, minimizando assim a probabilidade de lixiviação para as águas subterrâneas (SCHERER; BALDISSERA, 1994).

Nas lagoas ou estações de tratamento de dejetos líquidos a fermentação é anaeróbia, exalando cheiro bastante desagradável. Na compostagem sólida a fermentação é aeróbia, restringindo consideravelmente a emissão desses odores (KIEHL, 1998). A compostagem permite ao produtor estocar o composto e definir o momento oportuno para empregá-lo. Já no sistema de tratamento na forma líquida normal, o produtor obrigatoriamente tem que distribuir os dejetos na lavoura, mesmo que o período seja inconveniente, do contrário precisará dispor de um número considerável de lagoas para armazenar os dejetos (OLIVEIRA, 2002).

No sistema convencional de criação de suínos os dejetos são aproveitados como fertilizante na forma líquida, sendo financeiramente inviável o transporte das regiões com excesso de nutrientes, para regiões com carência de fertilizante orgânico. Todavia, a transformação dos dejetos em composto sólido viabiliza esta transferência. Além disso, permite ao produtor aumentar o número de animais em sua granja pela redução no volume de dejetos, melhor maturação do mesmo e possibilidade de exportar nutrientes na forma de composto orgânico (DAI PRÁ et al., 2005).

2.8 COMPOSTAGEM MECANIZADA

O sistema fechado de fluxo horizontal é a compostagem que se realiza em corredores de paredes estreitas e compridas, como apresenta a figura abaixo.

Por sobre os corredores existe uma máquina de revolvimento que periodicamente mistura e avança o material no corredor, iniciando o processo num dos extremos. O arejamento do material é realizado durante o revolvimento e através de tubos situados na base da estrutura. O comprimento do corredor e a frequência do revolvimento condiciona a duração do processo de compostagem, que pode prolongar-se por 2 a 8 semanas (KONZEN, 2000).

A adição diária e controlada de dejetos incorporada ao substrato com auxílio de uma máquina que homogeniza a mistura e revolve o composto gera um processo de fermentação, que, por sua vez, aquece o composto e promove a evaporação da água existente no mesmo, transformando o chorume em adubo orgânico inerte seco, com uma considerável qualidade para a utilização na agricultura (PERDOMO, 2001).

2.8.1 Função da Compostagem Mecanizada

A função da compostagem mecanizada é fazer a distribuição do dejetos e revolvimento do composto, para que possa haver a homogeneização do substrato e do dejetos, proporcionando aeração e precipitação do vapor. Outro ponto positivo é que os dejetos podem ser aplicados diariamente na leira de compostagem, admitindo a eliminação das lagoas anaeróbicas existentes ou a serem construídas (OLIVEIRA, 2002). Outra importante contribuição do sistema proposto é o fato de obtermos um maior controle da proliferação de moscas. Com a compostagem os insetos serão atraídos para a leira, onde depositarão seus ovos sobre a massa em compostagem, que, em virtude do processo de revolvimento, serão enterrados no interior desta massa, sendo submetidos a uma alta temperatura e conseqüentemente esterilizados, impedindo sua eclosão e nascimento. Como mostra a figura 4, com a adoção do tratamento dos dejetos líquidos produzidos na granja por meio da unidade mecanizada e automática de compostagem, o suinocultor terá um menor risco ambiental quando comparado com o sistema convencional de armazenagem ou tratamento (KIEHL, 1998).

3 METODOLOGIA

Foram coletados dados relacionados à compostagem adotada na produção de suínos e geração dos efluentes na Granja Serpa II no município de Xanxerê - SC. A escolha da propriedade foi efetuada por meio do critério aleatório, restringindo-se à microrregião da Associação dos Municípios do Alto Irani (AMAI) por apresentar várias granjas com idêntico sistema de produção. Buscou-se estabelecer os controles necessários ao processo de compostagem, tomar parte tanto nas projeções quanto no acompanhamento da edificação dos barracões e manejo de composteiras mecanizadas instaladas nas propriedades rurais e identificar e atender às exigências da Legislação Ambiental. O trabalho desenvolveu-se a partir de pesquisa baseada em abordagem descritiva, enfoque qualitativo e que realizou um diagnóstico do potencial poluidor em determinada propriedade rural.

A quantidade de animais e os efluentes por eles gerados delimitaram os dados essenciais a integrar as tabelas de cálculo. Os resultados dessa análise indicarão o melhor dimensionamento das instalações destinadas para a compostagem. O sistema foi dimensionado para destinar adequadamente a produção diária de dejetos de até 4.000 (quatro mil) animais em regime de creche e terminação, ou seja, engorda de leitões de aproximadamente 6 kg até cerca de 125 kg, também conhecido como método *Wean to Finish* - WTF. Baseando-se em informações técnicas do sistema de produção de suínos, considerando a média percentual de animais por fase, a totalidade dos efluentes gerados integrará o cálculo para determinar o procedimento eficaz para suprir o ciclo produtivo dos animais.

4 COMPOSTAGEM DOS DEJETOS

Esta seção aborda as temáticas: projetos das edificações e manejo de composteiras mecanizadas instaladas na propriedade rural e sistema de compostagem como alternativa para o controle da poluição provocada por dejetos da suinocultura, controles necessários ao processo de compostagem, exigências da legislação ambiental para o setor da suinocultura e sistema de compostagem como alternativa para o controle da poluição provocada por dejetos da suinocultura.

4.1 PROJETOS DAS EDIFICAÇÕES E MANEJO DE COMPOSTEIRAS MECANIZADAS INSTALADAS NA PROPRIEDADE RURAL E COMPOSTAGEM COMO ALTERNATIVA PARA O CONTROLE DA POLUIÇÃO PROVOCADA POR DEJETOS DA SUINOCULTURA

Para implantação dos projetos são observadas as peculiaridades de cada propriedade, suas características, número e animais alojados, capacidade de suporte da área que receberá o adubo ou composto, conforme tabela 1.

Tabela 1. Produção média diária de esterco (kg), esterco + urina (kg) e dejetos líquidos (L) por animal por fase

| Categoria Suínos | Esterco (Kg) | Esterco + Urina (Kg) | Dejetos Líquidos (L) |
|-------------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 25 – 100 kg | 2,30 | 4,90 | 7,00 |
| Porcas em Gestação | 3,60 | 11,00 | 16,00 |
| Porcas em Lactação | 6,40 | 18,00 | 27,00 |
| Machos | 3,00 | 6,00 | 9,00 |
| Leitão Desmamado | 0,35 | 0,95 | 1,40 |
| Média | 2,35 | 5,80 | 8,60 |

Fonte: Oliveira (1993, p. 73).

O dimensionamento do sistema de tratamento mecanizado pode ser alcançado a partir dos dados de produção de dejetos suínos da granja. É sempre necessário que a construção do barracão conte com uma reserva técnica, a qual deve ter 30% da área total utilizada para compostagem, possibilitando a execução do trabalho com uma margem de segurança. Foi acompanhada a construção de composteira mecanizada no município de Xanxerê. O revestimento da cobertura com filme plástico ou telha transparente é padrão em todas as obras para que haja incidência de radiação solar sobre a composteira. Os demais quesitos atendem a disponibilidade financeira e particularidades de cada propriedade.

A estrutura do galpão em Xanxerê - SC apresenta 58,00m de comprimento, 12,50m de largura e mureta de 1,30 m, totalizando 858,00m³. Foi projetado com pórticos de concreto e madeira de reflorestamento, está dividido em quatro leiras de três metros cada, com capacidade para tratar dejetos na proporção de 15m³/dia –

5.475 m³/ano. Gerará em média 264,06 toneladas de adubo por ano. Para instalar o sistema, é necessário conhecer o volume total de dejetos que serão acomodados para então calcular o dimensionamento da composteira, qual a área total para construção, área de circulação para movimentar a máquina lateralmente durante a troca de leira e o espaço destinado à reserva técnica. Também são consideradas informações sobre o sistema de criação existente na granja. Deve-se calcular a quantidade de matéria seca (sólidos totais), período de tratamento e o total de litros a serem tratados. O montante dos dejetos sólidos alcança em média 3% do total de dejetos líquidos (DAI PRÁ, 2006).

O substrato permanece no sistema de compostagem por um período médio de 12 meses. Os líquidos perdidos durante o processo precisam ser repostos, pois o percentual diário de evaporação da água por m²/m³ de leira de compostagem com o revolvimento mecânico sistemático é de 21 litros/dia (OLIVEIRA, 2004). No processo são utilizadas substâncias, como a maravalha e a serragem, materiais com alta relação carbono/nitrogênio, que oferecem resultados satisfatórios e grande disponibilidade para aquisição. Durante a compostagem há uma queda na relação C/N, uma vez que durante as reações oxidativas há liberação de água e gás carbônico, portanto com perda de carbono e um enriquecimento relativo em nitrogênio. Devido à perda de carbono durante a compostagem há um enriquecimento da mistura inicial na concentração dos nutrientes das plantas ao se produzir o composto.

Na primeira intervenção de tratamento, utiliza-se como substrato a maravalha e serragem adquirida em indústrias madeireiras da região. É possível empregar outros elementos, tais como palha de arroz e cama de aviário, abundantes nas propriedades rurais. Conforme Oliveira (2004), não se deve empregar os substratos de plantas leguminosas, pois tem baixa relação carbono/nitrogênio. Na maravalha em média 200/1 a relação C/N para serragem e 210/1 C/N (KIEHL, 1998). Esta etapa terá uma duração mínima prevista de 12 meses.

A distribuição dos dejetos sobre a leira de compostagem, segundo Nunes (2003), deve ser feita diariamente em vãos de compostagem diferentes, tendo como objetivo:

- Possibilitar a distribuição dos dejetos em pontos específicos, ofertando condições para corrigir excessos de umidade e redução da temperatura.

- Otimizar a utilização do revolvedor, somente revolvendo diariamente a parte onde foi depositado o dejetos naquele dia.
- Oferecer aos micro-organismos as condições ideais de fermentação.
- Manter estável a temperatura interna da massa em compostagem, garantindo inclusive a máxima evaporação independente do revolvimento.
- Intercalar a retirada do substrato compostado/saturado.
- Permitir a descompactação, homogeneização e aeração de toda a leira de compostagem, além de auxiliar a evaporação através do movimento de rotação realizado pelos helicoides, que mobilizam o substrato do fundo para a superfície.
- Movimentação de avanço e retorno do revolvedor, que permite abranger toda a extensão longitudinal da leira de compostagem.

O processo de revolvimento periódico da massa em compostagem produz um ambiente ideal para a proliferação dos micro-organismos aeróbios que irão degradar a matéria orgânica e gerar o calor necessário para auxiliar no processo de evaporação da água presente nos dejetos de suínos. O revolvimento resultará na produção de adubo orgânico.

4.2 CONTROLES NECESSÁRIOS AO PROCESSO DE COMPOSTAGEM

É necessário controle do volume de percolação com a finalidade de examinar a ocorrência de produção exagerada de chorume e monitorar os níveis diários de acúmulo deste na caixa de captação. Na hipótese do chorume aumentar, deve-se verificar se houve a redução da capacidade de absorção do substrato, excesso de umidade na leira de compostagem ou período de chuva abundante. A retirada da massa de substrato pronto da leira deve ser feita por camadas superficiais, objetivando a redução da umidade do composto. É extraído um vão de composto pronto por vez, seguida da reposição com material novo. Após o primeiro lote de composto estar pronto, será retirado um vão a cada três meses com o uso de lâmina instalada no equipamento revolvedor, de carrinhos sobre trilhos ou ensacado manualmente. O processo completo de transformação de dejetos em adubo dura em média doze meses (SEGANFREDO, 2000b).

O processo de tratamento dos dejetos suínos através da unidade mecanizada e automática de compostagem permite a integração e o equilíbrio dos seguintes fatores: umidade, percolação e temperatura.

Umidade: A umidade ideal para o processo de compostagem deve variar entre 60 e 70 %. A umidade da massa em compostagem é avaliada diariamente utilizando o método Umidade a 65°C, descrito por Lanarv (BRASIL, 1988b). Este método consiste em pesar uma amostra do composto (p), colocá-la em estufa a 65°C até a estabilização de peso (p_1) e calcular o teor de umidade através da fórmula:

$$U_{65^\circ} = \frac{U \ 100 \ (p - p_1)}{p} \quad (1)$$

Constatado excesso de umidade nos pontos aferidos, deverão ser realizadas ações de reajustamento imediatas. Uma das alternativas é a adição de restos de vegetais secos, que contribui para o equilíbrio da umidade e ainda auxilia na regulação da relação C/N. Nas cidades de médio e grande porte, um material abundante utilizado para tal finalidade é a serragem e a maravalha. Em decorrência do calor interno, a massa em compostagem liberará grandes quantidades de vapor ao ser revolvido mecanicamente pelos helicoides do revolvedor, contribuindo sensivelmente para a redução da umidade e eliminação de água na leira de compostagem.

Percolação: a percolação ocorre pela saturação da massa ou excesso de umidade nas leiras de compostagem. A aplicação de dejetos sobre a maravalha em quantidade superior ao indicado ocasiona alguns inconvenientes provenientes de sua alta permeabilidade, como, por exemplo, um maior escoamento de chorume. Isto deve ser objeto de preocupação e monitoramento constante durante a compostagem, pois o seu escoamento é um indicativo de que o processo está apresentando alguma falha no que diz respeito a seu manejo e capacidade de incorporação (NUNES, 2003). O controle é realizado por inspeção visual da fração de chorume retido na caixa de captação primária. Essa fração sobressalente é drenada para um reservatório maior, sendo posteriormente reintegrada ao composto por bombeamento.

Temperatura: para que o processo de compostagem e evaporação da água ocorram satisfatoriamente, a manutenção da temperatura adequada na leira de compostagem é essencial. A medição da temperatura na composteira é realizada

através de termômetro de mercúrio, com graduação de 1 a 100°C e 1,5m de comprimento. A haste do termômetro é inserida em pontos distintos do composto para determinar a temperatura mais alta. A função principal dos micro-organismos aeróbios na degradação natural da matéria orgânica submetida ao sistema de compostagem consiste na liberação de calor, que provoca a elevação da temperatura, proporcionando a evaporação da água presente no composto (KIEHL, 1998). Quando a temperatura interna das leiras for equiparada à temperatura ambiente, considera-se iniciada a fase de maturação do composto.

4.3 EXIGÊNCIAS DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL PARA O SETOR DA SUINOCULTURA

A legislação ambiental requer que os suinocultores tenha a licença prévia, licença de implantação e licença de operação do seu estabelecimento produtivo. Visando à sustentabilidade dos sistemas de produção animal, as prerrogativas do licenciamento ambiental para a suinocultura têm exigências prévias para a operação da atividade, as quais, no Paraná, são determinadas pela Resolução IAP/SEMA n.º. 031/1998 (PARANÁ, 1998). De acordo com a Resolução citada, a complexidade das exigências aumenta com o porte da criação. Isso envolve desde o volume de dejetos produzidos pela atividade, tamanho e adequação das instalações, a distância das instalações e do sistema de armazenamento e/ou tratamento de dejetos em relação às nascentes de água, divisas da propriedade, estradas externas à propriedade, localização de rios ou drenagem natural mais próxima, número de instalações e características das instalações.

A legislação do Paraná prevê, desde 1982, que toda atividade suinícola esteja apta a realizar o correto manejo de seus dejetos e, em 1996, foi determinado o prazo limite até o ano de 2015 para regularização das granjas junto ao COPAM (Conselho de Política Ambiental), tornando obrigatório o registro junto a esse órgão, para que possa exercer livremente a atividade (OLIVEIRA, 2005). No caso de Santa Catarina, o sistema é similar, sendo que segundo o sistema e o porte da atividade suinícola podem ser exigidas licenças prévias, de instalação e de operação.

O produtor é responsável por dar destino aos dejetos produzidos. Na impossibilidade de dar destino adequado aos mesmos em sua propriedade, o mesmo pode fazer contratos de parceria com terceiros, que disponibilizam as suas terras para viabilizar a distribuição dos dejetos suínos.

4.4 DADOS DA PRODUÇÃO DE DEJETOS REFERENTE AO PROJETO

Os dados de produção diária de efluentes da referida granja foram baseados na tabela abaixo:

Tabela 2. Produção média diária de dejetos nas diferentes fases produtivas dos suínos

| Categoria | Esterco (Kg/dia) | Esterco + Urina (Kg/dia) | Dejetos Líquidos (l/dia) | Dejetos Líquidos (m³/dia) |
|---|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---|
| Suínos (25 – 100 kg) | 2,30 | 4,90 | 7,00 | 0,007 |
| Porcas reposição, cobertura e gestantes | 3,60 | 11,00 | 16,00 | 0,016 |
| Porcas em lactação com leitões | 6,40 | 18,00 | 27,00 | 0,027 |
| Machos | 3,00 | 6,00 | 9,00 | 0,009 |
| Leitões | 0,35 | 0,95 | 1,40 | 0,0014 |
| Média | 2,35 | 5,80 | 8,60 | 0,0086 |

Fonte: Adaptado de Oliveira (1993).

Baseado nas informações acima, e considerando o número de animais médio por fase, os valores a serem considerados como produção de dejetos segue abaixo:

Tabela 3. Volume médio de dejetos produzidos na granja

| Animais por Categoria | Nº Atual | Nº Futuro | Produção de Dejetos (m³/dia/animal) | Produção de Dejetos (m³/dia) | Produção de Dejetos (m³/ano) |
|-----------------------------------|-----------------|------------------|---|--|--|
| Fêmeas em Lactação | 0 | 0 | 0,027 | 0,00 | 0,00 |
| Fêmeas em Gestação / Cobertura | 0 | 0 | 0,016 | 0,00 | 0,00 |
| Leitões em Creche | 0 | 0 | 0,0014 | 0,00 | 0,00 |
| Suínos em Crescimento /Terminação | ----- | 4.000 | 0,007 | 28,00 | 10.220,00 |
| Machos | 0 | 0 | 0,009 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 0 | 4.000 | | 28,00 | 10.220,00 |

Fonte: Martimiano e Serpa (2009).

4.5 DADOS REFERENTES À COMPOSIÇÃO DOS DEJETOS A SEREM PRODUZIDOS

Os dejetos de suínos são constituídos por fezes, urina, água desperdiçada pelos bebedouros e de higienização, resíduo de ração, pêlos, poeiras e outros materiais decorrentes do processo de criação dos animais. (KONZEN, 1993). O esterco, por sua vez, é constituído pelas fezes dos animais que, normalmente, se apresentam na forma pastosa ou sólida. Os dejetos podem apresentar grandes variações em seus componentes, dependendo do sistema de manejo adotado e, principalmente, da quantidade de água e nutrientes em sua composição.

O esterco líquido dos suínos contém matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, sódio, magnésio, manganês, ferro, zinco, cobre e outros elementos incluídos nas dietas dos animais.

Pesquisa realizada por Scherer e Baldissera (1994), em oito municípios representativos da região oeste de Santa Catarina, onde foram coletadas e analisadas 118 amostras líquidas de dejetos, constatou que o teor de matéria seca foi de 3%, valor bastante aquém daquele apresentado na Tabela da Comissão da Fertilidade do Solo, que é de 6% e serve de base para a recomendação de adubação orgânica.

Considerando esta realidade, para que possamos calcular a fração sólida dos dejetos a fim de estimar a quantidade de material sólido a ser incorporado no substrato, utilizaremos como referência o valor de 3% de matéria seca no volume total de dejetos produzidos, assim terem-se o seguinte valor:

Tabela 6. Volume de dejetos produzidos

| | Litros | m ³ |
|---|------------|----------------|
| Volume de dejetos produzidos (180 dias) | 5.040.000 | 5.040,00 |
| Percentual de matéria seca | 3% | 3% |
| Total de sólidos | 151.200,00 | 151,20 |

Fonte: Scherer (1994).

Além disso, é necessário levar em consideração uma série de aspectos no processo de compostagem e que se encontram descritos na tabela 7:

Tabela 7. Aspectos a serem levados em consideração no processo de compostagem

| | |
|--|-------------------|
| Tempo médio de permanência do substrato na leira de compostagem | 180 dias |
| Evaporação média diária de água por m ² / m ³ de leira de compostagem com revolvimento mecânico diário e periódico | 21 litros / dia |
| Acúmulo diário de matéria seca na massa de substrato por m ² / m ³ de leira de compostagem. | 0,63 litros / dia |
| Redução média do volume da pilha de substrato pelo processo de degradação da matéria orgânica em função da ocorrência da compostagem. | 50% |
| Altura média padrão da leira de compostagem durante o processo de compostagem. | 1,00 m |

Fonte: Scherer (1994).

Os dados referentes à capacidade de tratamento do sistema são descritos na tabela 8.

Tabela 8. Capacidade de tratamento do sistema

| | |
|---|--|
| Capacidade de tratamento por m ² / m ³ de área de compostagem (S) | 21 litros de dejetos por dia |
| Cálculo da geração diária de dejetos de 1 suíno no sistema de Wean to Finish (V) – baseado na tabela 2 | 7,00 litros por dia |
| Capacidade de tratamento dos dejetos por m ² / m ³ em relação à quantidade de animais (S) | 3,00 suínos por m ² / m ³ de área de compostagem |
| Capacidade total de tratamento dos dejetos de leitões no sistema a ser instalado (C) | 4.000 animais |

Fonte: Martimiano e Serpa (2009).

Para calcular o Volume da Compostagem é necessário aplicar a fórmula:

$$A = \frac{C \times V}{S} \quad \text{Onde:}$$

A = área necessária útil para tratamento dos dejetos no sistema de compostagem (m²);

C = capacidade de alojamento do sistema de produção (nº animais);

V = volume de dejetos produzidos por animal no sistema de produção (litros/animal/dia);

S = capacidade de absorção de dejetos pelo processo de compostagem (litros/m³);

Aplicando-se no projeto em questão:

$$A = \frac{4.000 \times 7,00}{21} \quad A = \frac{28.000}{21} \quad A = 1.333,33 \text{ m}^3$$

A área acima compreende a necessidade de área para um total de 12 meses. Uma vez que o processo de compostagem será finalizado no prazo do alojamento do lote, ou seja, 6 meses, dimensionaremos o galpão para um período de *impregnação* de 180 dias e mais 40 dias para tempo de *maturação* do processo, ou seja, consideraremos um período total de compostagem de 220 dias.

Seguindo o raciocínio, a área necessária de compostagem será de:

$$1.333,33 \text{ m}^3 \text{ ----- } 365 \text{ dias}$$

$$X \text{ (m}^3\text{) ----- } 180 \text{ dias} \quad \underline{X = 657,50 \text{ m}^3}$$

4.6 DADOS REFERENTES AO MÉTODO DE COMPOSTAGEM ADOTADO E AO DIMENSIONAMENTO DO GALPÃO DE COMPOSTAGEM

Tabela 9. Dimensionamento do galpão de compostagem

(continua)

| Tipo de revolvimento | Helicoidal |
|---|---|
| Altura do pé-direito da construção | 3,50 m a partir do piso |
| Dimensões totais do Galpão de Compostagem | Comprimento = 58,00 m Largura = 12,50 m Altura da parede = 1,30 m |
| Tamanho total da área construída | 725,00 m ² |

(conclusão)

| Tipo de revolvimento | Helicoidal |
|---|--|
| Dimensões totais utilizadas para Compostagem | Comprimento = 55,00 m Largura = 12,50 m Altura da leira = 1,00 m |
| Volume total utilizado para Compostagem | 687,50 m ³ |
| Dimensões úteis utilizadas para Compostagem | Comprimento = 55,00 m Largura = 12,00 m Altura da leira = 1,00 m |
| Volume útil total utilizado para Compostagem | 660,00 m ³ |
| Dimensões da reserva técnica da área de compostagem | 55,00 m de comprimento x 12,00 m de largura x 0,30 m de altura |
| Volume da reserva técnica da área de compostagem | 198,00 m ³ |
| Tipo operacional da compostagem | Intercalada por vãos |
| Número de vãos de compostagem | 4 vãos |
| Dimensões totais de cada vão | 3,00 m de largura x 55,00 m comprimento x 1,30 m de altura |
| Capacidade cúbica utilizada por vão | 165,00 m ³ |
| Reserva técnica por vão | 49,50 m ³ |
| Capacidade cúbica total por vão | 214,50 m ³ |
| Capacidade cúbica útil do Sistema | 165,00 m ³ x 4 = 660,00 m ³ |
| Capacidade cúbica total do Sistema | 214,50 m ³ x 4 = 858,00 m ³ |

Fonte: Martimiano e Serpa (2009).

Para utilização no processo de compostagem, utilizaremos os dados baseado no uso da maravalha e serragem, na proporção de 70% de maravalha e 30% de serragem:

| | |
|---|--------------------|
| Volume de material a ser utilizado no início do processo de compostagem | 660 m ³ |
| Total de material a ser utilizado em 180 dias | 660 m ³ |

Tabela 10. Dados referentes à produção do adubo através do processo de compostagem dos dejetos de suínos

| Unidade de Medida Utilizada (Volume) | m ³ | Ton |
|---|-----------------------|------------|
| Período | 180 dias | 180 dias |
| Total de Maravalha/Serragem | 660,00 m ³ | 112,86 ton |
| Total da Matéria Seca originada nos dejetos | 151,20 m ³ | 151,20 ton |
| Total de adubo produzido em 12 meses | 811,20 m ³ | 264,06 ton |

Fonte: Martimiano e Serpa (2009).

A aplicação do adubo orgânico será feito em áreas agricultáveis respeitando a necessidade de nutrientes baseado na cultura a ser implantada e também na composição média de nutrientes do adubo orgânico produzido. A recomendação inicial será feita em números médios da literatura existente, mas, anualmente, para que se proceda à recomendação de adubação nas áreas agricultáveis deverá se fazer uma análise dos nutrientes contidos no adubo produzido e também a análise do solo dos locais da aplicação.

O composto orgânico gerado em unidade de compostagem para ser comercializado deve se enquadrar nas especificações técnicas estabelecidas na Instrução Normativa nº15 (BRASIL, 2009), dadas aos “fertilizantes orgânicos composto classe a”, onde classe a se refere a fertilizantes cuja matéria-prima é de origem vegetal, animal ou de processamento de agroindústria. As especificações exigidas pela Instrução Normativa são as seguintes: umidade máxima 50%; NT mínimo 1%; CO mínimo 15%; CTC 300; pH mínimo 6,0; relação C/N máxima 18; relação CTC/C mínima 20; N, P, K OU A soma NPK, NP, NK, PK 2%.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho consistiu em avaliar o sistema de compostagem como alternativa para o controle da poluição provocada por dejetos da suinocultura na propriedade denominada Granja Serpa II localizada no município de Xanxerê - SC. Foi constatado que o sistema transforma os dejetos de características líquidas,

para características sólidas, onde ocorre redução do volume dos dejetos e maior concentração agronômica.

Além disso, buscou-se verificar quais são os controles necessários ao processo de compostagem, sendo que verificou-se que os mesmos estão associados à integração e ao equilíbrio dos seguintes fatores: umidade, percolação e temperatura. Ainda foram identificadas as características dos projetos das edificações e manejo de composteiras mecanizadas instaladas nas propriedades rurais, onde as mesmas apresentam o seguinte padrão com 58,00m de comprimento, 12,50m de largura e mureta de 1,30 m, totalizando 858,00m³. Foi projetado com pórticos de concreto e madeira de reflorestamento, está dividido em quatro leiras de três metros cada, com capacidade para tratar dejetos na proporção de 15m³/dia – 5.475 m³/ano. Gerará em média 264,06 toneladas de adubo por ano.

No que se refere às exigências da Legislação Ambiental constatou-se que o processo é uma alternativa viável. O procedimento tem como principal escopo a redução do volume dos dejetos, já que a suinocultura é considerada uma atividade de grande potencial poluidor. É fato que há possibilidade de produzir e inovar preservando os recursos naturais. A ciência oferece campo ideal para o emprego estratégico da inteligência nesse sentido. Técnicas simples apresentam resultados promissores quando aliadas aos conhecimentos conquistados. A compostagem é um exemplo de sistema rudimentar, que lapidado pela evolução científica e tecnológica, obteve melhor resultado. O manejo e tratamento de dejetos líquidos de suínos pelo processo de compostagem é extremamente importante e absolutamente seguro para regiões de pequenas propriedades com alta concentração de animais e pouca área agrícola disponível. O volume de dejetos suínos a ser tratado determina a escolha do sistema de compostagem, manual ou automatizado. A fermentação aeróbia em unidades de compostagem reduz significativamente o risco de impacto ambiental e os odores gerados quando comparado aos processos anaeróbios.

A implantação de unidades de compostagem é viável para a maioria dos produtores de suínos, desde que projetada adequadamente para o volume de dejetos gerados na granja. Políticas de orientação, incentivo, planejamento e viabilização de recursos para implantação estão sendo concretizados, entretanto, de forma esparsa, insuficiente e atomizada. Instalar um sistema de compostagem para

tratar adequadamente os dejetos líquidos de suínos, resulta em benefícios tanto para o produtor quanto para a coletividade e meio ambiente. Propicia redução nos custos de produção, agrega renda, oferece melhor qualidade agrônômica do adubo orgânico e facilita o transporte e distribuição deste por tratar-se de elemento seco.

Existem mecanismos disponíveis capazes de suscitar maior produtividade na criação de suínos, mantendo a preservação ambiental. Porém, a produção segura tem obstáculos a transpor, como o valor considerável do investimento e a falta de informações corretas para esclarecimento dos proprietários rurais. Sendo assim, pode-se afirmar que a principal limitação do estudo são os custos das tecnologias desenvolvidas algumas vezes difíceis de serem deslocados para o setor produtivo por causa da baixa disposição de aplicação do produtor. Isso gera grandes obstáculos para a mitigação dos impactos ambientais da suinocultura, pois, na maioria dos casos, não é possível abreviar a poluição sem agregar tecnologia.

Para futuros trabalhos recomenda-se encontrar meios de medir a emissão do gás metano no revolvimento do composto para comercialização de certificados de emissão de gases do efeito estufa em bolsas de valores, fundos ou através de *brokers*, onde os países desenvolvidos, que têm que cumprir compromissos de redução da emissão desses gases, podem adquirir créditos provindos dos mecanismos de flexibilização junto Protocolo de Quioto.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Constituição Federal (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado, 1988a. Capítulo VI, Art. 225, Meio Ambiente.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 15, de 26 de maio de 2009. **Diário Oficial da União**, Brasília, 28 de maio de 2009. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 08 nov. 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Laboratório Nacional de Referência Vegetal - LANARV. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes métodos oficiais**. Brasília: [s.n.], 1988b. 103p.

DARTORA, V.; PERDOMO, C. C.; TUMELERO, I. L. Manejo de dejetos de suínos. **Bipers**: EMBRAPA-CNPQ e EMATER - RS, Concórdia, v. 7, n. 11, p. 1-7, 1998.

DAI PRÁ, M. A. **Desenvolvimento de um sistema de compostagem para o tratamento de dejetos de suínos**. 2006. 125f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Zootecnia, Pelotas, RS, 2006.

DAI PRÁ, M. A. et al. **Compostagem de dejetos líquidos de suínos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 25p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 45).

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Efetivo dos rebanhos em 2006, segundo as categorias**. Brasil 2006. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: março 2010.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba: [s.n.], 1998. 171p.

KONZEN, E. A. **Alternativas de manejo, tratamento e utilização de dejetos animais em sistemas integrados de produção**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 32 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 5).

MARTIMIANO, C. F.; SERPA, R. **Projeto de compostagem de dejetos de suínos**. Xanxerê, SC: Departamento de Engenharia Avesuy, 2009.

MIELE, M. **Estrutura e coordenação na suinocultura: a relação entre contratos de integração, especialização, escala de produção e potencial poluidor dos estabelecimentos suinícolas do Alto Uruguai Catarinense**. 2006. 277f. Tese (Doutorado) - Universidade Feral do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2006.

NUNES, M. L. A. **Avaliação de procedimentos operacionais na compostagem de dejetos de suínos**. 2003. 117f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Ambiental, Florianópolis, SC, 2003.

OLIVEIRA, P. A. V. Programas eficientes de controle de dejetos na suinocultura. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE SUINOCULTURA, 1, 2002, Foz do Iguçu. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2002, p. 143-158p.

OLIVEIRA, P. A. V.; KERMARREC, C.; ROBIN, P. Balanço de nitrogênio e fósforo em sistema de produção de suínos sobre cama de maravalha. In: CONGRESSO MERCOSUR DE PRODUCCIÓN PORCINA, 2000, Buenos Aires. **Memória...** Buenos Aires: [s.n.], 2000. p. 7.

OLIVEIRA, P. A. V. de et al. Utilização de compostagem para o tratamento dos dejetos de suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINARIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 11, 2003, Goiânia, GO. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2003, p. 433-434.

OLIVEIRA, P. A. V. de. **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos**: manual de boas práticas. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004. 109 p. (PNMA, II).

OLIVEIRA, A. R. de Jr. **Manejo de dejetos**. 1993. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/pnma/pdf_doc/8-PauloArmando_Producao.pdf>. Acesso em: 16 out. 2005.

PARANÁ. Instituto Ambiental do Paraná - IAP. Resolução SEMA nº 31 de 24 de agosto de 1998. **Legislação Ambiental**. Disponível em: < www.pr.gov.br/meioambiente/iap/res031.htm#art96>. Acesso em: 15 abr. 2012.

PERDOMO, C. C. Alternativas para o manejo e tratamento dos dejetos de suínos. **Suinocultura Industrial**, n. 152, p. 16-26, jun./jul. 2001.

PEREIRA NETO, J. T. Conceitos modernos de compostagem. **Engenharia Sanitária**, v. 28, n. 2, p. 104-109, abr./maio. 1989.

SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T. Aproveitamento dos dejetos de suínos como fertilizante. In: DIA DE CAMPO SOBRE MANEJO E UTILIZAÇÃO DE DEJETOS DE SUÍNOS, 1., 1994, Concórdia. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves: EPAGRI: FATMA, 1994, p. 33-37.

SEGANFREDO, M. A. **A questão ambiental na utilização de dejetos de suínos como fertilizante do solo**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000. (Circular Técnica, 22)a.

SEGANFREDO, M. A. Análise dos riscos de poluição do ambiente, quanto se usa dejetos de suínos como adubo do solo. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000. (Circular Técnica, 206)b.

VICTÓRIA, F. R. B. Transporte e distribuição de dejetos de suínos nas lavouras. In: DIA DE CAMPO SOBRE MANEJO E UTILIZAÇÃO DE DEJETOS DE SUÍNOS, 1., 1994, Concórdia. *Anais...* Concórdia: Embrapa Suínos e Aves/EPAGRI/FATMA, 1994, p. 43-47.

Recebido em: 29 de maio de 2012

Aceito em: 01 de novembro de 2012