

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO E SISTEMAS**

**UTILIZAÇÃO DE BIODIGESTORES EM PEQUENAS E MÉDIAS
PROPRIEDADES RURAIS COM ÊNFASE NA AGREGAÇÃO DE
VALOR: UM ESTUDO DE CASO NA REGIÃO DE TOLEDO-PR**

Rita Maria Bedran Leme Gaspar

Florianópolis

2003

RITA MARIA BEDRAN LEME GASPAR

**UTILIZAÇÃO DE BIODIGESTORES EM PEQUENAS E MÉDIAS
PROPRIEDADES RURAIS, COM ÊNFASE NA AGREGAÇÃO DE
VALOR: UM ESTUDO DE CASO NA REGIÃO DE TOLEDO-PR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Planejamento e Estratégia Organizacional.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre de Ávila Lerípio.

**Florianópolis
2003**

**UTILIZAÇÃO DE BIODIGESTORES EM PEQUENAS E MÉDIAS
PROPRIEDADES RURAIS, COM ÊNFASE NA AGREGAÇÃO DE VALOR:
UM ESTUDO DE CASO NA REGIÃO DE TOLEDO-PR**

RITA MARIA BEDRAN LEME GASPAR

Esta dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção (área de concentração Planejamento e Estratégia Organizacional) no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

APRESENTADA À COMISSÃO EXAMINADORA FORMADA PELOS
PROFESSORES:

Prof. Dr. Edson Pacheco Paladini – Coordenador

Orientador:

Prof. Dr. Alexandre de Ávila Lerípio

Prof. Dr. Willy Arno Sommer

Prof^a. Dra. Sandra S.N. Baasch

Pouco conhecimento faz com que as criaturas se sintam orgulhosas. Muito conhecimento, que se sintam humildes. É assim que as espigas sem grãos erguem desdenhosamente a cabeça para o céu, enquanto que as cheias a baixam para a terra, sua mãe.

Leonardo da Vinci

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação, em primeiro lugar a Deus, pela graça a mim concedida de poder alcançar tantos marcos importantes e felizes em minha vida.

Aos meus amados filhos por compreenderem a necessidade de tantos e tão longos e dolorosos momentos de afastamento.

Ao meu amado e amoroso marido Ari pela paciência em me ouvir falar tanto das agruras e alegrias da construção desta pesquisa.

Finalmente, mas não menos importante, meu reconhecimento e gratidão aos queridos Sebastião e Durci, amados pais, que, espero, continuem me assistindo e guardando até o fim dos dias.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da UFSC, como um todo, através da pessoa do Prof. Dr. Alexandre de Ávila Lerípio, meu atencioso orientador.

Ao pesquisador e amigo Alexandre Akira Takamatsu, pelo conhecimento obtido através de suas importantes contribuições.

À Prefeitura do Município de Toledo (PR), na figura do Sr. André Ricardo Angonese, Exmo. Sr. Secretário de Meio Ambiente.

Aos ilustres profissionais que aquiesceram em participar da pesquisa de campo, pela clareza e oportunidade de suas colocações.

À Instituição Banco do Brasil SA, que através de administradores e colegas, prestou apoio incondicional à nossa participação neste Curso de Mestrado.

SUMÁRIO

Lista de Tabelas	ix
Lista de Ilustrações	x
Resumo	xi
Abstract	xii
1 INTRODUÇÃO	01
1.1 Exposição do Assunto	01
1.2 Discussão do Tema e do Problema	04
1.3 Objetivos	08
1.3.1 Objetivo Geral	08
1.3.2 Objetivos Específicos	08
1.4 Limites, Abrangência e Aplicabilidade da Pesquisa	09
1.5 Organização do Trabalho	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 Caracterização e Funções dos Biodigestores	12
2.1.1 Breve História dos Biodigestores	12
2.1.2 Definição de Biodigestor	15
2.1.3 Os Modelos Chinês e Indiano de Biodigestor	16
2.1.4 Comparação Entre os Biodigestores Modelo Chinês e Indiano	20
2.1.5 Materiais, Dimensões e Volume de Carga do Biodigestor	22
2.2 O Combustível do Biodigestor: a Biomassa	26
2.3 Produção, Características e Utilização do Biogás	30
2.3.1 Benefícios do Biogás para a Propriedade Suinocultora	34
2.4 Produção, Características e Utilização do Biofertilizante	37
2.5 Os Dejetos de Suínos e a Poluição do Solo e da Água	40
2.5.1 Dejetos Suínos e Degradação do Solo	40
2.5.2 Dejetos Suínos e Poluição das Águas	44
2.5.3 Poluição por Dejetos Suínos e a Legislação Ambiental	46
2.6 Biosistemas Integrados	50
2.6.1 Definição de Biosistemas Integrados	50

2.6.2 Modelos Brasileiros de Biosistema Integrado	51
2.6.2.1 Projeto MPAB: a Suinocultura Associada à Piscicultura	51
2.6.2.2 Biodigestor PE: uma Experiência Pernambucana	56
2.7 Considerações Finais do Capítulo	58
3 METODOLOGIA DA PESQUISA	60
3.1 Procedimentos Metodológicos	60
3.2 Natureza da Pesquisa.....	61
3.3 Trajetória da Pesquisa	61
3.4 O Instrumento de Pesquisa.....	62
3.4.1 O Questionário.....	62
3.4.2 Amostragem.....	64
3.4.2.1 Caracterização da Amostra.....	64
3.4.3 Método Estatístico	66
3.5 Caracterização do Objeto de Estudo	66
3.5.1 Perfil Topográfico e Climático de Toledo-PR	67
3.5.2 Perfil da Pecuária no Município de Toledo-PR	68
3.6 Projeto para Implantação de Biodigestor Modelo Chinês	70
3.6.1 Razões para a Escolha do Modelo Chinês	71
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	74
4.1 Toledo-PR.....	74
4.2 Resultados da Pesquisa	75
4.2.1 Questão 1 – O Biodigestor Ajuda na Agregação de Valor e Combate à Poluição?	75
4.2.2 Questão 2 – Razões Para que os Biodigestores Sejam Pouco Disseminados no Paraná.....	78
4.2.3 Questão 3 – Pedido de Auxílio Técnico para Implantar Biodigestores	82
4.2.4 Questão 4 — Medidas Técnicas para uma Maior Difusão de Biodigestores	83
4.2.5 Questão 5 — Medidas Ambientais para Disseminar Biodigestores	85
4.3 Recomendações.....	88
4.4 Considerações Finais do Capítulo	90

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	92
5.1 Conclusões	92
5.2 Recomendações	96
5.3 Considerações Finais	97
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
APÊNDICE	104

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Biodigestores com Pouca Profundidade	19
TABELA 2 – Biodigestores com Maior Profundidade.....	19
TABELA 3 – Comparação de Características de Construção.....	20
TABELA 4 – Custos com Materiais de Construção.....	23
TABELA 5 – Materiais/Custos de Construção do Biodigestor	25
TABELA 6 – Produção Diária de Dejetos por Animal Adulto	28
TABELA 7 – Expectativa de Produção de Biogás Por Biomassa	29
TABELA 8 – Composição Média do Biogás.....	32
TABELA 9 - Comparação entre o Biogás e Outros Combustíveis	33
TABELA 10 – Equivalência entre o Biogás e Outros Combustíveis.....	33
TABELA 11 – Capacidade de Geração de 1 m ³ de Biogás	34
TABELA 12 – Relação de Consumo de Biogás em Equipamentos	36
TABELA 13 – Componentes do Biofertilizante	39
TABELA 14 – Produção Diária de Dejetos nas Diferentes Fases de Produção	42
TABELA 15 – Composição Química de Dejetos de Suínos.....	42

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1: Biodigestor Tipo Indiano (Modelo Piloto).....	16
FIGURA 2 – Esquema de um Biodigestor Modelo Chinês.....	17
FIGURA 3 – Biodigestor de Batelada	54
FIGURA 4 – Exemplo de Biosistema Integrado	55
GRÁFICO 1 – Validade do Biodigestor para Agregação de Valor e Combate à Poluição	75
GRÁFICO 2 – Principais Razões para a Não Disseminação de Biodigestores no Paraná	78
GRÁFICO 3 – Auxílio Técnico para Implantação de Biodigestores	82
GRÁFICO 4 – Medidas Técnicas para Disseminação de Biodigestores.....	83
GRÁFICO 5 – Medidas Ambientais para Facilitar a Disseminação de Biodigestores.....	85

RESUMO

Este trabalho investiga se os biodigestores anaeróbicos representam uma solução para a crescente poluição dos mananciais d'água da região de Toledo (PR) por dejetos suínos. Através de uma revisão bibliográfica e de uma pesquisa de campo envolvendo profissionais agrícolas, este estudo procura estabelecer qual o modelo de biodigestor mais adequado para atender às necessidades das propriedades suinocultoras daquela região. Como parte de um projeto de instalação de biodigestores na região de Toledo (PR), um modelo "chinês" de biodigestor foi escolhido, com capacidade de produzir 4,20 m³ de biogás por dia, e atender às necessidades diárias de uma família de quatro pessoas. Este biodigestor apresentou um custo final de construção relativamente baixo — cerca de R\$ 1.408,17 — mostrando ser o indicado para pequenas e médias propriedades suinocultoras. A pesquisa de campo mostrou que os entrevistados consideram a falta de informação como a principal dificuldade encontrada pelos suinocultores para construir biodigestores em suas propriedades. A pesquisa concluiu que os biodigestores são ferramentas adequadas para diminuir a poluição por dejetos suínos e agregar valor às propriedades rurais. Esta agregação de valor somente será possível se o criador usar totalmente o biogás e o biofertilizante. A pesquisa termina com recomendações para novas pesquisas sobre o assunto e uma troca mais significativa de informações entre universidades, associações e produtores e órgãos oficiais de preservação do meio ambiente.

Palavras-chave: Biodigestão anaeróbica; suinocultura; dejetos suínos; preservação ambiental.

ABSTRACT

This work investigates if anaerobic digestors represents a solution to increasing pollution of water resources by pigs wastes in Toledo (PR)'s region. By means of a bibliographical revision and a field research involving agriculture technicians this study tries to establish which is the most acceptable model of biodigester to supply pigs farms' necessities on that region. As a part of a project to install biodigestors in Toledo (PR)'s region, a "chinese" model of biodigester was chosen, which is capable to produce 4,20 m³ of biogas per day, fulfilling daily necessities of a family of four. This biodigester presented a final construction price relatively low — near R\$ 1.408,17 —, showing to be the most indicate to small and medium pig farms. Field research showed that the most part of interviewed professionals considers lack of information as the main difficult for pig farmers to built biodigestors in their farms. The research concluded that biodigestors are adequate tools to decrease pollution by pig wastes and represents an addition of value to pig farms. This addition of value will be possible only if biogas and biofertilizer was totally used by the farmers. This work ends recommending new researchs about this matter and the development of a most significant exchange of informations between universities, pig farmers associations and official organisms of environment preservation.

Key-words: Anaerobic digestion; pig farms; pig wastes; environment preservation.

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo expõe-se o assunto a ser tratado pela dissertação e estabelece-se o problema de pesquisa. São apresentados os objetivos a serem alcançados e a metodologia de estudo empregada, justifica-se a escolha do tema e relacionam-se as limitações que envolvem o estudo.

1.1 Exposição do Assunto

A suinocultura no Brasil, segundo o IBGE (1983), é uma atividade predominantemente desenvolvida por pequenas propriedades rurais. Cerca de 81,7% dos suínos são criados em unidades de até 100 hectares (ha). Essa atividade se encontra presente em 46,5% das 5,8 milhões de propriedades existentes no país, empregando mão-de-obra tipicamente familiar e constituindo uma importante fonte de renda e de estabilidade social.

A produção de dejetos suínos, até meados da década de 70, não representava um fator muito preocupante, uma vez que a concentração de animais era relativamente pequena e o solo das propriedades suinocultoras tinha capacidade para absorver o volume de dejetos produzidos até aquela data, sendo que parte da produção era utilizada na forma de adubo orgânico.

A partir da segunda metade dos anos 70, a produção de suínos aumentou e, conseqüentemente, a de dejetos também. Com isso, a poluição de determinados mananciais de água brasileiros aumentou drasticamente, pois o déficit de oxigenação de uma fonte de água atingida pela contaminação de esgoto doméstico é muitíssimo menor do que o produzido pela contaminação com dejetos de suínos. As águas atingidas pela emissão de efluentes das pocilgas perdem, em pouco tempo, a capacidade de manutenção da vida da fauna e flora aquáticas.

Levantamentos realizados pelo Serviço de Extensão Rural [do Paraná] mostraram que apenas 10 a 15% dos suinocultores [paranaenses] possuem sistemas para o tratamento ou aproveitamento dos dejetos e que cerca de 85% das fontes de água do meio rural das regiões produtoras estão contaminadas por coliformes fecais, oriundos

do lançamento dos dejetos suínos em cursos ou mananciais d'água. A incorporação dos dejetos de suínos ao solo contribui para a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo, contribuindo para o aumento da produção e a produtividade agrícola. A poluição do meio ambiente na região produtora de suínos é alta, pois enquanto para o esgoto doméstico, o DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxigênio) é de cerca de 200 mg/litro, o DBO5 dos dejetos suínos oscila entre 30.000 e 52.000 mg/litro, ou seja, em torno de 260 vezes superior. (LIMA, 2001, p. 1)

De acordo com o mesmo autor, um suíno adulto produz em média 0,27 m³ de dejetos líquidos por mês, sendo que o estado de Santa Catarina, por exemplo, apresenta uma produção diária de mais de 30.000 m³ de dejetos. Isto fornece um vislumbre da quantidade imensa de dejetos produzidos nas regiões predominantemente suinocultoras.

É preciso evitar que uma massa tão grande de dejetos continue a ser lançada nos mananciais d'água destas regiões, pois comprometem a qualidade de vida das populações rurais e urbanas do país e a sobrevivência da fauna e da flora das regiões vizinhas a tais mananciais.

Uma das primeiras alternativas viáveis a serem empregadas na diminuição dessa forma de poluição talvez seja a racionalização da alimentação dos animais. Uma alimentação adequada dos suínos diminuirá não só a capacidade poluidora de suas fezes, mas também o volume diário emitido pelos mesmos.

[...] Continuar a buscar a melhoria da eficiência alimentar e do aumento de produtividade por produtor, pois estão diretamente relacionados à redução da quantidade de dejetos produzidos. Incrementar o uso de valores de disponibilidade de nutrientes dos alimentos utilizados nas formulações de dietas. Melhorar o conhecimento das exigências nutricionais dos suínos, concentrando-se no genótipo, no sexo e nos fatores que afetam o consumo de ração. Formular as dietas com maior precisão, buscando-se o atendimento das exigências nutricionais e evitando-se o uso indiscriminado de 'margens de segurança'. Reduzir o sal das dietas, de maneira a atender apenas os níveis exigidos de sódio. Formular para sódio e não fixar um valor para sal nas matrizes de exigências durante a formulação das dietas. Assim, além de reduzir a excreção de sódio, promove redução do consumo, excreção de água e volume de dejetos produzidos. Utilizar, dentro do possível, alimentos com nutrientes de alta digestibilidade. Evitar o uso de altos níveis de cobre e zinco como promotores de crescimento e no controle da diarreia. Utilizar a técnica da restrição alimentar em suínos na fase de terminação. (LIMA, 2001, p. 3)

Outra possibilidade de remanejamento do esterco suíno reside na sua utilização como biofertilizante. Os dejetos de suínos podem ser usados na fertilização das 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. No campo, através da determinação da densidade dos dejetos, é possível estimar a sua composição em nutrientes e calcular a dose adequada a ser aplicada para uma determinada cultura.

Primeiramente, misturam-se os dejetos na esterqueira, agitando-os por alguns minutos, até perfeita homogeneização. Em seguida, com um recipiente adequado (jarra), retira-se uma amostra para a determinação da densidade. Para realizar a leitura, mergulha-se o densímetro no recipiente e registra-se o valor obtido. Os densímetros recomendados devem ter escala de 1.000 a 1.060 kg/m³. Com o valor da densidade obtêm-se as características químicas dos dejetos analisados. Por exemplo, se a leitura registrada no densímetro apresentou um valor de 1.014, consultando-se uma tabela específica (no caso, hipotética), observa-se os seguintes valores: 2,54% de matéria seca (MS); 2,52 kg/m³ de nitrogênio (N); 2,06 kg/m³ de fósforo (P₂O₅) e 1,38kg/m³ de potássio (K₂O). Quanto mais alto for o teor de matéria seca, menor será a quantidade de água presente nos dejetos e melhor será a qualidade fertilizante dos mesmos. A quantidade de dejetos a ser aplicada depende do valor fertilizante, do resultado da análise do solo e das exigências da cultura a ser implantada. Para a aplicação dos dejetos deve-se utilizar equipamentos que permitam a distribuição da quantidade recomendada. (MIRANDA; GOSMANN; ZARDO, 1999)

Embora todas estas medidas auxiliem muito na diminuição da contaminação dos rios por dejetos suínos, elas acabam se chocando com fatores restritivos importantes. Assim, a utilização de dejetos puros (sem sofrer transformação anaeróbica) como adubo não pode ultrapassar o limite máximo de absorção do solo da propriedade rural. A racionalização na alimentação dos animais, por outro lado, pode representar um custo que venha a tornar a criação dos animais uma prática inviável para o produtor, pois envolve, por exemplo, a contratação de um nutricionista que elabore a quantidade adequada de nutrientes, sais minerais e outros aspectos da dieta dos suínos.

Talvez uma das medidas mais eficazes no combate à poluição dos rios seja a disseminação da implantação de biodigestores nas propriedades rurais criadoras de suínos.

O biodigestor consiste, basicamente, em uma câmara fechada onde a biomassa — o volume de esterco suíno produzido — é fermentada anaerobicamente, isto é, sem a presença do ar atmosférico, produzindo biogás e biofertilizante. Ressalte-se que o biodigestor é um aparelho destinado a

conter a biomassa e o produto desta, o biogás. Por si só, o biodigestor não produz o biogás, mas cria condições para que as bactérias metanogênicas — que degradam a matéria orgânica produzindo o gás metano — atuem sobre os materiais orgânicos na produção deste combustível.

A maioria das propriedades rurais no Paraná já utiliza a energia elétrica fornecida pelas hidrelétricas. Este tipo de geração de energia, entretanto, resulta em grandes impactos negativos na natureza, haja vista a necessidade de serem alagadas grandes extensões de terras para a formação da reserva de água, terras estas que, em geral, são ocupadas por produtores rurais em plena atividade. O grande benefício trazido pela energia elétrica acaba anulado, em parte, pelos problemas sociais que acabam sendo gerados, pois os moradores das áreas inundadas precisam ser realocados e, em parte, pelos problemas ambientais, uma vez que as áreas cobertas pela água se tornam improdutivas, ao mesmo tempo em que a fauna e a flora da região são grandemente afetadas.

Neste sentido, o biodigestor apresenta-se como fonte alternativa de produção e geração de energia. Evidentemente, a quantidade de energia produzida é, em geral, muito menor que a das hidrelétricas, devido, especialmente ao porte destas em relação ao número de biodigestores, mas em compensação os impactos ambientais e sociais aproximam-se do zero, a produção de energia é barata, e o aproveitamento dos resíduos animais evita que estes sejam lançados no meio ambiente, poluindo-o.

A contribuição principal deste sistema, porém, é que os dejetos produzidos na propriedade são transformados em gás e os resíduos deste processo ainda podem ser utilizados como fertilizantes.

1.2 Discussão do Tema e do Problema

A discussão acerca da necessidade de preservação dos recursos hídricos não só do Brasil, mas de todo o planeta, não é nova. A ocorrência cada vez maior de acidentes ecológicos com petroleiros que acabam despejando milhões de litros de petróleo nos oceanos, a contaminação destes pela

descarga de toneladas de resíduos de esgoto industrial e domiciliar por segundo — através dos emissários submarinos — preocupam a população do planeta.

Outros fatores que justificam essa preocupação também merecem destaque, como: a contaminação de rios e córregos pelo mercúrio proveniente da exploração de ouro nos garimpos irregulares, a lenta agonia de lagos e lagoas, causada pelos esgotos clandestinos de indústrias e casas e a destruição da Floresta Amazônica. Todos são alertas mais do que eloqüentes do risco que a humanidade corre de, num futuro bem próximo, enfrentar uma escassez insolúvel de água potável.

A crise de energia tem estreita relação com a falta de água. Afinal, a maior parte da produção energética do País está baseada em hidrelétricas e a escassez de chuvas foi apontada pelo governo [de São Paulo] como um dos maiores culpados pela crise em que vivemos hoje. Segundo o secretário de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, Antônio Carlos de Mendes Thame, o ciclo hidrológico — histórico de chuvas — foi rompido nos dois últimos anos. 'A quantidade de chuvas ficou 35% abaixo do esperado e cientistas culpam o efeito estufa. Portanto, a situação é preocupante'. Ele conclui que a crise de energia poderá ser solucionada, pois há alternativas. **'Existem outras fontes de energia.'** Mas, **em relação aos recursos hídricos, a previsão é menos otimista.** 'Por isso, é preciso haver uma mudança cultural e acabar com a cultura da abundância e do desperdício.' E cita dados: 'no Brasil o consumo per capita diário é de 180 litros diários. Diferenças culturais e climáticas à parte, Japão e França, por exemplo, apresentam gasto per capita de 110 litros por dia.' E o chuveiro é responsável por 55% do consumo no País. Para isso, uma das campanhas da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), lançada há um mês, já conseguiu reduzir em 10% o consumo de água na Grande São Paulo. Este resultado deve-se também à redução por causa do racionamento de energia [sem grifos no original]. (ZANGUEIRO, 2001, p. 3)

A indústria, entretanto, apesar de ser o setor poluidor mais ativo, não é a única vilã no processo. Além da atividade poluidora das grandes cidades, o campo, a área rural, também participam ativamente neste processo negativo. Localizadas em regiões próximas a córregos, lagoas ou rios, as propriedades rurais — sejam estas criadoras de animais e aves ou dedicadas somente à agricultura — também contribuem para a contaminação dos lençóis freáticos indispensáveis ao abastecimento de água potável das populações rural e urbana.

As propriedades rurais, em especial as voltadas para a criação e abate de animais e aves, produzem diariamente uma enorme quantidade de dejetos

oriundos destes animais e/ou aves, bem como resíduos derivados da terminação destes rebanhos: sangue, carcaças, vísceras e couros, entre outros. Enquanto algumas propriedades preocupam-se com o tratamento e minimização dos efeitos danosos da ação destes resíduos, a grande maioria limita-se a depositá-los no meio-ambiente (rios, ribeirões, açudes ou no meio da mata).

É verdade que algumas granjas de criação de aves, frangos, perus e emas, por exemplo, e fazendas de criação de bovinos, muares, bufalinos, suínos e caprinos, acabam utilizando parte dos dejetos para a adubação de plantações — em geral monoculturas voltadas para a produção de ingredientes de rações ou para produção de pasto. Esta adubação é feita pela mera aspersão do material orgânico sobre ou no meio das plantas, ou por sepultamento na área a ser semeada posteriormente.

Os procedimentos acima descritos apresentam grande potencial poluidor, uma vez que a aspersão a céu aberto atrai moscas, mosquitos, baratas e outros insetos transmissores de doenças, bem como animais silvestres igualmente vetores de doenças, como é o caso de ratos, tatus e gambás. A inumação (sepultamento) dos detritos, por sua vez, não prevê o fato de que muitas das sementes das plantas ingeridas pelos animais/aves passam intactas pelos sistemas digestivo e excretor destes e podem vir a contaminar e infectar as plantações que vierem a ser semeadas no local. Além disso, os detritos colocados dentro da terra são mais facilmente transportados para os lençóis freáticos pela ação da infiltração das chuvas.

A disponibilização de restos do abate de animais ou aves (carcaças, couro, penas), apesar de ser de suma importância e atualidade, não faz parte do tema desta pesquisa. Em relação aos dejetos de bovinos, caprinos, muares, eqüinos e bufalinos, estes serão mencionados se necessário, mas o enfoque principal da dissertação repousará na análise do manejo e disposição dos dejetos de suínos, devido ao seu alto potencial poluidor e ao crescimento cada vez maior do rebanho da região Oeste do Paraná, bem como do rebanho nacional.

Segundo maior rebanho nacional, com um total estimado em mais de 4 milhões de cabeças, e terceira maior produção, a suinocultura paranaense vem gerando empregos

e divisas para o Estado em todos os segmentos da sua cadeia produtiva, ocupando uma posição de destaque na economia nacional. Além de representar um importante instrumento de fixação do homem no campo, um balanço feito pelo setor no ano passado [2001], revelou uma produção de mais de 200 mil toneladas de carne suína o que equivale ao abate de mais de 2 milhões e 500 unidades. A região de Toledo representa o maior pólo produtor do Estado, seguida por Ponta Grossa e Cascavel. São nesses municípios que se encontra a maior concentração de criadores de suínos, onde estão instalados grandes frigoríficos. (PARANÁ, 2001)

Frente ao potencial altamente poluidor apresentado pelos dejetos de suínos cabe a pergunta — que norteará o desenvolvimento da pesquisa — **os biodigestores contribuem significativamente para diminuir a contaminação de mananciais d'água por dejetos de suínos?**

Para responder a esta pergunta será realizada intensa pesquisa sobre o assunto em questão, como forma de estabelecer as vantagens e desvantagens que a implantação destes aparelhos pode trazer a uma propriedade suínocultora.

A conservação dos recursos hídricos do planeta é uma necessidade real, que afeta todos os seus habitantes, independentemente de país, raça, credo ou sexo. Torna-se dever de todos contribuir, por mínimo que seja, para que tais recursos não continuem a ser exauridos através do imenso desperdício que se verifica, hoje em dia, em todo o mundo. Dessa forma, atos simples como escovar os dentes com a torneira da pia aberta ou semi-aberta ou lavar o carro utilizando mangueira d'água, acabam, ao final de cada ano, representando um aumento gigantesco no déficit mundial e local de água potável. É necessário mudar a cultura de desperdício vigente atualmente, trocando-a por uma visão consciente de que é preciso utilizar melhor um bem tão precioso como a água.

No caso da contaminação de rios, riachos, açudes e ribeirões por dejetos de suínos (bem como de outros animais), é preciso considerar que os criadores, na maioria dos casos, não desejam poluir tais fontes de água, mas a desinformação, a ignorância e os empecilhos burocráticos apresentados por entidades financeiras e governamentais para a concessão de empréstimos necessários à implantação de programas de manejo de dejetos, são fatores que podem determinar a solução ou não do problema ambiental em questão.

Uma vez que os resultados alcançados (ou não) pela conservação dos recursos hídricos do país e, no caso desta dissertação, da região suínocultora

de Toledo-PR, afetam diretamente o padrão de vida das populações não só daquela cidade, mas das áreas próximas à mesma, um estudo que venha a apontar para soluções plausíveis de um problema social tão importante deve ser analisado com cuidado e, preferencialmente, ser utilizado como ponto de apoio para estudos mais profundos e melhor direcionados a outros aspectos não incluídos na pesquisa empreendida. Se esta dissertação conseguir auxiliar, por mínimo que seja, a levantar uma discussão mais séria e profunda sobre a preservação dos recursos hídricos do Estado do Paraná, já se encontrará justificada.

1.3 Objetivos

Como forma de sistematizar — e orientar o trabalho de pesquisa — foram estabelecidos objetivos geral e específicos para a dissertação. Estes se encontram a seguir.

1.3.1 Objetivo Geral

- Propor modelo de implantação de biodigestores em pequenas e médias propriedades suinocultoras de Toledo-PR, como alternativa viável para combater a contaminação dos mananciais e cursos d'água da citada região por dejetos de suínos e, ao mesmo tempo, através de sua produção de biogás e biofertilizante, agregar valor às propriedades criadoras de suínos.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Verificar qual modelo de biodigestor é mais adequado para implantação em pequenas e médias propriedades suinocultoras da região de Toledo-PR, no tocante a custo de construção e eficiência no manejo adequado dos dejetos de suínos;

2. Analisar as dificuldades mais significativas encontradas pelos suinocultores da região de Toledo-PR, no sentido de implantar a utilização de biodigestores em suas pequenas e médias propriedades;
3. Propor um modelo padrão de biodigestor para implantação em pequenas e médias propriedades suinoculturas da região de Toledo-PR.

1.4 Limites, Abrangência e Aplicabilidade da Pesquisa

É notório o fato de qualquer tipo de estudo apresentar determinadas limitações. Tais limites explicam-se porque os assuntos tratados ocorrem, via de regra, em ambientes dinâmicos, com as mudanças ocorrendo em grande velocidade e escala. Com isso, é inegável que, findo determinado estudo, não só determinadas variáveis deixem de ser analisadas, como diversas outras apareçam — ou podem aparecer — durante o transcorrer da elaboração da pesquisa.

Outro fator limitante diz respeito, muitas vezes, à existência de uma quantidade muito pequena de material sistematizado acerca do assunto enfocado, quando não da quase total inexistência de tal material. Isto ocorre, principalmente, quando o tema em foco é assaz original, como é o caso da correlação entre dejetos suínos, biodigestores e poluição de solo e água. Neste caso, é necessária uma dose maior de esforço para compreender os fenômenos pesquisados e, em especial, a inter-relação entre os mesmos. Da mesma forma, um segmento pecuário tão dinâmico como o suinocultor — sempre sensível a alterações na política governamental do setor — acaba por limitar a abrangência, a profundidade e (infelizmente), muitas vezes, a própria credibilidade de um estudo que o envolva.

Frente a isso, deve-se esclarecer que a abrangência desta dissertação se restringirá à área suinocultora representada pela região da cidade de Toledo-PR, por esta concentrar — juntamente com Cascavel — a maior parte do rebanho suíno paranaense. Assim sendo, os resultados alcançados por esta

pesquisa terão em vista a possível aplicação voltada para Toledo-PR, e sua validade restrita às circunstâncias encontradas. Tais resultados não devem ser, portanto, generalizados, mas sim adaptados às condições e situações presentes em outras localidades. Entende-se, assim, que os frutos desta pesquisa não são um modelo acabado, pois o dinamismo com que as teorias evoluem acabam por excluir tal possibilidade.

1.5 Organização do Trabalho

No capítulo introdutório são definidos os principais termos e o problema de pesquisa; traçados os objetivos; justificada a escolha do tema; exposta a metodologia de estudo empregada e as limitações dentro das quais o estudo se desenvolve.

O segundo capítulo aborda a pesquisa teórica sobre o tema da utilização do biodigestor na preservação dos mananciais d'água, através de estudo sobre os resultados alcançados por países que, desde longa data, empregam com eficácia o biodigestor. Em seguida, analisam-se os diversos tipos de biodigestor existentes, verificando-se as qualidades e defeitos de cada um e quais os mais indicados para serem adequados às condições climáticas de nosso país. Aspectos como custo de construção, adequação do tamanho do biodigestor em relação à área da propriedade rural e sistemas de alimentação de dejetos (contínua ou intermitente), são analisados minuciosamente, com vistas a elaborar um quadro completo das vantagens e desvantagens da instalação de cada tipo de biodigestor nas propriedades rurais. Ao final do capítulo, são analisadas as principais dificuldades encontradas pelos suinocultores na implementação de biodigestores em suas propriedades.

No terceiro capítulo, é apresentada a metodologia aplicada na pesquisa empírica, identificando os procedimentos metodológicos adotados, a natureza da pesquisa, suas características e a condução da mesma, além do tratamento dado aos dados coletados.

Os resultados da pesquisa empírica são analisados no quarto capítulo. Em um primeiro momento, buscou-se identificar a organização e o contexto em que se situam as propriedades suinocultoras do Estado do Paraná. Em seguida, foram abordadas as perspectivas dos suinocultores em relação aos reais benefícios que podem ser auferidos da instalação de biodigestores em suas propriedades.

No quinto capítulo surgem as considerações finais, resumindo as conclusões obtidas pelo presente estudo e apresentando recomendações para novos trabalhos que possam abordar o tema proposto.

Por fim, são apresentadas as referências que embasaram a realização deste trabalho e o apêndice contendo o questionário utilizado para a coleta de dados.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são apresentados as principais características, funções e modelos mais conhecidos de biodigestores, bem como as características específicas da biomassa, do biogás, e do biofertilizante, bem como as formas de utilização dos mesmos, além da descrição dos danos causados pelos dejetos suínos ao meio-ambiente. Descrevem-se, igualmente, as experiências com biodigestores em outros estados e países e examina-se a literatura sobre os biodigestores, colhendo dados para a discussão sobre a viabilidade dos biodigestores auxiliarem no combate à poluição por dejetos de suínos.

2.1 Caracterização e Funções dos Biodigestores

Neste item serão examinados aspectos dos biodigestores, como histórico, conceito e definição, modelos mais difundidos e características da biomassa, do biogás e do biofertilizante.

2.1.1 Breve História dos Biodigestores

Embora a primeira instalação operacional destinada a produzir gás combustível só tenha surgido na segunda metade do século XIX, o biogás já era conhecido desde há muito tempo, pois a produção de gás combustível a partir de resíduos orgânicos não é um processo novo. Já em 1776, o pesquisador italiano Alessandro Volta descobriu que o gás metano já existia incorporado ao chamado "gás dos pântanos", como resultado da decomposição de restos vegetais em ambientes confinados.

Em 1806, na Inglaterra, Humphrey Davy identificou um gás rico em carbono e dióxido de carbono, resultante da decomposição de dejetos animais em lugares úmidos. [...] Ao que parece, apenas em 1857, em Bombaim, Índia, foi construída a primeira instalação operacional destinada a produzir gás combustível, para um hospital de hansenianos. Nessa mesma época, pesquisadores como Fisher e Schrader, na Alemanha e Grayon, na França, entre outros, estabeleceram as bases teóricas e experimentais da biodigestão anaeróbia. Posteriormente, e, 1890, Donald Cameron projetou uma fossa séptica para a cidade de Exeter, Inglaterra, sendo o gás produzido utilizado para iluminação pública. Uma importante contribuição para o tratamento anaeróbio de esgotos residenciais foi feita por Karl Imhoff, na Alemanha, que, por volta de 1920, desenvolveu um tanque biodigestor, o tanque Imhoff, bastante difundido na época. (NOGUEIRA, 1986, p. 1-2)

Sganzerla (1983), p. 8) também aponta para Bombaim como o "berço" do biodigestor:

Pela literatura existente, o primeiro biodigestor posto em funcionamento regular na Índia foi no início deste século em Bombaim. Em 1950, Patel instalou, ainda na Índia, o primeiro Biodigestor de sistema contínuo. Na década de 60, Fry, um fazendeiro, desenvolveu pesquisas com biodigestores da África do Sul. (SGANZERLA, 1983, p. 8)

O primeiro digestor a batelada — o qual recebe carga total de biomassa e somente é esvaziado após a total conversão da biomassa em biofertilizante e biogás — foi, segundo Seixas et al (1980, p. 6-7), "posto em funcionamento regular em Bombaim, em 1900. Durante e depois da Segunda Grande Guerra, alemães e italianos, entre os povos mais atingidos pela devastação da guerra, desenvolveram técnicas para obter biogás de dejetos e restos de culturas".

Inegavelmente, a pesquisa e desenvolvimento de biodigestores desenvolveram-se muito na Índia, onde, em 1939, o Instituto Indiano de Pesquisa Agrícola, em Kanpur, desenvolveu a primeira usina de gás de esterco. Segundo Nogueira (1986), o sucesso obtido animou os indianos a continuarem as pesquisas, formando o Gobar Gás Institute (1950), comandado por Ram Bux Singh. Tais pesquisas resultaram em grande difusão da metodologia de biodigestores como forma de tratar os dejetos animais, obter biogás e ainda conservar o efeito fertilizante do produto final (biofertilizante). Foi esse trabalho pioneiro, realizado na região de Ajitmal (Norte da Índia), que permitiu a construção de quase meio milhão de unidades de biodigestão no interior daquele país.

A utilização do biogás, também conhecido como *gobar gás* (que em indiano significa gás de esterco), como fonte de energia motivou a China a adotar a tecnologia a partir de 1958, onde, até 1972, já haviam sido instalados 7,2 milhões de biodigestores na região do Rio Amarelo. Tal localização não é acidental, pois as condições climáticas da região a tornam propícias para a produção de biogás.

A partir da crise energética deflagrada em 1973, a utilização de biodigestores passou a ser uma opção adotada tanto por países ricos como países de Terceiro Mundo. Em nenhum deles, contudo, o uso dessa tecnologia alternativa foi ou é tão acentuada como na China e Índia.

O interesse da China pelo uso de biodigestores deveu-se, originalmente, a questões militares. Preocupada com a Guerra Fria, a China temeu que um ataque nuclear impediria toda e qualquer atividade econômica (principalmente industrial). Entretanto, com a pulverização de pequenas unidades biodigestoras ao longo do país, algumas poderiam escapar ao ataque inimigo.

Há pelo menos meio século, para os chineses, a implantação de biodigestores transformou-se em questão vital, incrustada em lógicas de política internacional. Um país continental, com excesso de população, a China buscou, durante os anos 50 e 60, no auge da Guerra Fria, por uma alternativa de descentralização energética. Baseavam-se em uma lógica simples. No caso de uma guerra que poderia significar a destruição quase total da civilização como a conhecemos — o ataque às centrais energéticas, como poderosas usinas hidroelétricas, representaria o fim de toda atividade econômica. Isso porque a energia deixaria de ser disponível nos grandes centros, mas naqueles pequenos centros, as pequenas unidades de biodigestão conseguiriam passar incólumes ao poder inimigo. A descentralização, portanto, implica em criar unidades suficientes nas pequenas vilas, vilarejos e regiões mais longínquas. Desnecessário dizer a razão pela qual os biodigestores fizeram parte da estratégia. (BARRERA, 1993, p. 17)

Hoje em dia, contudo, o motivo da manutenção e expansão do programa de biodigestores é bem mais simples e urgente. Como a China possui milhões de pessoas para alimentar, não é possível ou recomendável mecanizar a atividade agrícola em larga escala, pois o uso de tratores e demais implementos resultaria em um índice de desemprego rural alarmante, criando uma massa de trabalhadores ociosos e descontentes. Um perigo social e político nem um pouco desejável. Assim, o governo chinês optou pelo aproveitamento e

aperfeiçoamento de rudimentares técnicas de cultivo do solo, com os biodigestores desempenhando papel de destaque.

Já a Índia não pensava em guerras nucleares (convém lembrar que esta sempre fez parte do grupo dos países conhecidos como "não alinhados"). A fome e a falta de combustíveis fósseis é que motivaram o desenvolvimento da tecnologia dos biodigestores. Barrera (1993, p. 18) lembra que a Índia não é (ao contrário da China) auto-suficiente em petróleo, vendo-se obrigada a buscar soluções para alimentar as imensas populações marginalizadas pelo sistema de castas ainda não erradicado daquele país.

Encontram-se aí dois extremos da utilização de biodigestores. Chineses buscam, nessa tecnologia, o biofertilizante necessário para produção dos alimentos necessários ao seu excedente de população. A energia do biogás não conta muito frente à auto-suficiência em petróleo. Indianos, por seu turno, precisam dos biodigestores para cobrir o imenso déficit de energia. Com isso, foram desenvolvidos dois modelos diferentes de biodigestor: o modelo chinês, mais simples e econômico e o modelo indiano, mais sofisticado e técnico, para aproveitar melhor a produção de biogás.

Nos itens seguintes serão descritas, detalhadamente, as principais diferenças entre as tecnologias chinesa e indiana de biodigestores.

2.1.2 Definição de Biodigestor

Um biodigestor compõe-se, basicamente, de uma câmara fechada na qual uma biomassa (em geral detritos de animais) é fermentada anaerobicamente, isto é, sem a presença de ar. Como resultado desta fermentação ocorrem a liberação de biogás e a produção de biofertilizante. É possível, portanto, definir biodigestor como um aparelho destinado a conter a biomassa e seu produto: o biogás. Como definiu Barrera (1993, p. 11), "o biodigestor, como toda grande idéia, é genial por sua simplicidade". Tal aparelho, contudo, não produz o biogás, uma vez que sua função é fornecer as condições propícias para que

um grupo especial de bactérias, as metanogênicas, degrade o material orgânico, com a conseqüente liberação do gás metano.

Existem vários tipos de biodigestor, mas, em geral, todos são compostos, basicamente, de duas partes: um recipiente (tanque) para abrigar e permitir a digestão da biomassa, e o gasômetro (campânula), para armazenar o biogás.

Em relação ao abastecimento de biomassa, o biodigestor pode ser classificado como contínuo — abastecimento diário de biomassa —, com descarga proporcional à entrada de biomassa, ou intermitente, quando utiliza sua capacidade máxima de armazenamento de biomassa, retendo-a até a completa biodigestão. Então, retiram-se os restos da digestão e faz-se nova recarga. O modelo de abastecimento intermitente é mais indicado quando da utilização de materiais orgânicos de decomposição lenta e com longo período de produção, como no caso de palha ou forragem misturada a dejetos animais.

2.1.3 Os Modelos Chinês e Indiano de Biodigestor

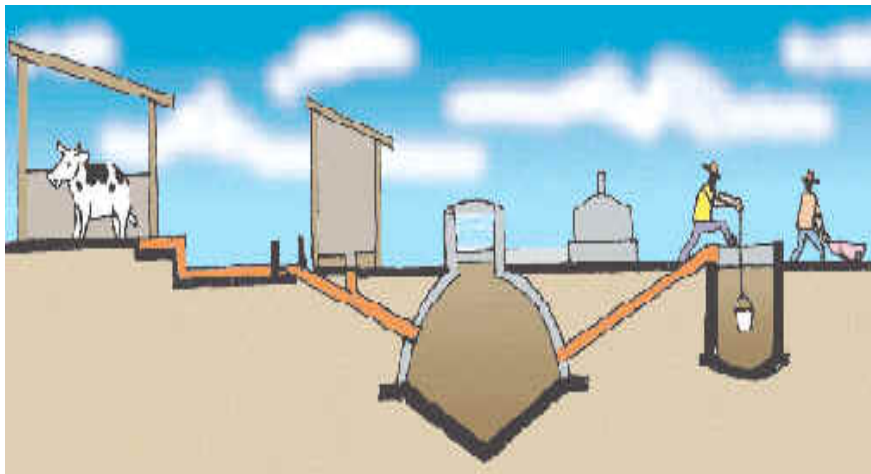
Dentre os biodigestores de sistema de abastecimento contínuo mais difundidos no Brasil estão os modelos chinês e indiano. O modelo chinês é mais rústico e completamente construído em alvenaria, ficando quase que totalmente enterrado no solo. Funciona, normalmente, com alta pressão, a qual varia em função da produção e consumo do biogás, destarte contar com uma câmara de regulagem, a qual lhe permitiria trabalhar com baixa pressão.

FIGURA 1: Biodigestor Tipo Indiano (Modelo Piloto)



Fonte: AVELLAR, L. H. N.; CARROCI, L. R.; SILVEIRA, J. L., 2003.

FIGURA 2 – Esquema de um Biodigestor Modelo Chinês



Fonte: Eco-Village, 2002.

Uma das maiores críticas feitas ao modelo chinês de biodigestor é a técnica requerida para sua construção. O trabalho, todo em alvenaria, requer um trabalho de pedreiro de primeira linha, pois os tijolos usados na construção da câmara onde a biomassa é digerida (e que é encimada pela câmara do gás), precisam ser assentados sem o concurso de escoramento. Utiliza-se uma técnica que emprega o próprio peso do tijolo para mantê-lo na posição necessária até que a argamassa seque. As paredes externas e internas precisam receber uma boa camada de impermeabilizante, como forma de impedir infiltrações de água (proveniente da água absorvida pelo solo durante as chuvas ou de algum lençol freático próximo) e trincas ou rachaduras.

Outra crítica diz respeito à oscilação da pressão de consumo. Um projeto de adaptação do modelo chinês às características brasileiras foi empreendido pela Universidade Católica de Goiás (em parceria com a Emater-GO), que construiu, em 1984, um protótipo em seu campus. As oscilações foram resolvidas com a utilização de uma simples válvula, a qual mantinha a pressão no nível desejado.

De acordo com os críticos mais severos do biodigestor tipo chinês, a grande restrição para seu uso entre nós era a oscilação da pressão de consumo, ora com pressões elevadas, ora com baixas pressões. Conforme as demais soluções encontradas, como impermeabilização e o processo construtivo, a obtenção de uma pressão constante no consumo deveria ser simples, acessível. Na saída dos butijões [sic] de gás em nossas casas, existe uma válvula reguladora de pressão que é do conhecimento geral. Exatamente um regulador de pressão do mesmo princípio, só que adaptado a pressões

mais baixas para o biogás, chegou à EMATER para ser testado. Coincidência, sim, em relação à época de teste no biodigestor da Universidade. O resultado foi excelente. Bastava uma válvula para garantir a mesma pressão, de 14 centímetros de coluna d'água, no consumo de todos os equipamentos [empregados no teste de consumo do biodigestor] — 02 lampiões, 02 fogões, 01 ferro de passar roupa e 01 geladeira. Desta forma, o último grande objetivo foi alcançado. (COSTA; SILVA; GOMES, 1985, p. 10-11)

O biogás fornecido pelo digestor modelo chinês é levado até o destino de consumo (normalmente o interior da residência, embora possa ser utilizado, por exemplo, para acionar ventiladores que mantenham a temperatura ideal em uma incubadeira de aves) por tubos e conexões soldáveis em PVC. A instalação do biodigestor deve ser feita sob a supervisão de pessoal capacitado na área de condução de gases. Tais profissionais podem ser encontrados, geralmente, com o auxílio da EMATER de cada Estado ou das cooperativas e associações pecuaristas (bovinocultores, suinocultores, avicultores, entre outros).

De acordo com Sganzerla (1983), o modelo indiano é o mais usado no Brasil devido à sua funcionalidade. Quando construído, apresenta o formato de um poço — que é o local onde ocorre a digestão da biomassa —, coberto por uma tampa cônica, isto é, pela campânula flutuante que controla a pressão do gás metano e permite a regulação da emissão do mesmo. Outra razão para sua maior difusão está no fato do outro modelo, o chinês, exigir a observação de muitos detalhes para sua construção.

É possível, tecnicamente, comparar a construção de um biodigestor com a de um forno. Sganzerla (1983) salienta que uma das vantagens do modelo indiano é a sua campânula flutuante, que permite manter a pressão de escape de biogás estável, não sendo necessário regular constantemente os aparelhos que utilizam o metano. Uma desvantagem, razoavelmente significativa, é o preço da construção da campânula, normalmente moldada em ferro. Este modelo oferece, em relação ao modelo chinês, algumas vantagens no momento da construção, pois pode ser adaptado ao clima local e ao tipo de solo. Não há necessidade de se estabelecer medidas fixas para o diâmetro e a profundidade, bastando que se observe a relação de capacidade do tanque digestor e da campânula.

Em função da variabilidade do solo (profundidade dos lençóis freáticos próximos) é possível alterar a profundidade do biodigestor em função do diâmetro. Assim, quanto menor a profundidade maior deverá ser o diâmetro, e vice-versa. Sganzerla (1983) lembra que o tanque de digestão pode, inclusive, ser construído acima do nível do terreno, contanto que a facilidade de abastecimento não fique dificultada. Reside aí uma das grandes vantagens do modelo indiano sobre o chinês, uma vez que este necessita observar medidas que se relacionam entre si (profundidade e diâmetro), o que pode inviabilizar sua instalação quando o solo for pedregoso e/ou encharcado. O biodigestor indiano, por sua vez, pode ser construído em clima frio/temperado ou mesmo tropical, bastando alterar a relação diâmetro-profundidade do mesmo. A variação da capacidade de produção do biodigestor em função da relação profundidade X diâmetro do mesmo pode ser verificada nas Tabelas 1 e 2.

TABELA 1 - BIODIGESTORES COM POUCA PROFUNDIDADE

Capacidade do Tanque Digestor (em m ³)	Dimensões do Tanque Digestor (diâmetro x m)	1.3.1 Dimensões da Campânula	
		Clima Frio/Temperado (diâmetro X m)	Clima Tropical (diâmetro X m)
8m ³	2,00 x 2,60	1,80 x 1,10	1,80 x 2,30
10 m ³	2,20 x 2,70	2,00 x 1,10	2,00 x 2,50
12 m ³	2,35 x 2,80	2,15 x 1,10	2,15 x 2,50
15 m ³	2,53 x 3,00	2,33 x 1,20	2,33 x 2,50
18 m ³	2,70 x 3,15	2,50 x 1,20	2,50 x 2,60
Relação Biomassa/Biogás		2,4: 1 m ³	1: 1 m ³

Fonte: SGANZERLA, 1983, p. 42.

TABELA 2 - BIODIGESTORES COM MAIOR PROFUNDIDADE

Capacidade do Tanque Digestor (em m ³)	Tanque Digestor (diâmetro X m)	1.3.2 Dimensões da Campânula	
		Clima Frio/Temperado (diâmetro X m)	Clima tropical (diâmetro X m)
8m ³	1,70 x 3,60	1,50 x 1,50	1,50 x 3,30
10 m ³	1,85 x 3,80	1,65 x 1,50	1,65 x 3,40
12 m ³	1,97 x 4,00	1,77 x 1,55	1,77 x 3,55
15 m ³	2,10 x 4,40	1,90 x 1,60	1,90 x 3,80
18 m ³	2,20 x 4,80	2,00 x 1,75	2,00 x 4,10
Relação Biomassa/Biogás		2,4: 1 m ³	1: 1 m ³

Fonte: SGANZERLA, 1983, p. 43.

Como demonstram as Tabelas 1 e 2, a adaptação das dimensões dos biodigestores a regiões de clima quente ou frio não é um grande entrave, uma vez que basta apenas ajustar-lhes o diâmetro e a profundidade. Assim é que, em uma região de clima frio ou temperado, a produção do biodigestor obedece à relação 2,4 m³ de matéria orgânica (biomassa) por m³ de biogás, ao passo que, em clima tropical, a relação passa a ser de 1 m³ de biomassa para 1m³ de biogás. A diferença nas relações biomassa/biogás demonstra que biodigestores instalados em clima temperado ou frio necessitam utilizar maior quantidade de matéria orgânica (quase duas vezes e meia a quantidade em clima tropical) para produzir a mesma quantidade de biogás que um instalado em clima tropical.

A desvantagem mencionada acima pode ser totalmente superada, ainda segundo Sganzerla (1983), quando se instala um sistema de aquecimento da água a ser misturada à biomassa. Tal aquecimento pode ser provido pela própria energia do biogás, ou, utilizando-se a energia solar. Com esse aquecimento da água, a necessidade de biomassa alcança (ou pelo menos se aproxima bastante) da relação de 1:1 metros cúbicos.

Não se deve esquecer que a campânula que cobrirá a parte superior do biodigestor (no caso do modelo indiano) deverá acompanhar as alterações da relação diâmetro/profundidade para garantir uma perfeita vedação do aparelho.

2.1.4 Comparação entre os Biodigestores Modelo Chinês e Indiano

A Tabela 3, a seguir, efetua uma comparação entre as características gerais dos modelos chinês e indiano de biodigestores, como forma de esclarecer melhor as vantagens e desvantagens de cada um.

TABELA 3 - COMPARAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS DE CONSTRUÇÃO

SISTEMA CHINÊS	SISTEMA INDIANO
MATERIAIS	
Tijolo, pedra, concreto, areia, cimento, ferro.	
SISTEMA	
Abastecimento periódico, esvaziamento não-periódico.	Abastecimento e esvaziamento periódicos.
POSSIBILIDADE DE AUTO-INSTALAÇÃO	

Pode ser montado inteiramente pelo usuário, desde que tenha bastante habilidade como pedreiro.	Pode ser montado pelo usuário, mas a câmara de gás deve ser feita em oficina metalúrgica.
ISOLAMENTO TÉRMICO	
Feito dentro da terra, tem bom isolamento natural e a temperatura é mais ou menos constante. Pode-se melhorar o isolamento fazendo o biodigestor sob currais ou estábulos.	Tem perdas de calor pela câmara de gás metálica, difícil de isolar, menos indicado para climas frios.
PERDAS DE GÁS	
A parte superior deve ser protegida com materiais impermeáveis e não-porosos; difícil obter construção estanque.	Sem problemas.
MATÉRIAS-PRIMAS USADAS	
Esterco e outros restos orgânicos (incluindo materiais fibroso), excrementos humanos.	Esterco, excrementos e materiais fibrosos acrescentados como aditivo.
SISTEMA CHINÊS	SISTEMA INDIANO
PRODUTIVIDADE	
Tempo de digestão 40-60 dias; produção de 150 a 350l por m ³ do volume do digestor/dia. Se for perfeitamente estanque pode produzir até 600 l/m ³ /dia	Tempo de digestão 40-60 dias, produção 400 a 600 l/m ³ /dia.
MANUTENÇÃO	
Deve ser limpadado uma ou duas vezes por ano.	A câmara de gás deve ser pintada uma vez por ano.
CUSTO	
Razoável se for possível a ajuda mútua.	Mais caro (depende do custo da campânula).
MELHORIAS POSSÍVEIS	
Abóbada impermeável, adoção de agitadores, montagem de aquecimento.	Campânula inoxidável, melhoria no isolamento térmico da mesma.

Fonte: BARRERA, Paulo, 1993.

Barrera (1993, p. 18-19) considera que "a produção de biofertilizante é a mesma nos dois modelos. Tecnicamente, para as condições climáticas da maior parte do Brasil, a menor capacidade de aproveitamento da produção de gás do modelo chinês é insignificante. Por isso, os órgãos brasileiros de extensão rural optaram pelo modelo chinês, dadas as suas facilidades de construção e tecnologia mais simples."

Uma vez estabelecidas as razões para escolha do modelo, é possível apresentar as especificações necessárias para a instalação e funcionamento do digestor chinês em propriedades rurais paranaenses.

2.1.5 Materiais, Dimensões e Volume de Carga do Biodigestor

Para decidir as características do biodigestor proposto por este projeto, alguns fatores tiveram de ser tomados em consideração, como forma de garantir que o biodigestor escolhido cumpra seus objetivos a contento quando instalado.

Pesquisou-se, por exemplo, a amplitude térmica média da região-alvo, descobrindo-se que a mesma oscila entre 19 e 20 °C. Isto se deve ao fato de — em regiões onde a temperatura média fica abaixo dos 20 °C — ser necessário aquecer a água a ser misturada aos dejetos, a fim de manter a capacidade de operação das bactérias anaeróbicas presentes no interior da câmara de digestão. Convém, contudo, verificar quais os valores máximos e mínimos da temperatura no local de construção do biodigestor (um local próximo a florestas ou outros adensamentos vegetais apresenta, em geral, temperaturas mais baixas), embora não seja necessária uma grande precisão nestes valores.

O fato de o biodigestor modelo chinês possuir a maior parte de sua estrutura sob o solo, já auxilia a manter a temperatura na câmara de fermentação elevada. Contudo, mesmo se a temperatura exigir o aquecimento da água de homogeneização dos detritos, isso pode ser feito empregando-se um tambor (plástico ou metal) pintado de preto, o que o fará absorver melhor o calor do sol e aquecer a água. Além disso, pode ser utilizada a própria energia do biogás para o aquecimento requerido. Esta opção, entretanto, é pouco recomendada, pois acaba consumindo aproximadamente um terço da energia produzida pelo aparelho.

O efeito da temperatura sobre a biodigestão anaeróbica é significativo, tendo sido suficientemente detalhada no segundo capítulo. Consegue-se produtividades bem maiores pela operação em faixas adequadas de temperatura, o que justifica a preocupação em aquecer os biodigestores. Isto é particularmente importante para os locais com períodos longos de baixas temperaturas, nas regiões serranas e zonas temperadas do Brasil, e ainda para um local quente, pela disponibilidade de calor residual de alguma fonte aquecer o biodigestor e operá-lo na faixa termofílica, cuja produtividade é bem maior. As principais formas de aquecer um biodigestor são: recircular a biomassa através de um trocador de calor externo, passar água aquecida em serpentinas dentro do biodigestor, aquecer as paredes do biodigestor e injetar diretamente vapor. Estes métodos foram colocados na ordem de frequência de seu uso, sendo os dois últimos pouco adotados. [...] Os biodigestores a ser aquecidos

deverão ser projetados para a menor área superficial possível. O solo é um bom isolante e estabilizador térmico, razão pela qual os biodigestores devem ser enterrados. Quando se emprega o próprio biogás para aquecimento do biodigestor, usualmente se consome um terço da energia total produzida. Todas estas considerações devem ser feitas para um projeto otimizado, já que impõem alguma complexidade na construção e operação. (NOGUEIRA, 1986, p. 64).

Devido à busca da simplicidade de operação, os biodigestores projetados para uso rural devem evitar, se possível, o aquecimento externo. Um biodigestor chinês instalado em Toledo-PR (região de clima temperado) deverá, portanto, ter a maior parte de sua estrutura contida abaixo do solo, e recorrer ao aquecimento da água de homogeneização pela ação solar sobre um recipiente (tambor) de cor escura.

Outro detalhe importante é a necessidade de efetuar uma análise acurada do tipo de biomassa a ser empregado na biodigestão. A razão para isso é que os dejetos de animais não devem conter restos de antibióticos (convém isolar o animal ou animais sob tratamento para evitar a coleta de seus dejetos) e os restos de culturas vegetais devem ser livres de agrotóxicos ou outros aditivos químicos, uma vez que tais substâncias são bactericidas, podendo mesmo parar completamente a produção de biogás. Esta análise, naturalmente, deverá ser feita pelo proprietário rural, decidindo, se for o caso, pelo afastamento dos animais sob tratamento de antibióticos, até que não haja perigo para a cultura bacteriana.

Em relação aos materiais empregados na construção do biodigestor proposto pela dissertação, estes se resumem a cimento, tijolos, areia, pedra brita, barras de ferro, tubos de PVC e canos galvanizados. Para calcular os custos com tais materiais foi realizada pesquisa junto a três empresas de materiais de construção de renome na cidade de Curitiba: Balarotti – Materiais de Construção, Casa Nichele e M. Baggio – Materiais de construção. Na tabela 4, encontram-se os custos unitários de cada material segundo orçamento de cada empresa.

TABELA 4 — CUSTOS COM MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

Material (Unidade)	BALAROTTI	NICHELE	M. BAGGIO	MÉDIA
Saco de Cimento (50 Kg)	R\$ 13,75	R\$13,98	R\$13,88	R\$ 13,87
Tijolo 2 furos (milheiro)	R\$ 98,00	R\$ 96,00	R\$ 96,00	R\$ 96,66

Areia Média lavada (m ³)	R\$24,75	R\$ 23,90	R\$ 23,50	R\$ 24,05
Pedra Brita (m ³)	R\$ 28,59	R\$ 21,70	R\$ 23,50	R\$ 24,59
Vedacit (3,6 l)	R\$ 10,78	R\$ 11,60	R\$ 11,30	R\$ 11,22
Barras de Ferro ¼" (12 m)	R\$ 5,67	R\$ 5,49	R\$ 7,49	R\$ 6,22
Tubos de PVC (150 mm) Barras de 6 m	R\$ 69,88	R\$ 71,45	R\$ 73,60	R\$ 71,64
Cano Galvanizado 1" (barras de 12 m)	R\$ 37,50	R\$ 45,60	R\$ 49,97	R\$ 44,35

Fonte: Pesquisa de Campo — Set/Out. 2002.

Como as empresas de materiais de construção não trabalham com ferro galvanizado, foi necessário pesquisar três empresas especializadas no ramo: Pavin, Pavin; Casas D'água e Ductifer. Na penúltima linha da Tabela 13 encontram-se os valores unitários de cada empresa para a barra de 6m de cano de ferro galvanizado.

As dimensões adequadas ao biodigestor modelo chinês proposto, adaptadas de Costa; Silva; Gomes (1983, p 44), são as seguintes:

- a) Raio da Cúpula (r1) — 1,66 m;
- b) Altura sobre a laje para fixação do gabarito — 1,22 m;
- c) Raio da escavação do Cilindro (R) — 1,58 m;
- d) Profundidade da escavação do Cilindro (P) — 2,9 m;
- e) Raio interno do Cilindro (r2) — 1,45 m;
- f) Altura do Cilindro (h2) — 2,03 m;
- g) Profundidade de escavação do degrau superior da Caixa de Descarga (PS) — 1,31 m;
- h) Profundidade de escavação do degrau inferior da Caixa de Descarga (PI) — 2,41 m;
- i) Desnível do degrau inferior da Caixa de Descarga (DDI) — 0,49 m;
- j) Raio de escavação da Caixa de Carga (RCC) — 0,61 m;
- k) Profundidade de escavação da Caixa de Carga (PCC) — 0,20 m;
- l) Altura da Caixa de Carga (HCC) — 0,70 m.

Os diagramas que mostram as etapas de construção do biodigestor podem ser encontrados nos diversos trabalhos que abordam o assunto, como Barrera

(1983), Costa; Silva; Gomes (1985), Sganzerla (1981) e Seixas (1980), entre outros. Além disso, um pedreiro experiente não terá maiores dificuldades para seguir as indicações acima. Se, contudo, surgirem dúvidas cruciais, o produtor rural pode sempre apelar para a orientação dos técnicos da Emater-PR ou da cooperativa/associação de suinocultores à qual esteja filiado.

Os materiais exigidos para a construção do biodigestor — planejado de acordo com as dimensões dispostas acima — se encontram detalhados na Tabela 5, juntamente com o custo previsto para as quantidades totais previstas. Os custos foram definidos com base nos dados da Tabela 4.

TABELA 5 – MATERIAIS/CUSTOS DE CONSTRUÇÃO DO BIODIGESTOR

Materiais de Construção	Quantidade	Custo Unitário	Custo Total
Cimento Votoran (saco de 50 Kg)	36	R\$ 13,87	R\$ 499,32
Tijolo de Dois Furos (Milheiro)	5	R\$ 96,66	R\$ 483,30
Areia Lavada Média (m ³)	6	R\$ 24,05	R\$ 144,30
Pedra Brita nº 1 (m ³)	2	R\$ 24,59	R\$ 49,18
Vedacit (Frasco com 3,6 L)	7	R\$ 11,22	R\$ 78,54
Barra de Ferro ¼" (barra de 12 m)	4	R\$ 7,49	R\$ 29,96
Tubo PVC 150 mm (tubo de 6 m)	1 (hum)	R\$ 73,60	R\$ 73,60
Cano de Ferro Galvanizado 1" (m)	1 (hum)	R\$ 49,97	R\$ 49,97
Total dos Custos	————	————	R\$ 1.408,17

Fonte: Pesquisa de Campo — Set/Out. 2002.

Este total de R\$ 1.408,17 não inclui gastos com pagamento de frete, mão-de-obra qualificada (pedreiro) para construção do biodigestor, ou preparação do local onde o mesmo será erigido. Seria temerário especular o impacto final que tais gastos representariam no preço final do aparelho, uma vez que os mesmos dependem de uma série de fatores, como a negociação de valores com o pedreiro encarregado da construção do digestor ou a distância da propriedade rural à loja de materiais de construção. Deve ser considerado também o fato da pesquisa de preços ter sido feita na capital paranaense, podendo a diferença para com os preços praticados na região de Toledo (PR) ser significativa.

Entretanto, mesmo que o preço final de construção do biodigestor dobrasse — o que representaria um total final de R\$ 2.816,34 — ou triplicasse (custo final de R\$ 4.224,51), isto ainda não representaria um gasto excessivo se comparado a uma multa do IBAMA por poluição do meio ambiente. Convém lembrar que as leis sobre poluição do solo e, principalmente, da água, estão cada vez mais severas e, mais importante, sendo aplicadas com rigor. Além disso, a compra dos materiais citados anteriormente, bem como a própria contratação da mão-de-obra podem ser feitas em prestações, o que auxilia muito a diminuir o impacto do investimento inicial.

Da mesma forma, não foi possível incluir no cálculo final da implantação do biodigestor os gastos com a adaptação de eletrodomésticos e/ou motores e/ou incubadoras para aves (pintos), pois o preço de tais adaptações dependerá da taxa praticada na região de Toledo-PR. Não se pode considerar, contudo, que o preço se eleve muito acima do previsto acima.

De qualquer forma, o preço de instalação de um biodigestor não demonstra ser tão oneroso ao orçamento de uma propriedade suinocultora, especialmente se a compra de materiais e a contratação de mão-de-obra especializada (pedreiro e um técnico da EMBRAPA ou IAP) forem feitas com inteligência.

O biodigestor modelo deverá produzir 4,20 m³/dia de biogás, atendendo as necessidades básicas de quatro pessoas. Segundo Costa, Silva e Gomes (1985, p. 37), "no caso de uma família de cinco pessoas, usando o gás para atender às necessidades de cozimento, ferro de passar roupa, geladeira e iluminação, a reserva útil deve ser igual a 941 litros, quando se dispõe de um biodigestor com produção diária de 5m³ (5000 litros)". Portanto, o biodigestor modelo é amplamente viável para 4 pessoas.

2.2 O Combustível do Biodigestor: a Biomassa

Por biomassa denominam-se quaisquer materiais passíveis de serem decompostos por causas biológicas, ou seja, pela ação de diferentes tipos de bactérias. A biomassa decomposta sob a ação de bactérias metanogênicas

(produtoras de metano) produz biogás em maior ou menor quantidade, em virtude de diversos fatores: temperatura, nível de pH, relação Carbono/Nitrogênio, presença ou não de oxigênio, nível de umidade, quantidade de bactérias X volume de biomassa, entre outros.

A matéria orgânica a ser decomposta existe em quantidades abundantes, em todos os lugares do planeta. Seja nas cidades, seja nos campos ou nas regiões litorâneas, existindo grande concentração de seres vivos (tanto vegetais como animais) haverá uma quantidade significativa de biomassa. "Constrange pensar que, enquanto é usado o gás que vem do Oriente nas fazendas goianas, há a matéria-prima a poucos passos de cada cozinha." (COSTA; SILVA; GOMES, 1985, p. 11)

Uma vez que o objeto de estudo desta dissertação é a produção de biogás e biofertilizante a partir dos dejetos de suínos, estes serão considerados a matéria-prima a ser utilizada pelos biodigestores mencionados ao longo da pesquisa. Evidentemente, dejetos de outros animais (bovinos, caprinos, muares, bufalinos, aves) podem ser utilizados, sendo que alguns podem apresentar um rendimento maior, em determinados aspectos, ao de origem suína. Cada caso, porém, deve ser analisado com muito cuidado, pois, apenas como exemplo, os dejetos oriundos de aves podem conter certos níveis de resíduos de antibióticos. Tais resíduos, quando acondicionados no interior dos biodigestores podem diminuir a produção do biogás ou mesmo reduzir ou destruir completamente a população de bactérias metanogênicas, devido à sua ação bactericida.

Para Seixas et al. (1980), o passo seguinte a ser tomado após a escolha do modelo de biodigestor deve ser a análise da quantidade de biomassa que estará disponível para utilização. Só assim será possível calcular, com precisão, a capacidade real de produção de biogás após ser instalado o biodigestor. O nível de consumo diário de biogás para a atividade a que o mesmo está destinado constitui-se em outra variável muito importante a se levar em conta, quando da definição acerca das dimensões do equipamento.

De acordo com Oliveira (1994, p. 27-40), as observações dos técnicos das cooperativas e associações de criadores de animais, bem como dos

especialistas dos órgãos ligados ao ministério da Agricultura, levaram à conclusão de que um animal qualquer produz, em média, em torno de 19 gramas de dejetos por cada quilo de peso do animal, durante um período de 24 horas. Com base nestes dados, torna-se mais fácil calcular a quantidade (média) de estrume produzida pelo animal diariamente. É só multiplicar o peso do animal vivo por 0,019. Assim, tomando-se como exemplo um bovino com peso de 500 kg, basta multiplicar 500 x 0,019, o que resultará numa produção média de 10 kg de esterco por dia. A tabela 6 demonstra a produção média diária de dejetos de um animal adulto:

TABELA 6 - PRODUÇÃO DIÁRIA DE DEJETOS POR ANIMAL ADULTO

1.3.3 TIPO DE ANIMAL	MÉDIA DE PRODUÇÃO DE DEJETOS (em Kg por dia)
Bovino	10,00
Suíno	2,25
Galinha	0,18
Ovino	2,80
Eqüino	10,00

Fonte: SGANZERLA, 1983, p. 12.

Sganzerla (1983) esclarece que os dejetos de bovinos apresentam a característica de propiciar a rápida proliferação das bactérias metanogênicas, apresentando produção de biogás em menor espaço de tempo que os dejetos de outros animais e recomenda que, sempre que possível, a primeira carga de biomassa nos biodigestores, seja de esterco bovino, pois este fornecerá, rapidamente, a quantidade necessária de bactérias metanogênicas que irão digerir os dejetos de outros animais a serem adicionados na seqüência.

Como a ser visto na Tabela 7, os dejetos de suínos apresentam uma grande capacidade de produção de biogás, superior aos de aves, e muito próximo dos de ovinos, perdendo apenas para bovinos e eqüinos, que são, de longe, os que apresentam maior capacidade de produção de biogás. Uma das dificuldades principais na utilização do estrume de suínos é que seu processo de fermentação é mais lento que os dos demais.

TABELA 7 – EXPECTATIVA DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS POR BIOMASSA

BIOMASSA UTILIZADA (DEJETOS)	PRODUÇÃO DE BIOGÁS (a partir de material seco em m³ por tonelada)	PERCENTUAL DE GÁS METANO PRODUZIDO
Bovinos	270	55%
Suínos	560	50%
Eqüinos	260	Variável
Ovinos	250	50%
Aves	285	Variável

Fonte: SGANZERLA, Edílio. 1983, p. 13.

Examinando-se os dados da Tabela 7 percebe-se que cada biomassa produz quantidades diferentes de biogás, bem como de concentrações de metano. Nota-se, também, que os dejetos suínos são a biomassa com melhor rendimento biogás/tonelada, cerca de 560 m³ de biogás, e apresentando um ótimo nível de gás metano (50%). Apenas como comparação, convém notar que os dejetos de bovinos produzem apenas 270 m³ de biogás/tonelada, sendo o índice de presença de metano neste biogás de 55%, ou seja, apenas 5% a mais que o índice alcançado pelo estrume de suínos. Esta excelente produção de biogás a partir de dejetos suínos é o fator que melhor compensa a demora destes dejetos em começar a produção de biogás, além da presença de grande quantidade inicial de gás carbônico em relação ao nível de metano.

Oliveira (1994) adverte que nas primeiras semanas a quantidade de gás carbônico é bem superior à do metano embora, aos poucos, tal desproporção acabe desaparecendo. Convém manter em mente, o fato de que a produção de biogás, a partir de dejetos suínos, varia não só em função da relação Carbono/Nitrogênio encontrada nos dejetos de cada animal, mas também das condições que cada um oferece para a proliferação bacteriológica. Por essa razão, muitos biodigestores, ditos de alimentação intermitente, são projetados a fim de reter a biomassa em seu tanque digestor por um período aproximado de 60 dias, que é quanto demora a produção de biogás por tais biomassas.

2.3 Produção, Características e Utilização do Biogás

Produto da ação digestiva das bactérias metanogênicas, o biogás é composto, principalmente, por gás Carbônico (CO_2) e Metano (CH_4), embora apresente traços de Nitrogênio (N), Hidrogênio (H) e gás Sulfídrico (H_2S). Ele se forma através da decomposição de matéria orgânica (biomassa) em condições anaeróbicas.

Segundo Seixas (1980), a decomposição anaeróbica desenvolve-se ao longo de três fases distintas:

a) Período de hidrólise — ocorre a liberação, pelas bactérias, no meio anaeróbico, de enzimas extracelulares, que causam a hidrólise das partículas orgânicas, transformando as moléculas em moléculas menores e solúveis ao meio.

b) Período de acidulação — como o próprio nome indica, nesta fase as bactérias produtoras de ácidos degradam moléculas de proteínas, gorduras e carboidratos em ácidos orgânicos (como ácido láctico e butílico), álcool, como o etanol, e gases, como amônia, hidrogênio e dióxido de carbono, entre outros.

c) Período de metanogênese — aqui as bactérias metanogênicas agem sobre o hidrogênio e o dióxido de carbono, transformando-os em álcool (metanol).

É comum ocorrer uma diminuição na velocidade da cadeia de reações, pois as bactérias acabam ficando isoladas do meio em digestão devido à presença de microbolhas de metano e/ou dióxido de carbono que permanecem em torno das mesmas, isolando-as do contato com a biomassa. Por essa razão, cada biodigestor deve possuir um mecanismo para agitação do meio em digestão (através, por exemplo, de movimentos giratórios do gasômetro), o que provoca o desprendimento destas bolhas em direção à câmara do gás, liberando as bactérias para a continuidade de seu trabalho de degradação orgânica.

Seixas (1980) ressalta, ainda, que para a produção de biogás ser satisfatória devem ser atendidos os critérios essenciais de sustentação de vida dos microorganismos anaeróbios (bactérias), como a impermeabilidade do meio metagênico ao contato com o ar atmosférico, temperatura adequada,

quantidade suficiente de nutrientes orgânicos, ausência de substâncias tóxicas aos organismos anaeróbicos e teor de água adequado.

Reis (1991) lembra que as atividades biológicas dos microorganismos anaeróbicos, seu desenvolvimento, reprodução e metabolismo, prescindem da presença de oxigênio, o qual, dependendo do tempo de exposição dos microorganismos lhes é fatal. Sabe-se que a decomposição de biomassa em contato com o oxigênio produz dióxido de carbono (CO₂), enquanto que, na ausência de ar (e, portanto, oxigênio) é produzido o gás metano. Qualquer falha na vedação do biodigestor inibe, quando não inviabiliza, a produção de biogás.

Indubitavelmente, a temperatura encontrada no interior da câmara de digestão afeta significativamente a produção de biogás, uma vez que os microorganismos metanogênicos são extremamente sensíveis a alterações bruscas de temperatura. Devido a isso, Costa, Silva e Gomes (1985) aconselham que a escolha do terreno para a instalação do biodigestor e os processos de impermeabilização e vedação (reboco) das paredes do aparelho sejam cuidadosamente executados, a fim de assegurar uma temperatura relativamente estável.

Os nutrientes mais importantes para a vida dos microorganismos são o carbono, o nitrogênio e alguns sais orgânicos. A proporção de carbono em relação ao nitrogênio na biomassa com que se carrega o biodigestor deve ser mantida entre 20:1 e 30:1. O nitrogênio se encontra em grande quantidade nos dejetos animais, ao passo que os polímeros presentes nos restos de culturas (palha ou forragem) são os principais fornecedores de carbono. Isto explica por que a produção de biogás não pode ser bem sucedida se apenas uma fonte de material orgânico for utilizada.

O teor de água deve normalmente situar-se em torno de 90% do peso do conteúdo total. O excesso ou a falta de água é igualmente prejudicial à produção de biogás. As características específicas das matérias-primas a serem fermentadas devem ditar o teor de água presente na mistura.

É simplesmente impossível impedir que determinados elementos prejudiciais aos microorganismos adentrem o biodigestor, dissolvidos na

mistura da biomassa. Entretanto, certos elementos, como NaCl, Cu, Cr, NH₃, K, Ca, Mg e Ni, não representam uma grande ameaça se suas concentrações estiverem muito diluídas. A presença destas substâncias pode ser evitada ou minimizada se for feito um estudo criterioso da alimentação dos animais, que contribuem para a formação da biomassa. Alguns tipos de ração podem conter altos teores de alguns desses elementos, e uma simples mudança na dieta dos animais pode ser a solução do problema. O exame da água a ser misturada com a matéria orgânica também é uma medida apreciada para evitar que substâncias nocivas à vida dos microorganismos sejam adicionadas à biomassa, que abastece a câmara de digestão.

Quando as especificações de qualidade de vida dos microorganismos são atendidas, o biogás obtido deve, segundo Seixas et al (1980), ser composto de uma mistura de gases, com cerca de 60 ou 65% do volume total consistindo em metano, enquanto os 35 ou 40% restantes consistem, principalmente, em gás carbônico, e quantidades menores de outros gases. Naturalmente, a composição do biogás varia de acordo com o tipo e quantidade de biomassa empregada, os fatores climáticos e as dimensões do biodigestor, entre outros, mas a composição básica não deve variar significativamente, devendo apresentar a composição descrita na Tabela 8.

TABELA 8 - COMPOSIÇÃO MÉDIA DO BIOGÁS

1.3.4 TIPO DE GÁS	1.3.5 COMPOSIÇÃO DO BIOGÁS EM %
Metano (CH ₄)	60 a 70
Gás Carbônico (CO ₂)	30 a 40
Nitrogênio (N)	Traços
Hidrogênio (H)	Traços
Gás Sulfídrico (H ₂ S)	Traços

Fonte: SGANZERLA, 1983, p. 10.

O metano, principal componente do biogás, é um gás incolor, inodoro, altamente combustível. Sua combustão apresenta uma chama azul-lilás e, às vezes, com pequenas manchas vermelhas. Não produz fuligem e seu índice de poluição atmosférico é inferior ao do butano, presente no gás de cozinha.

O Biogás é um gás inflamável produzido por microorganismos quando matérias orgânicas são fermentadas dentro de determinados limites de temperatura, teor de umidade e acidez, em um ambiente impermeável ao ar. O metano, principal

componente do biogás, não tem cheiro, cor ou sabor, mas os outros gases presentes conferem-lhe um ligeiro odor de alho ou de ovo podre. O peso do metano é pouco mais da metade do peso do ar, ou seja: 1 m³ de metano/1 m³ de ar equivale a 0,716 kg/1,293 kg, ou seja, 0,554 kg. (BARRERA, 1993, p. 9)

É esta percentagem de metano que confere ao biogás um alto poder calorífico, o qual varia de 5.000 a 7.000 kcal por metro cúbico, e que, submetido a um alto índice de purificação, pode gerar um índice de até 12.000 kcal por metro cúbico.

Torna-se interessante comparar a capacidade calorífica do biogás com outras fontes energéticas encontradas na natureza. É o que mostram as tabelas 9 e 10, embora existam certas discrepâncias entre os dados apontados por uma e outra.

TABELA 9 - COMPARAÇÃO ENTRE O BIOGÁS E OUTROS COMBUSTÍVEIS

Combustíveis	1m³ de biogás equivale a
Gasolina	0,613 litros
Querosene	0,579 litros
Óleo diesel	0,553 litros
Gás de cozinha (GLP)	0,454 litros
Lenha	1,536 Kg
Álcool hidratado	0,790 litros
Eletricidade	1,428 kw

Fonte: BARRERA, 1993, p. 10.

Apesar destes dados apresentarem pequenas divergências, causadas, possivelmente, por diferenças na produção do biogás, devido à utilização de biodigestores adaptados a diferentes regiões do Brasil, fica claro, tanto em uma como em outra tabela, a capacidade calorífica do biogás.

TABELA 10 - EQUIVALÊNCIA ENTRE O BIOGÁS E OUTROS COMBUSTÍVEIS

COMBUSTÍVEIS	1M³ DE BIOGÁS EQUIVALE A
Gasolina	0,321 litros
Querosene	0,342 litros
Óleo diesel	0,358 litros
Gás de cozinha (GLP)	0,396 kg
Lenha	1,450 kg

Fonte: FUNDAÇÃO, p. 9, 1982.

Outro dado importante a ser computado na análise da capacidade calorífica do biogás: enquanto um barril de petróleo custa aproximadamente US\$ 21,57 [valor em maio de 2002], um metro cúbico de biogás apresenta um custo mínimo. Um metro cúbico de biogás, oriundo de um biodigestor corretamente instalado e operado, custa bem menos ao produtor; pois a matéria-prima para a produção do biogás representa apenas o custo normal, que o criador tem de manter o animal vivo e saudável (vacinas, rações, estrebarias, pocilgas).

TABELA 11 - CAPACIDADE DE GERAÇÃO DE 1m³ DE BIOGÁS

MATERIAL	QUANTIDADE
Esterco fresco de vaca	25 kg
Esterco de suíno	12 kg
Esterco seco de galinha	5 kg
Resíduos vegetais	25 kg
Lixo	20 kg

Fonte: BARRERA, Paulo. **Biodigestores**: energia, fertilidade e saneamento para a zona rural. São Paulo: Ícone, 1993, p. 11.

Examinando os dados da Tabela 11 percebe-se que, no caso dos dejetos suínos como matéria-prima, a produção de 1m³ de biogás requer somente 12 kg de dejetos suínos. Assim sendo, se um suíno produz cerca de 2,25 kg de dejetos/dia, são necessários cerca de 5 animais para a produção de 12 kg/diários de dejetos, com conseqüente produção de 1m³ de biogás.

2.3.1 Benefícios do Biogás para a Propriedade Suinocultora

Quais os benefícios que a instalação de um biodigestor pode trazer a uma pequena propriedade rural? Em que atividades podem ser utilizados o biogás e o biofertilizante?

Em primeiro lugar, a utilização do biogás reduz, quando não acaba, com a necessidade de retirar lenha das matas próximas à residência rural. Com isso, não ocorrem velhos problemas muito comuns nas regiões rurais, como a erosão do solo, a proliferação de pragas da lavoura em virtude da extinção de predadores naturais que vivem nas matas, descontrole do nível de chuvas devido à maior evaporação de água proveniente da retirada das matas que atuam como "cobertor térmico" para o solo, destruição da fauna e flora dessas matas, entre outros. Além dessa preservação, o uso de biodigestores

acaba estimulando a agricultura, ao realizar a devolução de produtos vegetais ao solo e aumentar o volume e a qualidade de adubo orgânico (através do biofertilizante). (USP, 2001)

Costa, Silva e Gomes (1985, p. 11) lembram que a utilização do biogás acaba eliminando os custos relativos ao transporte de bujões de gás (GLP) desde o litoral até o interior do país, pois "os biodigestores podem provocar uma economia em dólares para o Estado [de Goiás], evitando desembolsos com gás e fertilizante. Esses desembolsos são certos a médio e longo prazo [...]". Outra vantagem muito grande do biogás em relação ao gás de bujão é que ele, ao contrário do GLP, é mais higiênico, pois produz menos fumaça e não deixa resíduos de fuligem nas panelas e demais utensílios de cozinha, o efeito "panela preta". Não há necessidade de estocar carvão e lenha para uso na cozinha.

Até este momento, a pesquisa mencionou apenas o manejo dos dejetos dos animais (porcos, bois, aves e cavalos). Entretanto, os próprios excrementos humanos podem ser transformados em biogás e biofertilizante, resolvendo com isso, o problema sanitário representado pelas "casinhas", como são conhecidas no interior as latrinas. Tais privadas costumam ser construídas de forma extremamente precária, ocasionando o transbordamento das fezes humanas em temporadas de muita chuva e atraindo grande quantidade de insetos, especialmente moscas.

Se a instalação de um biodigestor for secundada pela elaboração de um meio de permitir que os dejetos humanos sejam misturados aos dos animais, para serem acondicionados na câmara de digestão, estará sendo solucionado um grande problema muito comum no interior do país: a proliferação de ovos de esquistossomos e ancilóstomos, os quais causam doenças que já se tornaram endêmicas no Brasil. O mesmo ocorreria com a proliferação de bactérias patogênicas e demais parasitas, como a solitária, e verminoses, como a lombriga.

As donas de casa ficam livres de pesadas tarefas domésticas, de mobilizar carvão e lenha para a cozinha. O desenvolvimento de um programa de biogás também representa um recurso eficiente para tratar os excrementos e melhorar a higiene e o padrão sanitário do meio rural. 'O lançamento de dejetos humanos e animais num digestor de biogás soluciona o problema de dar fins aos ovos dos esquistossomos e ancilóstomos, bem como de bactérias, bacilos desintéricos e paratíficos e de outros

parasitas. O número de ovos de parasitas encontrados no efluente diminui em 99%, após a fermentação'. (USP, 2001)

Segundo Reis (1991, p. 2), é com o binômio biogás-biofertilizante que "mais de cem milhões de chineses, com seus biodigestores "homemade", conseguem energia suficiente para suas necessidades domésticas e adubo para fertilizar suas plantações", além de manter o meio ambiente "livre de verminoses, esquistossomoses, hepatites e doenças entéricas".

O biogás, além de poder ser usado na substituição do gás de cozinha também pode alimentar lampiões a gás. Um motor destinado a acionar uma bomba d'água, um pequeno moinho ou uma descaroçadeira de algodão pode funcionar perfeitamente à base de biogás. O mesmo pode ser feito com uma geladeira a gás, uma chocadeira; secadores de grãos; geradores de energia elétrica ou ventiladores destinados a refrescar o ambiente interno de granjas. Além disso, em regiões onde a temperatura média se encontra estável (geralmente acima de 20⁰ C), não há necessidade de aquecer a água a ser adicionada aos dejetos. Em locais onde a temperatura cai bruscamente durante certos meses, o aquecimento pode ser feito com a energia produzida pelo próprio biogás.

Em síntese, os benefícios do biogás podem ser visualizados melhor através da observação dos dados da Tabela 12, calculados para uma residência com 5 pessoas. O consumo total de biogás em uma propriedade rural determina a quantidade de biomassa e de animais necessários para se obter a produção necessária desse gás. Este cálculo deve ser levado em conta na hora de planejar as dimensões do biodigestor.

TABELA 12 - RELAÇÃO DE CONSUMO DE BIOGÁS EM EQUIPAMENTOS

EQUIPAMENTOS	UNIDADE	CONSUMO
Lampião (cada)	m ³ /h	0,14
Cozimento (5 pessoas x 0,23 m ³)	m ³ /h	1,15
Fogão	m ³ /dia/pessoa	0,34
Motor	m ³ /hp/h	0,45
Chuveiro	m ³ /banho de 15 minutos	0,80
Campânula para aquecer pintos	m ³ /h para 1500 kcal	0,162
Geladeira	m ³ /dia	2,0
Incubadora	m ³ /h/100l de capacidade	0,05
Geração de Eletricidade	m ³ /kW/h	0,62
Total de consumo/dia	m³	5.712

Fonte: CETEC, 1982, p. 10.

As possibilidades de uso do biogás são muito grandes e esta pesquisa não tem a pretensão de analisar cada uma delas, entretanto, tudo quanto foi mostrado até o momento é suficiente para fornecer uma boa idéia das vantagens que o seu uso proporciona.

O uso do biofertilizante, por sua vez, apresenta muitas vantagens para o agricultor. É o que se verá no item a seguir.

2.4 Produção, Características e Utilização do Biofertilizante

Após a produção do biogás, a biomassa fermentada deixa o interior do biodigestor sob a forma líquida, rica em material orgânico (húmus), com grande poder de fertilização. Este biofertilizante, aplicado ao solo, melhora as qualidades físicas, químicas e biológicas deste. É possível, logicamente, usar adubos químicos em lugar da matéria orgânica, mas estes não podem suprir as qualidades físicas e biológicas fornecidas por aquela. Além disso, Sganzerla (1983, p. 24) lembra que o excesso de adubação química causa mineralização do solo, ressecando-o, endurecendo-o e dificultando a entrada da água e do ar, o que provoca e facilita a ocorrência de erosão. Além disso, os sais, muito solúveis, destroem as bactérias que vivificam o solo, deixando-o indefeso, propenso a invasões por insetos, fungos, nematóides e vírus, entre outros, que causarão, certamente, danos às plantas. O agricultor lança mão, neste momento, do uso de defensivos agrícolas, os quais, além de poluírem o solo, eliminam os predadores naturais das pragas, criando a necessidade de novos defensivos serem aplicados, o que dá início a um ciclo vicioso, que só poderá ser quebrado com a aplicação de grande quantidade de matéria orgânica.

Percebe-se, portanto, a sensatez de se preservar a integridade físico-química e biológica do solo, pois a saúde deste resulta na saúde das plantas que o mesmo abriga.

A principal razão para a grande capacidade de fertilização do biofertilizante se encontra no fato da digestão da biomassa (no interior do biodigestor)

diminuir drasticamente o teor de carbono presente na mesma. De acordo com Sganzerla (1983, p. 25), isto ocorre porque, na biodigestão, a matéria orgânica, perde exclusivamente carbono sob a forma de CH₄ (Metano) e CO₂ (gás Carbônico). Além disso, há o aumento do teor de nitrogênio e demais nutrientes, devido à perda do carbono e, conseqüentemente, diminuição na relação C/N da matéria orgânica. Com isso, os microorganismos do solo (bactérias nitrogenadoras) conseguem um melhor índice de fixação do nitrogênio, além do fato do próprio biofertilizante conter alguns nutrientes já solubilizados. Com seu nível de pH (em torno de 7,5), o biofertilizante funciona como corretor de acidez, eliminando o alumínio e liberando o fósforo dos sais insolúveis do alumínio de ferro. Com a elevação do pH dificulta-se a multiplicação de fungos patogênicos.

Depois de passarem no digestor, os resíduos sobrantes apresentam alta qualidade para uso como fertilizante agrícola, devido principalmente aos seguintes aspectos: diminuição no teor de carbono do material, pois a matéria orgânica ao ser digerida perde exclusivamente carbono na forma de CH₄ e CO₂; aumento no teor de nitrogênio e demais nutrientes, em conseqüência da perda do carbono; diminuição na relação C/N da matéria orgânica, o que melhora as condições do material para fins agrícolas; maiores facilidades de imobilização do biofertilizante pelos microrganismos do solo, devido ao material já se encontrar em grau avançado de decomposição o que vem aumentar a eficiência do biofertilizante; solubilização parcial de alguns nutrientes. (USP, 2001)

A grande capacidade de fixação apresentada pelo biofertilizante evita a solubidade excessiva e a lixiviação dos sais, mantendo-os sob formas aproveitáveis pelas plantas, cujo delicado sistema radicular é o único capaz de desagregar estes nutrientes. O biofertilizante, ao contrário dos adubos químicos, melhora a estrutura e a textura do solo deixando-o mais fácil de ser trabalhado e facilitando a penetração de raízes, que conseguem absorver melhor a umidade do subsolo, podendo resistir mais facilmente a longos períodos de estiagem.

O biofertilizante possui coloidais carregados negativamente, o que o faz trocar por carga iônica, absorção superficial e coagulação. Seu poder de fixação dos sais é maior que das argilas, sendo responsável direto pela maior parte da nutrição das plantas, com até 58% da capacidade total de troca de bases do solo. Estabiliza os agregados de modo que resistam à ação desagregadora da água, absorvendo as chuvas mais rapidamente, evitando a erosão e conservando a terra por mais tempo. (SGANZERLA, 1983, p. 25)

Outra vantagem advinda da aplicação de biofertilizantes é que estes deixam a terra com uma estrutura mais porosa, permitindo maior penetração do ar na zona explorada pelas raízes. Com isso, a respiração dos vegetais fica facilitada e os mesmos obtêm melhores condições de se desenvolver. O gás carbônico presente no ar, ao circular melhor pelo solo, forma ácido carboxílico, o qual irá solubilizar sais que se encontram em formas insolúveis, facilitando sua assimilação pelas plantas.

O biofertilizante favorece a multiplicação das bactérias aos milhões, dando vida e saúde ao solo. A intensa atividade das bactérias fixa o nitrogênio atmosférico, transformando-o em sais aproveitáveis pelas plantas. As bactérias radicícolas — que se fixam nas raízes das leguminosas — têm seu desempenho e desenvolvimento melhorados.

Além dessas características inestimáveis, que aumentam muito a produtividade das lavouras, deve-se frisar ainda que o biofertilizante já se encontra completamente "curado", na expressão do campo, pois não sendo passível de nova fermentação, não apresenta odor nem é poluente e, com isso, não atrai moscas ou outros insetos. Ao contrário de outros tipos de adubos, o biofertilizante, segundo Sganzerla (1983, p. 26), pode ser aplicado diretamente no solo, em forma líquida ou desidratada, dependendo das condições locais. O poder germinativo das sementes de plantas prejudiciais à lavoura, e que passaram incólumes pelos sistemas digestivo e excretor dos animais, é destruído pelos efeitos da biofermentação, não havendo perigo de que infestem as lavouras onde forem aplicados. A composição do biofertilizante varia de acordo com a biomassa utilizada, porém, análises têm mostrado os seguintes resultados médios:

TABELA 13 - COMPONENTES DO BIOFERTILIZANTE

COMPOSIÇÃO	QUANTIDADE %
pH	7,5
Matéria Orgânica	85%
Nitrogênio	1,8
Fósforo	1,6
Potássio	1,0

Fonte: SGANZERLA, 1983, p. 26.

O biofertilizante pode ainda, depois de desidratado, ser utilizado para dar volume à composição de rações para animais. No item a seguir, será abordada a questão dos danos que os dejetos suínos podem causar ao solo e à água.

2.5 Os Dejetos Suínos e a Poluição do Solo e da Água

Os principais problemas acarretados ao meio-ambiente pelos dejetos de origem suína são dois: a poluição do solo e a contaminação dos mananciais d'água das regiões suinocultoras. Isto se deve à composição físico-química de tais dejetos, ricos em determinados elementos químicos, como o fósforo (P), cuja concentração excessiva prejudica não só água e solo como o organismo dos seres vivos expostos a estes. A composição dos dejetos e seus efeitos danosos ao meio-ambiente serão estudados nos itens a seguir.

2.5.1 Dejetos Suínos e Degradação do Solo

É prática comum, nas áreas suinocultoras, utilizar-se os dejetos dos animais como adubo orgânico. Sabe-se, também, que dejetos suínos possuem grande capacidade de fertilização se usados de forma correta. Infelizmente, o uso puro e simples deste tipo de fertilizante natural não garante a qualidade da adubação nem livra o meio-ambiente da degradação.

Para entender melhor o risco que os dejetos suínos representam para o solo convém examinar, detalhadamente, a composição de tal material orgânico.

Entre os principais componentes poluentes dos dejetos suínos estão o nitrogênio (N), o fósforo (P) e alguns microminerais, como o zinco (Zn) e o cobre (Cu). A ação deteriorante do nitrogênio no solo deve-se à sua transformação em nitrato. De acordo com Lee e Coulter (1990), citados por Penz Junior, Meinerz e Magro (2001), em vários rios europeus o nitrogênio dos dejetos animais acabou contribuindo entre 40 e 60% da porcentagem total encontrada deste elemento químico, ao mesmo tempo em que se verifica uma

correlação positiva entre a concentração de nitrato e nitrito nos rios e o nível de aplicação de nitrogênio no solo (fertilizantes e dejetos). Isto explica porque o índice de nitrogênio adicionado ao solo pelo uso de dejetos suínos como adubo, na Holanda, no início do século, alcançou o valor total de 90.000 toneladas/ano, tendo tal valor subido, posteriormente, para 450.000 toneladas/ano.

Oliveira (1994) comenta o fato do nitrato movimentar-se com facilidade pelo solo e apresentar alto índice de solubilidade na água. Graças a isso, o nitrogênio é capaz, também, de poluir o ambiente na forma de amônia, no fenômeno conhecido como "chuva ácida".

O excesso de fósforo, assim como de nitrogênio e outros nutrientes favorece o desenvolvimento desordenado de algas. A decomposição destas algas consome o oxigênio dissolvido na água. Esta decomposição compromete o crescimento de espécies aquáticas, como peixes e crustáceos. O fósforo em excesso acumula-se no solo e só é dissolvido na água dos rios quando a capacidade de retenção deste pelo solo fica prejudicada. No caso dos microminerais é sabido que níveis relativamente baixos de cobre podem causar a morte de peixes, algas e fungos. Oliveira (1994) cita o fato de níveis de cobre de 0,025 a 0,2 mg/L serem tolerados pelo organismo dos peixes. O zinco, por seu lado, pode comprometer o desenvolvimento destes e das algas.

Segundo Jelinek (1977), apud Oliveira (1994), a quantidade diária de dejetos produzida pelos suínos varia entre 4,9 e 8,5% de seu peso corporal. A maior parte deste volume vem da urina, cujo volume depende da quantidade de água ingerida pelo animal. O mesmo autor sugeriu que para cada litro de água consumido pelo suíno ocorre uma produção de 0,6 litro de dejetos líquidos. E mostrou também que as diferentes fases de produção dos suínos interferem nas quantidades absolutas de dejetos produzidos. Assim é que as porcas em lactação são as que produzem mais esterco (ver Tabela 14).

TABELA 14 - PRODUÇÃO DIÁRIA DE DEJETOS NAS DIFERENTES FASES DE PRODUÇÃO

Fases de Produção	Esterco	Esterco + Urina	Dejetos Líquidos	Produção Dejetos Líquidos
	kg/dia	kg/dia	L/dia	m ³ /animal/mês
25-100 kg	2,3	4,9	7,0	0,25
Porca	3,6	11,0	16,0	0,48
Porca lactante	6,4	18,0	27,0	0,81
Macho	3,0	6,0	9,0	0,28
Leitão em creche	0,35	0,95	1,40	0,05
Média	2,35	5,8	8,6	0,27

Fonte: Adaptação de OLIVEIRA, Paulo A. V., 1994, p. 27-40.

Ao estudar a composição química de diferentes dejetos de suínos, Oliveira (1994) mostrou que a quantidade de nutrientes excretados pelos animais é bastante elevada (ver Tabela 15), necessitando que sejam estudados os procedimentos que possam reduzir estas perdas.

TABELA 15 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE DEJETOS DE SUÍNOS

Sistema de Manejo	Matéria Seca	N Total	P ₂ O ₅	K ₂ O
	(%)	Kg/tonelada de dejetos		
Esterco sem cama	18	4,54	4,08	3,63
Esterco com cama	18	3,63	3,17	3,63
Liquame da fossa de retenção	4	4,08	3,06	2,15
Liquame de tanque de oxidação	2,5	2,72	3,06	2,15
Líquido da lagoa	1	0,45	0,23	0,45

Fonte: Adaptação de OLIVEIRA, Paulo A. V., 1994, p. 27-40.

Latimier (1993), citado por Oliveira (1994, p. 32), comentou que o volume total de dejetos produzido por suínos em crescimento, depende do ganho de peso e da eficiência de transformação dos nutrientes por estes animais. Os estudos de Latimier mostraram, que suínos com peso oscilando entre 28 e 102 kg — e apresentando um ganho de peso diário de cerca de 740 g —, produziram um total de dejetos de 370 litros, ao passo que os que apresentaram um ganho de peso diário de 800 g produziram 310 litros. O citado autor também observou, que os suínos que tiveram conversão alimentar de 3,02 produziram 370 litros de dejetos e aqueles que tiveram conversão

alimentar de 2,75 produziram 314 litros. Henry (1996), apud Oliveira (1994, p. 34) sugere que, para cada redução de 0,1 na conversão alimentar, a excreção de nitrogênio seja reduzida em 3%.

Analisando a Tabela 15, percebe-se que a presença de fósforo nos dejetos suínos é bem elevada. Dessa forma, a constante aplicação deste material orgânico no solo, a pretexto de adubação, acaba saturando a capacidade de absorção do solo, com a conseqüente carreação do fósforo excessivo para as águas circunvizinhas devido à lixiviação e erosão pluvial ou eólica.

Como forma de demonstrar a existência de limites na absorção de fósforo por parte do solo, Seganfredo (2000) apresentou um cálculo do número de anos necessários para que sejam atingidos os índices de 25% e 100% de saturação de fósforo até as profundidades de 20 cm e 2 m.

Para que tais cálculos fossem considerados adequados, Seganfredo (2000, p. 2) estabeleceu certos parâmetros:

a) a base para o experimento tomou por base as terras da região dos Cerrados, onde ocorrem, em geral, apenas duas safras agrícolas anuais;

b) A quantidade de dejetos considerada economicamente correta para os Cerrados é de 45 a 135 m³/ha;

c) A cada safra as plantas retirariam do solo cerca de 54 kg/ha de fósforo (P₂O₅);

d) a primeira aplicação de dejetos aconteceria quando o solo ainda tivesse pouco fósforo acumulado e, finalmente;

e) a capacidade de retenção de fósforo de muitos solos de Cerrado encontra-se entre 824 e 6.880 kg/ha de fósforo (P₂O₅) para cada 20 cm de profundidade.

Naturalmente, existiram outras variáveis, como o tipo de planta presente no solo estudado ou os índices de fósforo adicionados ou acumulados em tal solo. De qualquer forma, a conclusão do estudo foi que num terreno com grande capacidade de absorção de fósforo seriam necessários 546 anos para esgotar a capacidade de 10 camadas com 20 cm de solo cada, considerando-se apenas **uma** safra e uma aplicação de 45 m³ de dejetos por ano. Entretanto,

quando se projetam duas safras anuais e aplicação de 135 m³/ha de dejetos a saturação chegaria em apenas 71 anos.

Uma observação ligeira destes dados, pode levar a uma idéia errônea de que o período de tempo necessário para saturação é bastante dilatado. Nada mais enganoso, porém. Os números da projeção de Seganfredo (2000) certamente tomariam proporções alarmantes, se o solo analisado fosse um que apresenta menor capacidade de saturação por fósforo. Não se deve esquecer, também, que em determinadas regiões do Brasil o número de safras chega a quatro anuais. E, por último, mas não menos alarmante, o autor não especificou o tipo de dejetos animal utilizado na pesquisa e nem o tipo de planta presente em tais solos. Uma planta que apresente baixa capacidade de absorção de fósforo aceleraria, enormemente, a velocidade de saturação do solo por este elemento químico.

Pelos dados apresentados até o momento, percebe-se a importância de se dar um destino apropriado aos dejetos de suínos, como forma de evitar que a capacidade produtiva do solo fique comprometida por este material orgânico.

2.5.2 Dejetos Suínos e Poluição das Águas

Não há como negar, que a preocupação dos ambientalistas com os dados alarmantes fornecidos pelos satélites artificiais, acerca da destruição de grandes áreas de florestas e de cerrados nas regiões Norte e Centro-Oeste é compreensível. Tal destruição, causada pela ação criminosa de madeireiros e agropecuaristas — assim como a poluição de rios por metais pesados utilizados nos garimpos clandestinos — representa uma grande ameaça ao meio-ambiente dessas regiões e provocam grande repercussão junto aos meios de comunicação de massa.

Curiosamente, outro tipo de devastação, tanto ou mais grave ainda, ocorre de forma insidiosa, silenciosa, sem quase chamar a atenção: a atividade altamente poluidora de mananciais e fontes de água por parte da prática da suinocultura intensiva, presente de forma maciça na região Sul do País.

De acordo com dados de órgãos ligados à Secretaria Estadual da Agricultura de Santa Catarina, o rebanho de 4 (quatro) milhões de suínos do Estado produz, anualmente, o equivalente a 10 milhões de metros cúbicos de dejetos. Com um volume tal de dejetos seria possível, nas palavras de Gnipler (1998, p. 2), "encher uma vala imaginária, com 20 metros de largura e 1 metro de profundidade, ligando os dois extremos do território (Oeste–Leste) brasileiro. Assim, embora seja a suinocultura uma atividade potencialmente poluidora, sujeita ao prévio licenciamento ambiental (art. 60 da Lei 9.605/95), o que se verifica na prática, é que ainda prevalecem as propriedades rurais com instalações inadequadas para o manejo e destinação final dos dejetos suínos".

Uma das razões para que a suinocultura seja, no geral, tão poluidora, reside no fato de uma das formas mais utilizadas para tentar minimizar o impacto dos dejetos no meio-ambiente, as bioesterqueiras ou câmaras de fermentação — usadas na tentativa de depurar os dejetos e transformá-los em adubo orgânico —, não passam, normalmente, de simples valas abertas no solo, revestidas de lona plástica resistente, onde os efluentes permanecem em depósito a céu aberto, exalando maus odores e causando muitos transtornos, como a proliferação de moscas e ratos. Outra razão diz respeito à conformação topográfica do terreno catarinense, o que dificulta a incorporação dos dejetos ao solo, sendo os mesmos carregados facilmente das encostas para os mananciais d'água.

Muitos suinocultores encontram dificuldades na disposição de dejetos no solo e acabam deixando as **esterqueiras extravasarem** e, assim, contaminar lençóis freáticos. Muitos produtores deixam de agitar a esterqueira de armazenamento de dejetos fazendo com que ocorra um assoreamento da lagoa. A **agitação** é essencial e recomendada 4 horas antes da retirada dos dejetos para transporte. A maioria dos suinocultores não obedece a esse tempo. A **interligação das lagoas** também desempenha grande papel na ocorrência. Cada lagoa deve receber seu volume de dejetos; ao interligá-las, a 1º lagoa só perderá líquido para a 2º; torna-se uma espécie de decantador. A deposição de lodo na 1º é muito mais alta e o assoreamento torna-se inevitável. Órgãos de vigilância ambiental determinam que 120 dias seria o tempo necessário para o armazenamento nas esterqueiras. [...]. O problema está no fato de que poucos suinocultores possuem área e recursos financeiros disponíveis para implantação de um sistema de tratamento. Empresas de pesquisas agropecuárias buscam cada vez mais o baixo custo desses sistemas. A **lona**, que é utilizada na maioria das granjas, segundo Cícero Bley Jr. da Ecoltec, não é sinônimo de impermeabilização. O ideal seria a compactação de cerca de 20 cm de solo. Isso apresenta um alto custo e por isso também não é utilizado. Mas se não existem

condições de substituições também não se deve excluir as lonas [grifos no original]. (SUINO.COM, 2002, p. 5)

Gnigler (2001) alerta para outros fatores, como a prevalência do minifúndio. Neste tipo de propriedade, as benfeitorias, originariamente, foram implantadas sem planejamento, sendo as pocilgas erguidas próximas às fontes de água.

Outro fator relevante é a dificuldade encontrada pelo suinocultor em compreender que o ônus da produção sem degradação do meio ambiente é de sua responsabilidade. Dessa forma, cabe ao suinocultor dar destinação adequada aos efluentes produzidos nos limites de sua propriedade.

Uma vez que o criador é responsável pelos danos que os dejetos de seus animais possam causar ao meio ambiente, convém examinar, então, quais as implicações legais decorrentes do descumprimento das normas estabelecidas pelas leis de conservação ambiental (em nível de país, estado ou município). É o que será realizado no próximo item.

2.5.3 Poluição por Dejetos Suínos e a Legislação Ambiental

Mesmo quando a suinocultura é desenvolvida de forma integrada com outra atividade rural — destinada a receber os dejetos dos suínos, como a piscicultura e a aquaponia —, ela ainda consiste em uma atividade potencialmente poluidora de mananciais de água vizinhos à propriedade. A criação de suínos também acarreta a produção de mau cheiro, responsável por atrair grande número de insetos, muitos dos quais danosos à saúde e o bem-estar da população rural (moscas em geral) e mesmo dos animais (mosca do chifre). Essa é uma das razões pelas quais essa atividade rural está sujeita ao controle ambiental, através do licenciamento ambiental, cuja aplicação encontra-se prevista no art. 60 da Lei Federal n. 9.605/95.

A falta de informação e de fiscalização, comuns desde o princípio da colonização brasileira, inclusive nos estados do Sul, como Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, levaram a uma exploração inadequada das terras. A desinformação fez com que pocilgas fossem construídas próximas

aos cursos d'águas, destino certo de todos os efluentes produzidos pela criação de aves e animais. Essa mesma desinformação, passada, no mais das vezes, como "herança" ao longo das gerações torna difícil convencer o agricultor ou o pecuarista, que o tratamento e destino final dos efluentes produzidos dentro de sua propriedade são de sua exclusiva responsabilidade.

Somente após a mudança do posicionamento global em relação ao meio-ambiente, o qual resultou na conscientização sobre a necessidade de preservação do mesmo, é que medidas mais drásticas passaram a ser tomadas para regularizar a produção e tratamento dos resíduos das diversas formas de criação de animais e aves.

No caso específico da suinocultura, o problema é muito mais grave, devido ao grande potencial poluidor dessa atividade.

Segundo o Instituto Ambiental do Paraná (IAP), um suíno polui 2,5 vezes mais que um ser humano. Se considerarmos todo o rebanho brasileiro de suínos, 10 milhões de habitantes corresponderiam a toda carga poluidora desses animais. Dentre os resíduos líquidos, observamos que cada suíno é responsável por cerca de 5,8 kg/dia de esterco, urina e águas de manejo. Se juntarmos isso ao desperdício de sólidos (ração...), de água e a água da chuva; cada animal seria responsável por cerca de 8,6kg/dia desses resíduos líquidos. (SUINO.COM, 2002, p. 1)

Ambientalistas advertem, há muitos anos, sobre o perigo do desabastecimento de água potável nas próximas décadas. Tal escassez não será resultado de um volume extraordinariamente pequeno de água doce no planeta, mas sim devido ao uso errado e indiscriminado da água e ao processo cada vez mais intenso de poluição desta, como resultado das ações poluidoras da espécie humana.

Mesmo no tempo do Império, já havia preocupação do governo real em proteger os mananciais de água. Assim é que o Código Penal de 1890, em seu art. 162, já previa a punição de quem poluísse a água potável: "Corromper ou conspurcar a água potável de uso comum ou particular, tornando-a impossível de beber ou nociva à saúde." A pena previa reclusão em prisão celular de 1 a 3 anos.

Muitos anos mais tarde, já na década de 60, o conteúdo da lei de proteção da fauna (Lei n. 5.197/67) — modificada posteriormente pela Lei n. 7.653/88 —, previa, em seu artigo 27, segundo parágrafo, a pena de reclusão de 2 a 5 anos

a quem causasse "pelo uso direto ou indireto de agrotóxicos ou de qualquer outra substância química, o perecimento de espécimes da fauna ictiológica existente em rios, lagos, açudes, lagoas, baías ou mar territorial brasileiro."

Foi a Constituição Federal de 1988 que atacou mais fortemente o problema ao englobar as práticas poluidoras como "atentado ao meio-ambiente". Assim a CF de 88 dispõe, em seu art. 225 que "...Todos têm direito ao meio 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."

Poluição das águas é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas que possa importar em prejuízo à saúde, à segurança e ao bem-estar das populações e ainda comprometer a sua atividade para fins agrícolas, industriais, comerciais, recreativos e principalmente a existência normal da fauna aquática. Os padrões de qualidade da água estão estabelecidos na Resolução Conama n. 20/86. Nela as águas são classificadas em doces, salinas e salobras, e segundo o seu uso predominante. a divisão de classes considera, ainda, o tratamento recebido pela água. Ultrapassando os padrões estabelecidos, ocorrerá a poluição. (DIAS, 1999, p. 104)

Apesar da clareza contida na citação acima, a realidade encontrada na maior parte das propriedades suinocultoras do país é bem diversa. Não é raro encontrar pocilgas construídas diretamente sobre açudes de criação de peixes ou com canaletas conduzindo os dejetos diretamente a estes. Argumentam alguns produtores, que o risco de poluição fica afastado porque os peixes consomem toda a matéria orgânica lançada nos criadouros. Esquecem, contudo, que os parasitas presentes nas fezes dos suínos podem contaminar os peixes, os quais, podem contaminar os humanos ao serem consumidos por estes.

Além disso, nem todos os dejetos são consumidos pelos peixes, acabando por depositar-se no fundo dos açudes, podendo contaminar os cursos d'água quando a água represada é despejada para fora do açude, carreando consigo parte do lodo e dos demais resíduos presentes no fundo dos açudes.

Este tipo de conduta, bem como a dos produtores localizados muito próximos do perímetro urbano das cidades, produzindo maus odores e atraindo insetos que infestam a população urbana, é passível de incursão nas penas

da lei. Entretanto, a falta de fiscalização pelos órgãos estatais (somada a inegáveis casos de corrupção) tem tornado tais dispositivos legais ineficazes.

Como reza o artigo 54 da Lei n. 9605/95, em seu segundo parágrafo, inciso VI, "O despejo, lançamento ou disposição de excrementos de suíno in natura em cursos de água ou mananciais receptores configura, em tese, o crime de poluição hídrica...". Felizmente, em determinadas regiões suinocultoras, a situação está mudando e as autoridades estão tomando medidas drásticas para preservar os recursos hídricos da mesma.

O tratamento adequado dos dejetos que se acumulam diariamente nas pocilgas ajuda a conservar os recursos naturais da propriedade e eventualmente contribui para reduzir despesas com o criatório. Mas não é apenas isso. Pode significar o elo de permanência do suinocultor nessa atividade, pois os resíduos produzidos pelos suínos, dependendo de como forem tratados, transformam-se em fonte de riqueza ou de problemas. 'Na região oeste de Santa Catarina, os criatórios produzem cerca de 8,8 milhões de metros cúbicos de chorume por ano. Quem não tratá-los adequadamente acabará tendo que mudar de ramo', esclarece Luiz Freire, agrônomo do Centro de Pesquisas para Pequenas Propriedades, em Chapecó, SC. Em dezenas de cidades catarinenses que enfrentam problemas e captação de água para uso doméstico, juízes e promotores públicos estão lacrando as pocilgas cujos dejetos escoam diretamente para rios e córregos ou contaminam reservas hídricas. (STEGMAMN, 1997, p. 46)

A existência de leis específicas que regulem a emissão de poluentes pela prática da suinocultura, bem como o posicionamento de determinadas esferas judiciárias (como Santa Catarina), trazem a esperança de que a conservação da integridade dos mananciais d'água para as gerações futuras não seja apenas uma ilusão. Espera-se, contudo, que novas medidas sejam tomadas (inclusive uma maior conscientização dos suinocultores acerca do problema) para manter o meio-ambiente saudável. Para finalizar, cabe examinar a opinião que um jurista de renome na área ambiental, Miguel Gnigler, emite sobre a nova Lei Ambiental de nosso país.

Em conclusão, portanto, pode-se afirmar que a nova Lei Ambiental traz em seu corpo o aperfeiçoamento do cipoal de normas de caráter ambiental de antanho, servindo de alento para todos quantos laboram nessa área do direito e, notadamente, no que concerne à proteção do bem jurídico água, é indiscutível o seu avanço neste particular, dado que a norma penal já não exige mais a comprovação da potabilidade da água em momento anterior à conduta do agente, bastando a prova de poluição em níveis tais que resulte ou possa resultar danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora. (GNIGLER, 1998, p. 5)

No próximo item será apresentado um estudo sobre a viabilidade da implantação de biosistemas integrados na Região de Toledo-PR.

2.6 Biosistemas Integrados

Neste item é apresentado um pequeno estudo sobre a viabilidade técnico-econômica-ambiental da implantação de biosistemas integrados de tratamento de dejetos suínos em pequenas e médias propriedades suinocultoras da região de Toledo-PR, envolvendo a construção de biodigestores. Uma vez que tal estudo visa demonstrar a exeqüibilidade da implantação em pequenas e médias propriedades, não serão examinados, em profundidade, os projetos destinados a propriedades com grandes ou médios rebanhos suínos, sendo tais projetos, se necessário, apenas mencionados superficialmente. Nada obsta, contudo, que a implantação de tais biosistemas em grandes propriedades suinocultoras venha a ser alvo de pesquisas posteriores.

2.6.1 Definição de Biosistemas Integrados

A expressão Biosistema Integrado costuma ser aplicado ao desenvolvimento sistemático — e de forma integrada — de uma ou mais atividades rurais (criação de suínos, bovinos, caprinos, ovinos ou muares, entre outras) em uma mesma propriedade rural, de tal forma que uma atividade termine por complementar a outra, com aproveitamento total das potencialidades de cada uma. Um exemplo disso ocorre quando são utilizados os dejetos da criação de bovinos — após o devido tratamento por lagoas de decantação —, na alimentação de peixes e alevinos, reduzindo ou evitando completamente a compra de ração para estes. Essa economia por parte da piscicultura pode ser revertida em favor da aquisição das rações, medicamentos e vacinas requeridas pelos bovinos. Além disso, as algas criadas nos tanques de decantação, além de serem empregadas na

alimentação de peixes e pós-larvas de camarões, podem ser adicionadas às rações de bois e vacas, diminuindo ainda mais os gastos da propriedade com tais insumos.

Assim, uma associação entre as atividades da bovinocultura e da piscicultura resulta em um Biosistema Integrado, de grande significado para o desenvolvimento sustentável da propriedade rural.

Da mesma forma, esta associação pode ser estendida à prática da suinocultura. É o que será visto no próximo item.

2.6.2 Modelos Brasileiros de Biosistema Integrado

Inúmeros são os exemplos de projetos de biosistemas integrados (envolvendo biodigestores) desenvolvidos no Brasil. Neste item, serão examinados apenas os mais significativos, como forma de elaborar uma panorâmica da implantação desta tecnologia no país.

2.6.2.1 Projeto MPAB: a Suinocultura Associada à Piscicultura

O benefício dos Biosistemas Integrados (que poderão ser mencionados nesta pesquisa por sua forma abreviada — BI) pode ser estendido, também, à prática da ovinocultura, avicultura, bubalinocultura e, claro, da suinocultura.

O processo é idêntico ao mencionado no item anterior, mas pode ser composto por uma associação entre aquaponia e suinocultura, ao invés da piscicultura, o que ajuda a equacionar um dos mais graves problemas da criação de suínos: a disposição do grande volume de dejetos produzidos pelos animais.

Este é um típico Biosistema Integrado (mesmo quando não for utilizado o sistema de decantação em lagoas), pois ocorre a integração entre os suínos e os vegetais, com estes beneficiando-se do biofertilizante produzido por aqueles. Em troca, os vegetais podem integrar parte da alimentação dos

animais, sob a forma de reforço dietético, ou participar como forragem das "camas" dos suínos. Este processo, conhecido como "cama sobreposta", utiliza, como um dos possíveis substratos, a maravalha, a qual pode ter seu cultivo beneficiado pela aplicação do biofertilizante.

É o sistema denominado cama sobreposta ou cama de profundidade (*deep bedding*), no qual utiliza-se um substrato — maravalha, serragem, casca de arroz, etc, — como leito para suínos nas fases de crescimento e terminação. 'Nesse sistema, o processo de compostagem dos dejetos acontece no próprio local, sem gerar mau cheiro e sem prejudicar o desenvolvimento dos animais', afirma Paulo Armando de Oliveira, pesquisador da Embrapa que introduziu o sistema no país e que recentemente desenvolveu trabalhos na França com o tema. (TOLEDO, 2001, p. 32)

Em relação à associação da piscicultura à suinocultura, deve-se ressaltar, que o assunto não será objeto de maiores análises nesta pesquisa devido ao fato desta concentrar sua atenção em pequenas e médias propriedades rurais criadoras de suínos, e que, devido à escassez de recursos financeiros não têm condições de implementar um Biosistema Integrado que envolva suínos e peixes. Nada obsta, contudo, que pesquisas futuras venham a concentrar-se nesta área.

Durante a pesquisa bibliográfica, encontrou-se referências a um projeto de Biosistema Integrado conhecido como MPAB — Microposto de Piscicultura Acoplado a Biodigestor. Este Biosistema foi idealizado pelo IpqM — Instituto de Pesquisas da Marinha, em 1981, como parte do Programa de Desenvolvimento de Comunidades Rurais, o Prodecor, tendo sido desenvolvidos 3 (três) modelos de biodigestor, identificados como MI, MII e MIII, e que, segundo Sganzerla (1983, p. 30), utilizavam "base de concreto (tanque digestor) e campânula de PVC. Nestes estudos, importantes conhecimentos foram adquiridos sobre o potencial energético da planta Baroneza, o aguapé".

A Marinha brasileira também desenvolveu um modelo de biodigestor, que tem cúpula de lona preta, impermeabilizada. Esse modelo, por ser mais raso e longo, oferece maior produtividade de gás por massa fermentada. Mas como apresenta vantagens e desvantagens em relação aos outros modelos, sua utilização deve ser decidida de acordo com as particularidades da propriedade rural. Por isso, ele não tem sido adotado em ampla escala pelos órgãos de extensão rural. (BARRERA, 1993, p. 23)

Envolvendo a criação de alevinos com vistas à criação extensiva ou intensiva, o projeto visava, entre outras coisas, fornecer à comunidade rural mais pobre um alimento barato e com alto valor nutritivo. O projeto buscava, também, estender os benefícios do biogás e do biofertilizante — que sobrassem dos processos de operação — à comunidade responsável pela manutenção e operação do microposto.

1. O Microposto de Piscicultura Acoplado a Biodigestor — MPAB — é uma pequena unidade de produção de alevinos (peixes com poucos dias de nascidos), a nível [sic] comunitário, destinados a Piscicultura extensiva (em açudes, barragens, barreiros, lagos, lagoas, etc.) e intensiva (em tanques, viveiros, gaiolas, etc.), e, conseqüentemente, colocar à disposição da comunidade um alimento de baixo custo e alto conteúdo protéico. 2. A responsabilidade de construção, operação e manutenção do MPAB ficará a cargo da entidade comunitária (cooperativas, associações de produtores, comitês agrícolas, etc.) para a qual foi elaborado o projeto. 3. O MPAB é um patrimônio da entidade comunitária e deve beneficiar todos os seus componentes, tanto pela entrada de recursos decorrente da venda de alevinos, como pela utilização do biogás e do biofertilizantes excedentes, que se reverterão em benefício da própria comunidade. [...] A comunidade entrará com a mão-de-obra sob a forma de mutirão para a implantação de MPAB, havendo a possibilidade de remunerá-la com alimentos, desde que existam recursos para isto. 6. Em cada Estado ou Território serão instalados Micropostos Pilotos de Piscicultura Acoplada a Biodigestores — MPAB PILOTO que serão os centros de treinamento, capacitação, formação, reciclagem e de apoio a todos os outros MPAB que ficarem em suas áreas de ações. [...] Seus MPAB Pilotos assistirão os outros MPAB sob suas responsabilidades, orientarão e capacitarão as pessoas que quiserem desenvolver a criação de peixes, distribuirão alevinos, elaborarão projetos para obtenção de financiamentos para construção de MPAB e de Piscigranjas, etc., cobrando um percentual por todos estes serviços prestados, exatamente como fazem as empresas privadas de assistência técnica e consultoria. (SILVA, 1981, p. 13)

O MPAB visa principalmente o desenvolvimento da Piscicultura, por meio da privatização, em nível local, da produção de alevinos. Busca, também, empregar o máximo possível de mão-de-obra e o mínimo de capital, tendo sido desenvolvido com base nos trabalhos empreendidos pelo Engenheiro de Pesca Aécio Moura da Silva (1981), na Piscigranja Maanain, em Brasília. A idéia inicial dos responsáveis era implantá-lo primeiramente no Nordeste, de preferência em comunidades rurais de baixa renda, e só depois estendê-lo a outras regiões do Brasil e às propriedades particulares.

Uma das vantagens que o MPAB apresenta — em relação a outros projetos de Biosistemas que empregam biodigestores — é que o biodigestor indicado é aquele conhecido como biodigestor de batelada (formado por duas lonas

superpostas). Neste tipo de aparelho, o material a ser digerido é carregado de uma só vez, só sendo reaberto após a biodigestão completa da matéria orgânica. Devido a isso, praticamente todo tipo de material orgânico pode ser utilizado, ao contrário dos biodigestores tipo chinês e indiano que apresentam restrição a determinados tipos de biomassa.

Figura 3 — Biodigestor de Batelada.



Fonte: www.elnuevodiario.com. 2001

O biodigestor de batelada é, portanto, apropriado para utilização em biosistemas integrados de maior magnitude, onde a interação entre animais, peixes, vegetais e humanos se dá de forma mais intensa.

O projeto [MPAB] se integra totalmente na propriedade rural, pois usa como matéria-prima todos os resíduos orgânicos (esterco de boi, de ave, de porco, de ovelha, etc.), a planta aquática *Eichhornia crassipes* (comumente conhecida como baronesa, aguapé, orelha de jegue, etc.), vinhoto, bagaço de cana, restos culturais, etc. Estas matérias orgânicas serão digeridas anaerobicamente, no Biodigestor, pelas bactérias, resultando na produção do Biogás (60% a 80% de metano) que fornecerá energia e iluminação, como também do biofertilizante (17% a 22% de proteína e até 4% de NPK solúveis) que alimentará direta e indiretamente (produção de algas) os peixes e fornecerá adubo orgânico que conservará e fertilizará os solos da propriedade com um benefício econômico e social muito grande. (SILVA, 1981, p. 13-14)

O projeto, analisado como um todo, apresenta consistência e objetivos extremamente oportunos, pois visa agregar valor às comunidades agrícolas, desenvolvendo a Piscicultura, incentivando o desenvolvimento sustentável e, ao mesmo tempo, contribuindo para a melhoria das condições de vida da comunidade (incremento protéico na alimentação das pessoas) onde estivesse

instalado o MPAB. Infelizmente, não foram encontrados dados posteriores sobre o desenvolvimento de tal iniciativa.

O tipo de Biosistema Integrado empregado no projeto MPAB da Marinha pode ser representado pelo diagrama a seguir, no qual, as diversas lagoas de decantação seriam substituídas pelo biodigestor, com a vantagem deste não ocupar tanto espaço como aquelas e manter o material a ser degradado ao abrigo de insetos (moscas, mosquitos) e animais vetores de doenças (ratos, gambás, tatus). A utilização das lagoas implica, geralmente, em construção de cercas ao redor das mesmas, para evitar acidentes com crianças e animais domésticos, os quais poderiam beber o líquido tóxico ou se banhar no mesmo.

FIGURA 4 - Exemplo de Biosistema Integrado



Fonte: Exemplo de Biosistema Integrado, extraído de SUINO.COM. **Contaminação das fontes de água por coliformes fecais.** 2002, p. 2.

Apesar de ser um esforço louvável, o MPAB não é adequado aos objetivos estipulados para esta dissertação, devido ao fato desta centralizar sua atenção em pequenas e médias propriedades rurais. A pesquisa busca soluções para agregar valor a cada pequena e/ou média propriedade rural em separado, com os projetos e modificações sendo implementados pelo próprio suinocultor. O MPAB é um projeto específico para aplicação em comunidades agrícolas e

espera-se que sua utilização e viabilidade venham a ser objetos de pesquisas futuras.

Além do mencionado no parágrafo anterior, deve-se levar em conta, que nem todas as pequenas e médias propriedades rurais podem dispor de espaço suficiente ou condições adequadas, para acomodar várias lagoas de decantação/criação de algas. A própria utilização de um biodigestor da marinha no lugar dos tanques de sedimentação e algas apresenta outro empecilho: como o biodigestor é do tipo batelada, sendo seu conteúdo (o biofertilizante) descarregado todo de uma vez, existe a necessidade de contar com mais um aparelho, para que a produção de biogás e energia não sofra interrupções.

[...] Trata-se de um tanque que pode ser de alvenaria, metal ou fibra de vidro, o qual é carregado, fechado e, depois de 15 a 20 dias de fermentação, começa a produzir biogás. A produção continua durante 20 dias ou mais. Quando cessa a fermentação, o biodigestor de batelada é aberto, descarregado, limpo e carregado de novo, reiniciando o processo. Como se vê, o biodigestor de batelada, para manter uma produção contínua, deve trabalhar com duas unidades. Quando um biodigestor começa a produzir, o outro é carregado. Quando acaba o biogás de um, o outro já começa a produzir. (BARRERA, 1993, p. 24)

Além disso, fatores como clima, relevo do terreno, condições financeiras do produtor — ou conhecimento técnico para desenvolver atividades de piscicultura —, podem ser decisivos na inviabilização da associação entre suinocultura e piscicultura. Devido a estas dificuldades, esta pesquisa considera a utilização de biodigestores voltados mais para o tratamento dos dejetos suínos, como o Biosistema mais adequado às pequenas e médias propriedades suinocultoras do Estado do Paraná.

A seguir, será exposto um exemplo de projeto de biosistema Integrado destinado a pequenas e médias propriedades suinocultoras.

2.6.2.2 Biodigestor PE: uma Experiência Pernambucana

Devido ao seu clima quente, o Nordeste brasileiro é considerado apropriado para implantação de biodigestores, uma vez que o calor favorece o desenvolvimento da flora bacteriana que realiza a fermentação. Enquanto

naquela região um biodigestor produz, por exemplo, em torno de 6,7 m³ de biogás/dia a partir de 10 m³ de biomassa, um modelo idêntico na região Sul só conseguiria produzir a metade dessa quantidade de biogás. Isto porque o clima frio do Sul do país diminui drasticamente a capacidade de fermentação das bactérias decompositoras da biomassa, ao longo da maior parte do ano.

Um dos modelos de biodigestor criados no Nordeste que apresenta melhores resultados é o PE-02, elaborado pelo engenheiro agrônomo Jaime Germano do Nascimento, coordenador do 7Sistema Energético Integrado (SEI) do Estado de Pernambuco (daí a denominação PE-02).

O PE-02 é um projeto intermediário entre o biodigestor chinês e o indiano. Embora funcione totalmente enterrado no solo, a exemplo do biodigestor chinês, ele mantém uma pressão de gás constante, como o biodigestor indiano. Sua construção é mais simples que a do chinês, e não exige impermeabilização. A estrutura de ferro do gasômetro, utilizada no modelo indiano, foi substituída no PE-02 por uma caixa de cimento-amianto impermeabilizada. Ele pode funcionar tanto com carga contínua (diária) quanto com semicontínua ou descontínua (quando é carregado e descarregado de uma só vez). O sistema semicontínuo é útil aos produtores que possuem poucos animais, e exige uma caixa de carga pequena. No PE-02 idealizado para trabalhar em sistema descontínuo, dispensa-se, inclusive, a caixa de carga. A entrada do material é feita diretamente na 'boca' do biodigestor. (BARRERA, 1993, p. 25)

A razão do PE-02 utilizar uma caixa de cimento-amianto para substituir a campânula de ferro empregada no biodigestor indiano é o fato de aumentar bastante o custo do aparelho e estar sujeita a um alto grau de oxidação, o que requer manutenções constantes. O modelo indiano também não é adequado para trabalhar com capim, ao contrário do PE-02. O modelo pernambucano também apresenta vantagens em relação ao modelo chinês, pois este apresenta constantes rachaduras na cúpula, devido ao forte calor nordestino. Com isso, ocorrem vazamentos do gás, resultando em diminuição do aproveitamento do biogás e aumento do risco de explosões.

Tal diferença deve-se, principalmente, ao gasômetro que no PE funciona independentemente da câmara de fermentação, podendo ser dimensionado em função da curva de consumo, e em alguns casos, ter seu uso dispensado ou mesmo sua construção realizada em uma etapa posterior. Além disso, como a campânula de metal funciona sem contato direto com a biomassa em fermentação, não sofre muito com a corrosão, apresentando durabilidade muito superior à do modelo indiano, praticamente dispensando manutenção. Outro diferencial é quanto à flexibilidade do modo de carga que pode ser contínuo, semicontínuo ou batelada, funcionando muito bem com capim em qualquer um dos modos. (NASCIMENTO, 1999, p. 2)

O Projeto pernambucano é muito interessante e merece um exame mais acurado de suas potencialidades. Entretanto, não se coaduna com os objetivos desta dissertação por ser projetado especificamente para a região Nordeste do país, e não para a região Sul, alvo dos interesses desta pesquisa.

2.7 Considerações Finais do Capítulo

Neste capítulo foram examinados os aspectos teóricos acerca dos biodigestores, como, por exemplo, definição de biodigestor, a produção de biogás por cada tipo de biomassa (esterco animal) empregado, as características e utilização do biogás e do biofertilizante e a relação entre o biogás e outros tipos de combustíveis. Também foram alvo de exame os diversos tipos de biodigestores existentes e suas características particulares, o problema dos dejetos suínos e a poluição de solo e água e o posicionamento das leis ambientais sobre o assunto.

Por fim, examinou-se a questão do Biosistema Integrado, seu conceito, definição e papel do biodigestor no seio do mesmo.

Percebeu-se que o biogás possui amplo poder calorífico, podendo ser utilizado em substituição a diversos outros combustíveis de origem fóssil ou vegetal, com a vantagem de auxiliar na diminuição da poluição do solo e das águas e apresentar um custo de produção baixíssimo. Se o biofertilizante for empregado corretamente, a propriedade rural poderá auferir muitas vantagens, pois o biofertilizante reduz drasticamente o aporte de insumos de fora da propriedade rural.

No que diz respeito aos tipos de biodigestor analisados, percebeu-se que cada um possui características específicas que os tornam adequados para determinado tipo de clima e relevo do solo, como é o caso do biodigestor PE, de grande utilidade quando empregado em regiões de clima quente, como é o caso da região Nordeste. Quanto à poluição do solo e águas por dejetos suínos ficou evidenciado que a legislação ambiental está cada vez mais rígida em

relação aos infratores, num esforço para coibir o alto índice de poluição causado pela prática da suinocultura no Estado do Paraná.

Finalmente, examinou-se a questão do Biosistema Integrado, que reúne a atividade suinocultora a biodigestores e a outras atividades rurais, como a aquaponia e a piscicultura. O biodigestor, ao degradar a biomassa (esterco suíno), fornece substâncias nutritivas que podem ser utilizadas na alimentação de peixes, os quais, posteriormente comercializados, resultarão em aporte de recursos para a propriedade rural. Sobras do biofertilizante podem ser usadas para “engrossar” a ração dos próprios suínos, reduzindo ainda mais os custos. Concluiu-se, portanto, que o uso de biodigestores nas propriedades suinocultoras de Toledo-PR pode reduzir custos para os produtores, reduzir significativamente a poluição do solo e águas da região e alavancar a associação da suinocultura com outras atividades rurais, mormente a aquaponia e a piscicultura.

No próximo capítulo serão apresentados a metodologia empregada na dissertação e os instrumentos empregados na coleta de dados.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Nesta seção encontram-se descritas a metodologia eleita para a pesquisa, a natureza desta e os instrumentos utilizados na coleta de dados, além de análises das características do grupo selecionado para a pesquisa de campo e do objeto de estudo (Toledo-PR).

3.1 Procedimentos Metodológicos

Para a consecução da dissertação foram empregadas técnicas de pesquisa de campo e bibliográfica-documental. A pesquisa bibliográfica focalizou suas atenções sobre livros, revistas, jornais e manuais que abordassem não só a questão da degradação do meio-ambiente — principalmente da contaminação do solo e recursos hídricos — mas também do uso de biodigestores em propriedades rurais, com o fito de produção de gás para utilização em cozinha e biofertilizante. Documentos legais, como leis, pareceres jurídicos e instruções normativas de tribunais que examinaram o tema da punição pela degradação do meio-ambiente também foram alvo de pesquisa. Ao mesmo tempo, iniciou-se uma pesquisa de campo destinada a colher as opiniões de dirigentes de associações/cooperativas de suinocultores, gerentes de agronegócios do Banco do Brasil, coordenadores do setor de ciências agrárias de universidades paranaenses e técnicos de empresas/órgãos ligados ao meio-ambiente, acerca dos aspectos relevantes do uso de biodigestores na agropecuária. Buscou-se captar as sugestões dos entrevistados para o desenvolvimento da implantação de biodigestores nas propriedades suinocultoras da região de Toledo-PR, como forma de combater a erosão do solo e a contaminação do solo por dejetos suínos.

3.2 Natureza da Pesquisa

A pesquisa apresentou natureza qualitativa, a qual enseja a possibilidade de análise teórica de determinados fenômenos sociais, análise esta fundamentada na vivência diária das pessoas e no exame crítico da forma como a vivência diária dessas pessoas se apresenta configurada. Este tipo de pesquisa, de acordo com Richardson (1990, p. 90), apresenta-se "como uma tentativa de compreensão detalhada dos significados e características situacionais apresentadas pelos entrevistados, em lugar da produção de medidas quantitativas de características e comportamentos".

3.3 Trajetória da Pesquisa

Com a definição do tema a ser abordado, empreendeu-se a necessária pesquisa bibliográfica para desenvolver o assunto com base em fundamentos teóricos sólidos. Concomitantemente, elaborou-se o questionário padronizado para a coleta de dados, a ser aplicado a dirigentes de associações/cooperativas de suinocultores, professores universitários de renome na área de ciências agrárias, gerentes de agronegócios de instituições bancárias e técnicos de empresas/órgãos ambientais agrárias (ver Anexo 1).

Foram definidas cinco questões abertas para comporem o questionário. Tais questões visavam colher as impressões, opiniões e sugestões dos questionados sobre a validade da utilização de biodigestores na preservação do solo e mananciais d'água, bem como as dificuldades encontradas para uma maior disseminação da tecnologia de biodigestor em solo paranaense.

O questionário foi aplicado — no transcorrer dos meses de outubro e novembro de 2002 — aos entrevistados pessoalmente e via contato telefônico ou correio eletrônico (e-mail). Os dados coletados foram comparados entre si e as opiniões e sugestões confrontadas com a pesquisa bibliográfica, a fim de contextualizar a viabilidade de cada uma.

3.4 O Instrumento de Pesquisa

Para coletar os dados da pesquisa de campo elegeu-se como instrumento de pesquisa um questionário composto por perguntas abertas. A escolha por questões abertas deveu-se ao fato das mesmas proporcionarem maior liberdade de expressão aos entrevistados, uma vez que influenciam o mínimo possível as respostas dos questionados.

3.4.1 O Questionário

Para colher as opiniões e a visão dos entrevistados acerca da implantação de biodigestores em propriedades suinocultoras — como forma de tratamento dos dejetos desses animais e conservação de mananciais de água e do solo na região de Toledo-PR — foram-lhes apresentadas cinco questões abertas. Tais questões procuraram conceder aos pesquisados o maior grau possível de liberdade nas respostas para captar-lhes o mais fielmente possível a visão acerca do tema apresentado.

1) Em sua opinião, o biodigestor é uma alternativa válida para combater a poluição do solo e das águas, além de ser fator de agregação de valor à propriedade rural?

O intuito da questão era averiguar se os entrevistados concordavam que o biodigestor poderia combater com eficácia a poluição causada pelos dejetos de suínos e, ao mesmo tempo, através da utilização racional do biogás e biofertilizante resultantes da fermentação anaeróbica, auxiliar a agregar valor às propriedades suinocultoras de Toledo-PR.

2) Em sua opinião, quais as principais razões para que não haja uma maior disseminação de biodigestores em solo paranaense?

Com esta pergunta, a pesquisadora desejava colher as opiniões dos entrevistados sobre os principais entraves que impediam (impedem) que o uso

dos biodigestores sejam mais significativo não só na região sob estudo, mas em todo o Paraná.

3) A Associação/Cooperativa de suinocultores ou universidade/organismo ambiental, onde trabalha, já auxiliou ou recebeu pedido de auxílio técnico de algum produtor interessado em instalar um biodigestor em sua propriedade rural?

A razão para este questionamento encontra-se no fato de que a maioria dos entrevistados trabalha ou trabalhou com associações ou cooperativas de suinocultores ou em empresas ambientais como Empresa Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) ou, ainda eram professores de cursos de especialização no estudo do solo de algumas das principais universidades públicas e particulares do Paraná (UFPR, PUC-PR, UNIOESTE). É comum que os suinocultores, ao desejarem maiores informações sobre o uso e instalação de biodigestores procurem estas associações, empresas ambientais e departamentos universitários para sanarem suas dúvidas. As respostas dos entrevistados poderiam fornecer um panorama do interesse dos suinocultores acerca desta forma de combate à poluição por dejetos suínos.

4) Em sua opinião, que medidas deveriam ser tomadas para que a utilização de biosistemas integrados (especialmente biodigestores) fosse mais difundida entre os suinocultores paranaenses, com a conseqüente preservação do meio-ambiente?

A questão servia como complemento da anterior, pois permitiria verificar que tipo de atendimento os entrevistados costumam dispensar a suinocultores que os procuram com dúvidas sobre os digestores biológicos, e quais as sugestões dos questionados, para que a tecnologia fosse mais difundida entre os produtores rurais.

5) Gostaria de acrescentar mais algum comentário acerca do assunto abordado?

Esta questão derradeira visava dar total liberdade ao entrevistado para que este pudesse adicionar quaisquer comentários, que ainda considerasse pertinentes ao estudo em questão, bem como adicionar sugestões outras, que não as formuladas, às perguntas específicas anteriores.

3.4.2 Amostragem

O universo da pesquisa constituiu-se de pessoas ligadas de alguma forma ao setor agropecuário do Paraná, sendo alguns diretores de associações ou cooperativas de suinocultores paranaenses, outros professores de cursos da área agrícola de universidades paranaenses, bem como gerentes de mercado (especialmente de agronegócios) da Superintendência Estadual do Banco do Brasil no Paraná.

Foram escolhidas, para a amostra da população, sete pessoas de destaque nas áreas mencionadas acima, com vistas a colher suas contribuições para o estudo do tema em questão. A seguir, uma pequena caracterização desta amostra.

3.4.2.1 Caracterização da Amostra

O grupo de selecionados para participar da pesquisa de campo apresentou composição bem heterogênea, consistindo de professores universitários, gerentes de banco, diretores de associações/cooperativas de suinocultores, engenheiros agrônomos e técnicos agrícolas. A seguir, traça-se um breve perfil de cada entrevistado em particular, como forma de demonstrar a capacidade que possuem para opinar sobre o tema proposto.

- a) Armin Feiden — Engenheiro Agrônomo e Zootécnico. Professor Adjunto da UNIOESTE. Professor do Curso de Recursos Naturais Renováveis do Setor de Ciências Agrárias da UNIOESTE. Doutorado em Energia na Agricultura;

- b) Carlos Alberto Rhoden — Gerente de Mercado (Agronegócios) da Superintendência Estadual do Banco do Brasil no Paraná;
- c) Jair Dionísio - Chefe do Departamento de Solos da UFPR. Professor do Curso de Biologia do Solo do Setor de Ciências Agrárias da UFPR;
- d) Juliano Bueno de Araújo — Presidente da Associação Nacional de Pesquisas em Preservação Ambiental;
- e) Marcelo Nolasco — Professor do Curso de Manejo de Resíduos e Recursos Renováveis do Setor de Ciências Agrônômicas da PUC-PR;
- f) Remi José Sterzelecki — Presidente da Associação Metropolitana de Suinocultores de Curitiba. Técnico da Empresa Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER);
- g) Severino Antunes de Bezerra — Presidente da Associação Paranaense de Suinocultores.

Para uma melhor apresentação dos resultados da pesquisa optou-se por referir-se aos entrevistados pelos sobrenomes destes, uma vez que, sendo todos diferentes, fica afastada a possibilidade de confundir as participações de cada um na pesquisa.

A autora da dissertação deseja esclarecer que as opiniões emitidas pelos entrevistados não refletem, necessariamente, a posição oficial das universidades, empresas ligadas ao meio-ambiente, ou instituições bancárias às quais se encontram ligados. A menção de tais entidades é feita apenas como forma de demonstrar, que os entrevistados possuem qualificação de sobra para participar da pesquisa.

A técnica utilizada para a coleta dos dados foi a da entrevista despadronizada, com perguntas abertas.

O entrevistador tem liberdade para desenvolver cada situação em qualquer direção que considere adequada. É uma forma de poder explorar mais amplamente uma questão. Em geral, as perguntas são abertas e podem ser respondidas dentro de uma conversação informal. [...] Há total liberdade por parte do entrevistado, que poderá expressar suas opiniões e sentimentos. A função do entrevistador é de incentivo, levando o informante a falar sobre determinado assunto, sem, entretanto, forçá-lo a responder. (LAKATOS; MARCONI, 1991, p. 197)

3.4.3 Método Estatístico

Para a coleta dos dados, o questionário foi aplicado pessoalmente (entrevista) e, em alguns casos, via correio eletrônico. Para uniformizar os resultados, quando da aplicação via e-mail, estabeleceu-se um prazo de duas semanas para a devolução das respostas. Com o fim do prazo de recebimento, os dados foram examinados minuciosa e criticamente, a fim de detectar falhas ou erros e evitar, dessa forma, informações confusas, distorcidas, incompletas, que pudessem prejudicar a pesquisa.

Os dados coletados foram então codificados, isto é, classificados, agrupados sob determinadas categorias. Com isso, passam da condição de dados qualitativos para a de quantitativos, facilitando sua tabulação e comunicação.

Passou-se então à tabulação dos dados, dispondo-os em tabelas, o que possibilita maior facilidade na verificação das inter-relações entre eles. Na seqüência e para facilitar ainda mais a visualização quantitativa dos dados coletados, estes foram passados, também, para a forma de gráficos.

Passou-se, por fim, à análise estatística dos dados, verificando a porcentagem de recorrência com que as opções presentes nas questões submetidas aos entrevistados apareciam na tabulação.

Isso feito, os resultados encontrados foram interpretados e confrontados com as informações colhidas durante a revisão bibliográfica, para fins de validação ou refutação das hipóteses levantadas e construção de sugestões pertinentes ao tema sob estudo.

3.5 Caracterização do Objeto de Estudo

Neste tópico são caracterizados os perfis topográfico e climático da região sob estudo (Toledo-PR) e da pecuária ali praticada. Também é apresentada uma proposta de implantação de biodigestores modelo chinês em pequenas e

médias propriedades suinocultoras da região, e esclarecidas as razões para a escolha deste modelo de digestor biológico.

3.5.1 Perfil Topográfico e Climático de Toledo-PR

O Município de Toledo-PR localiza-se na Região do Extremo Oeste Paranaense, no chamado terceiro planalto paranaense, a 549 Km de Curitiba-PR. Abrange uma superfície de 23.128 km², o que corresponde a 11, 44% da área total do Estado do Paraná.

Toledo-PR apresenta um relevo levemente ondulado, com algumas poucas elevações mais pronunciadas (colinas de topos arredondados), vertentes curtas e declives que variam entre 8% e 15%. De acordo com levantamentos do IAP — Instituto Ambiental do Paraná (1984), o solo da região é classificado como latossolo roxo distrófico (LRd6), apresentando solos profundos, com boa capacidade de retenção de água, aeração e permeabilidade. Enquanto a capital do Estado do Paraná, Curitiba, encontra-se a mais de 900m do nível do mar, Toledo apresenta uma elevação em torno de 540 metros.

O clima da cidade é do tipo subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes e geadas pouco frequentes. Temperatura média anual em torno de 19 a 20 C. O que restou da Mata Atlântica, somado a algumas medidas de reflorestamento, deixou uma cobertura vegetal em apenas 1% (60, 98 ha) da área total do Município. As florestas remanescentes são do tipo subtropical perinifolia com predomínio de árvores de grande porte. O regime pluviométrico apresenta precipitações anuais em torno de 1.800 mm, evapotranspiração potencial anual de 950 mm, e umidade relativa do ar entre 70% e 75%.

O relevo do Município é ligeiramente ondulado. A noroeste e sudoeste existem elevações mais acentuadas — a Serra de São Francisco e a Serra das Palmeiras. O solo é predominantemente do tipo latossolo roxo, com pH de 5,6 a 8,0. As terras de Toledo estão entre as mais férteis do mundo. Situado a uma altitude média de 547 metros acima do nível do mar e tendo seu ponto mais elevado a 750 metros, na Serra das Palmeiras, o Município apresenta clima subtropical úmido brando, com temperatura média anual de 19 graus centígrados. A precipitação pluviométrica média anual situa-se em torno de 1.800 mm. Toledo limita-se com os municípios de Palotina, Nova Santa

Rosa, Tupãssi, Assis Chateaubriand, Cascavel, Céu Azul, Vera Cruz do Oeste, Diamante do Oeste, São José das Palmeiras e Marechal Cândido Rondon. A rede hidrográfica é formada por seis bacias que deságuam no Lago de Itaipu, representada pelos rios São Francisco (o rio Toledo é seu afluente), Marreco, Guaçú, Dezoito de Abril, Santa Quitéria e São Francisco Falso (braço norte). (FUNTEC, 1992, p. 6)

A existência de vertentes e declives, associada ao terreno ondulado, requer práticas conservacionistas intensivas para controle da erosão.

A ondulação não muito pronunciada do relevo de Toledo-PR, torna a localidade excelente para a prática da suinocultura, pois favorece a criação intensiva, com os animais constantemente confinados, bem como o sistema extensivo, no qual os suínos são mantidos em piquetes (geralmente delimitados por cercas eletrificadas) durante as fases de reprodução, maternidade e creche, sendo confinados apenas nas fases de crescimento e terminação. A grande disponibilidade de água, oriunda da bacia hidrográfica de Toledo-PR e do índice de precipitação pluviométrica, também contribui para a criação de suínos, que utiliza grande quantidade de água, seja nos bebedouros, seja para lavar as edificações de confinamento.

A temperatura média da região, em torno de 19 a 20 °C, também é propícia para o bom funcionamento dos biodigestores, os quais devem funcionar sob ação de uma temperatura amena, a fim de preservar a flora bacteriana anaeróbica responsável pela degradação da biomassa.

Conclui-se, portanto, que o Município de Toledo-PR é ideal para a implantação de qualquer tipo de biodigestor, mesmo do modelo chinês, que tem sua eficiência levemente diminuída ao ter operar sob temperaturas muito baixas. A seguir, será traçado um breve traçado da pecuária desenvolvida em Toledo-PR para verificar se esta produz uma quantidade de matéria-prima suficiente para justificar a implantação dos biodigestores.

3.5.2 Perfil da Pecuária no Município de Toledo-PR

Os destaques da produção pecuária de Toledo-PR ficam por conta da suinocultura, da avicultura e da pecuária leiteira.

Em relação à avicultura, o Município de Toledo-PR apresenta um grande potencial de produção, com um plantel de cerca de 60 milhões de aves, o que corresponde a 39% do PIB agropecuário do Município, tornando-o o maior produtor de aves do Estado do Paraná. Tais aves são criadas através de um sistema integrado por empresas e cooperativas de grande porte (Sadia S/A, por exemplo).

Dados fornecidos pelo *site* "Projeto NOSSA TERRA", revelam que o Município de Toledo-PR também lidera o ranking estadual na produção de suínos, com um rebanho de 250 mil animais, entre matrizes, machos e filhotes, o que resulta em um abate de 4.550 animais ao dia. Outra demonstração da importância e do potencial desta atividade no Município é o fato de Toledo-PR ser a sede das duas únicas ETRs — Estações de Testagem de Reprodutores do Estado. Tais Estações estão sob a responsabilidade da Assuinoeste — Associação Regional dos Suinocultores do Oeste do Paraná, e recebem animais de outras Regiões e Estados para que sejam efetuados diversos tipos de avaliações e testes, como: espessura do toucinho, ganho de peso ao dia e conversão alimentar.

Em relação ao rebanho bovino, esta é outra alternativa econômica muito significativa em Toledo-PR — especialmente em relação à produção de gado leiteiro —, conferindo à cidade a sexta posição no Estado em produção de leite, com um *vol ume* anual de 42,1 milhões de litros (Departamento de Economia Rural do Estado do Paraná, 1998/99). Diversas iniciativas governamentais e privadas para a melhoria genética do plantel bovino, controle sanitário adequado, manejo e alimentação adequados do rebanho da cidade, foram essenciais no desenvolvimento da produção de leite bovino no Município de Toledo-PR.

Um papel decisivo tem sido representado pela Cooperlac — Cooperativa de Produtores de Leite e Suínos do Oeste do Paraná. Esta entidade, além de ajudar na comercialização dos produtos (leite e laticínios), auxilia, também, na aquisição, por parte de seus produtores sócios, de insumos a preços reduzidos, ao mesmo tempo em que presta assistência técnica a estes mesmos produtores.

A existência de um rebanho suíno de 250 mil cabeças garante a produção de matéria-prima (dejetos) para funcionamento adequado dos biodigestores, que forem construídos na região. Isto decorre do fato de um único suíno produzir, em média, cerca de 2,25 kg de dejetos/dia. Segundo Barrera (1993, p. 11), são necessários cerca de 5 animais para a produção de 12 kg/diários de dejetos, com conseqüente produção de 1m³ de biogás. Assim, dividindo-se a totalidade do rebanho (250.000 cabeças) pela exigência mínima (5 animais para a produção de 12 kg de dejetos), apresentada por Barrera (1993), chegar-se-ia à produção diária de 50 toneladas diárias de dejetos suínos, implicando na produção de cerca de 50.000 m³ de biogás.

Além deste volume fantástico de produção de dejetos suínos existe a possibilidade dos biodigestores funcionarem, também, com a biomassa fornecida pelo rebanho bovino e pelo plantel de aves do Município de Toledo-PR.

Conclui-se, portanto, que a produção de dejetos suínos para abastecimento diário dos biodigestores a serem instalados em Toledo-PR, é mais do que suficiente para justificar a implantação destes. No item a seguir, será apresentado o modelo escolhido para o projeto de instalação de biosistema integrado nas propriedades suinocultoras de Toledo-PR.

3.6 Projeto para Implantação de Biodigestor Modelo Chinês

Os itens anteriores demonstraram que a região rural de Toledo-PR, analisada em seus aspectos climáticos, de relevo geográfico e de produção pecuária, é ideal para a prática da suinocultura. Toledo-PR também apresenta os requisitos necessários para receber a implantação de Biosistemas Integrados envolvendo a instalação de biodigestores. A utilização destes aparelhos apresenta-se como uma solução bastante viável para resolver a questão da poluição dos recursos hídricos e do solo daquela região, pela grande quantidade de dejetos resultante da prática da suinocultura.

Baseando-se nas características da região-alvo e tendo comparado os modelos de biodigestores existentes no país, no que diz respeito a aspectos como: dificuldade técnica de construção e operação, custos de construção, forma de abastecimento (intermitente, constante ou semiconstante) e resultados práticos de cada modelo (produção de biogás e de biofertilizante), a dissertação houve por bem apresentar o biodigestor chinês como modelo de digestor anaeróbico a ser implantado em pequenas e médias propriedades suinocultoras de Toledo-PR.

Em relação às atividades rurais destinadas à complementação de um biosistema integrado, deve-se ressaltar, que a escolha de cada uma deverá ocorrer de acordo com as condições topográficas da propriedade suinocultora, a aptidão particular de cada proprietário para dedicar-se a uma delas, e a presença e/ou distância adequada de um centro consumidor para absorver a demanda. Assim, de nada adiantará um produtor desenvolver um trabalho de piscicultura se o mercado consumidor estiver tão distante da propriedade que os custos de transporte inviabilizem a atividade. Da mesma forma, uma atividade como a aquaponia não encontrará sucesso, se não dispor de uma procura que justifique sua implantação.

Assim sendo, serão abordados apenas os aspectos referentes à implantação do biodigestor, com o produtor rural devendo realizar um estudo da (s) atividade (s) complementar (es) que melhor se adequarão a compor o biosistema integrado. Nesse mister, o agricultor poderá, certamente, contar com o auxílio dos técnicos da EMATER, bem como outros órgãos ligados ao meio-ambiente (IAP, IBAMA, EMBRAPA).

3.6.1 Razões para a Escolha do Modelo Chinês

A escolha foi motivada, principalmente, pela facilidade em se conseguir os materiais necessários à sua construção. Esta, já não encontra as dificuldades presentes no início da difusão do mesmo em terras brasileiras.

Com base no relatório técnico da FAO sobre a tecnologia e a extraordinária expansão de biodigestores na China, a Embrater instalou em novembro de 1979, o primeiro biodigestor modelo chinês, na granja do Torto — Brasília — DF. Esta experiência pioneira veio demonstrar que é possível instalar uma unidade produtora de biogás e biofertilizante, de baixo custo, empregando exclusivamente areia, tijolo, cimento e cal. A partir da divulgação do Manual do Biodigestor Chinês da Embrater está havendo uma tendência crescente à implantação do modelo chinês no país. [...] A construção do Biodigestor modelo chinês não apresenta grandes dificuldades, mas dificilmente seria construído pelo próprio produtor rural, devido às suas particularidades. Será sempre necessário recorrer a um pedreiro experiente. Considerando que tecnicamente a construção de um destes aparelhos é equivalente à de um forno, com a continuidade da difusão dos biodigestores, certamente aparecerão inúmeros especialistas que dominarão com facilidade esta tecnologia, como aconteceu na China. (SGANZERLA, 1983, p. 28)

Deve-se frisar que, após passados quase vinte anos do momento descrito pelo autor acima, o avanço da tecnologia de comunicação (fax, e-mails, telefonia móvel e sistema "SEDEX" de correio, entre outros) chegou também ao campo, tornando muito mais fácil conseguir informações e auxílio adequado para a construção do aparelho, que já pode ser feito quase que exclusivamente com areia, tijolo, cimento e cal. Sganzerla (1983) deixou de citar os canos de PVC, a serem empregados na condução do biogás ao local de consumo.

Com relação à necessidade de um pedreiro experiente para erigir o modelo, convém lembrar, que não apenas os técnicos dos diversos órgãos governamentais de apoio ao produtor rural já possuem qualificação adequada para prestar orientações sobre o assunto, como muitas universidades — públicas ou particulares — continuam desenvolvendo pesquisas sobre a tecnologia dos biodigestores, podendo prestar os devidos esclarecimentos sobre a construção e manutenção dos aparelhos.

Outra razão para a escolha do biodigestor chinês é justamente o fato de não ser usado outro material além dos citados anteriormente. O modelo indiano, por sua vez, utiliza uma campânula móvel, a qual, se permite que o mesmo opere a baixa pressão, apresenta o inconveniente de precisar ser encomendada a terceiros ou adquirida pronta, além de encarecer em muito o preço final do aparelho. Se as dimensões desta campânula forem muito grandes haverá também a dificuldade de transporte, especialmente se as vias de acesso à propriedade não forem adequadas. Outro grande problema da campânula

reside na necessidade de precisar ser submetida a tratamento contra oxidação, quando construída por chapas de ferro.

Uma grande desvantagem do modelo chinês em relação ao indiano é a dificuldade de adaptação do mesmo ao tipo de solo encontrado na propriedade rural à qual se destina. O modelo indiano não necessita estabelecer medidas fixas entre o diâmetro e a profundidade do aparelho, bastando que se observe a relação de capacidade do tanque digestor e a campânula, ao contrário do modelo chinês. Este último, não se coaduna com terrenos pedregosos ou encharcados. Entretanto, devido à leve ondulação do relevo de Toledo-PR este problema pode ser contornado, mesmo porque o modelo indiano só pode ser instalado a uma distância máxima do ponto de consumo da ordem de 100 m, em virtude de operar a baixa pressão; enquanto o modelo chinês, por operar com alta pressão, não sofre tal limitação.

Portanto, a escolha do local para a construção do biodigestor chinês oferece maior possibilidade de escolha, inclusive como forma de evitar contato com um lençol freático muito baixo.

No capítulo a seguir, são analisados e discutidos os resultados da pesquisa de campo (entrevista) com as opiniões e colaborações dos pesquisados sendo comparadas aos dados da pesquisa bibliográfica, com o intuito de extrair sugestões válidas para a solução do problema da poluição de águas e solo por dejetos suínos, na região de Toledo-PR.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados da pesquisa de campo realizada junto a presidentes de associações de suinocultores e engenheiros agrônomos de órgãos ligados ao meio-ambiente, como a EMATER (Empresa Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural), IAP (Instituto Ambiental do Paraná) e Associação Nacional de Pesquisas em Preservação Ambiental. Foram entrevistados, também, um Gerente de Agronegócios do Banco do Brasil, os Chefes do Departamento de Solos da UFPR e PUC-PR, e um Professor Adjunto da área de ciências agrárias da UNIOESTE. As opiniões e colaborações dos submetidos à entrevista semi-estruturada foram comparadas aos dados da pesquisa bibliográfica, como forma de extrair sugestões válidas para a solução do problema da poluição de águas e solo de Toledo-PR, por dejetos suínos.

4.1 Toledo-PR

A pesquisa mostrou que Toledo-PR, por localizar-se a cerca de 540 metros do nível do mar, com um relevo levemente ondulado, possui boa capacidade de retenção de água, aeração e permeabilidade. Além disso, seu clima do tipo subtropical úmido mesotérmico (verões quentes e geadas pouco freqüentes), aliado à pouca ondulação do relevo, torna a região excelente tanto para a prática extensiva da suinocultura — suínos criados em espaço aberto— como para a intensiva — animais mantidos confinados em pocilgas.

Toledo-PR também é uma região excelente para a prática da suinocultura devido ao seu regime pluviométrico — precipitações pluviométricas em torno dos 1.800 metros anuais —, associado à grande disponibilidade de água da bacia hidrográfica do Rio Toledo, pois tal atividade exige muita água para os bebedouros dos animais e lavagem das instalações (pocilgas e maternidades).

A temperatura média anual de Toledo-PR, entre os 19 e 20 °C, colabora para a implantação de biodigestores, pois propicia uma temperatura adequada ao bom funcionamento da flora bacteriana presente nos aparelhos.

A pesquisa mostrou, também, que as cerca de 250 mil cabeças de suínos da região fornecem matéria-prima (dejetos) em quantidade suficiente para justificar a instalação de biodigestores para o tratamento de tal biomassa.

Os dados da revisão bibliográfica evidenciam, que Toledo-PR é uma região ideal para a implantação de projetos de biosistemas associados a biodigestores, visando a produção de energia e fertilizante, e, principalmente, a diminuição da poluição das águas e solo da região por dejetos de suínos.

4.2 Resultados da Pesquisa

Neste item são mostrados os resultados da pesquisa de campo, sendo os mesmos comparados com a revisão bibliográfica. Para melhor visualização, os dados foram passados para a forma de gráficos e tabelas, com vistas a auxiliar na análise da importância das opiniões emitidas.

4.2.1 Questão 1 – O Biodigestor Ajuda na Agregação de Valor e Combate à Poluição?

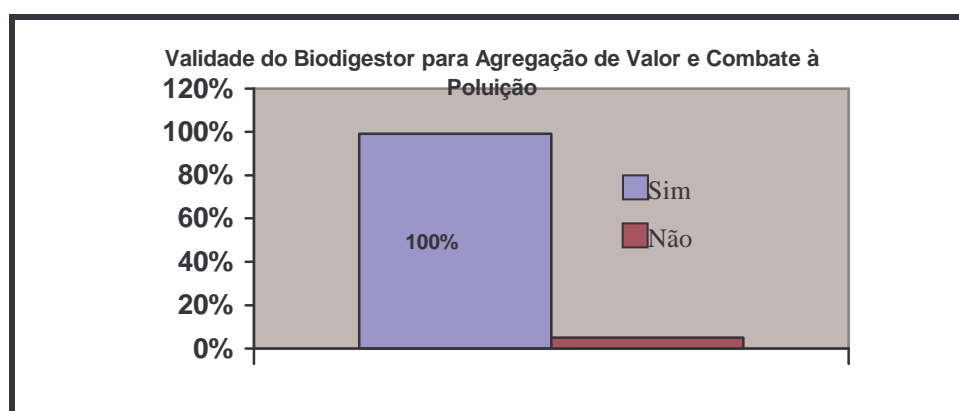


GRÁFICO 1 – Validade do Biodigestor para Agregação de Valor e Combate à Poluição -

De acordo com os dados do Gráfico 1, todos os entrevistados (7, ou 100% do total) concordaram com a validade do biodigestor como forma de agregação de valor à propriedade rural e combate à poluição por dejetos suínos. Alguns entrevistados defenderam a idéia de que o biodigestor deve constituir-se em uma parte importante de um sistema maior, o Biosistema Integrado, conectando-se a tanques de sedimentos, de algas e de peixes. Ou seja, uma (quase) total integração de atividades econômicas. O entrevistado Bezerra, por exemplo, considera que:

"[...] o biodigestor é um componente principal do biosistema integrado e este é um sistema produtivo agroindustrial onde são integradas diversas atividades econômicas, sendo que as saídas (output) de uma atividade são utilizadas como entrada (input) de outra, dentro dos preceitos da metodologia Zeri, visando o aproveitamento total da matéria-prima, geração de emprego e renda e o desenvolvimento sustentável. Sendo composto pelo biodigestor, tanque de sedimento, biogás, tanque de algas e tanque de peixes" (Bezerra).

Já o entrevistado Nolasco, apresentou restrições ao uso do aparelho; pois considera que este, por si só, não resolve o problema do fator poluente dos dejetos, e que apenas se o biogás puder ser efetivamente usado ocorrerá uma agregação de valor à propriedade rural. Também defendeu a utilização do biodigestor acoplado a outras tecnologias para um tratamento adequado dos dejetos suínos.

"Na teoria sim! Na prática depende de alguns fatores para que o problema seja resolvido. Entre estes podemos citar: dimensionamento adequado em função das características do dejetos e volume do mesmo; operação e manutenção adequada ao longo dos anos, visando obter eficiência elevada de tratamento. O biodigestor sozinho não possui eficiência elevada no tratamento de poluentes (DBO, sólidos e coliformes), é importante estar associado a outra tecnologia para tratamento complementar do efluente. Em relação à agregação de valor, somente se o biogás for aproveitado, pois os dejetos resultantes do biodigestor continuam a ser poluentes, mesmo com a matéria orgânica parcialmente estabilizada. O uso do dejetos no solo traz mais riscos ambientais que benefícios. (Nolasco)"

Estas considerações de Nolasco se chocam com os dados apresentados por um estudo do Centro de Divulgação Científica da Universidade de São Paulo, o qual afirma que quase a totalidade dos ovos de parasitas desaparece do efluente do biodigestor, consistindo em excelente forma de combater algumas das doenças endêmicas, que assolam boa parte do meio rural do país.

O desenvolvimento de um programa de biogás também representa um recurso eficiente para tratar os excrementos e melhorar a higiene e o padrão sanitário do meio rural. 'O lançamento de dejetos humanos e animais num digestor de biogás soluciona o problema de dar fins aos ovos dos esquistossomos e ancilóstomos, bem como de bactérias, bacilos desintéricos e paratíficos e de outros parasitas. O número de ovos de parasitas encontrados no efluente diminui em 99%, após a fermentação'. (USP, 2001)

Reis (1991, p. 2), por sua vez, lembra que "mais de cem milhões de chineses, com seus biodigestores 'homemade', conseguem [...] manter o meio ambiente livre de verminoses, esquistossomoses, hepatites e doenças entéricas".

Nascimento (1999) cita um projeto envolvendo tratamento de dejetos humanos por biodigestores que eliminou as verminoses de uma comunidade chinesa: "Em Lichi foi adotado um biodigestor para todo o esgoto sanitário de uma comunidade, e identificadas e eliminadas, previamente, as verminoses predominantes na mesma. Após três anos da implantação do projeto, foi verificado êxito total". O autor informa, também, que através de exames feitos em todos os integrantes da comunidade "ficou comprovado não haver se repetido nenhum caso de verminose" (Nascimento, 1999, p. 3).

Como se vê, existe uma discrepância entre as considerações de Nolasco e as considerações dos outros entrevistados. Além disso, os dados colhidos na revisão de literatura confirmam que o biodigestor é eficiente na eliminação dos efeitos nocivos dos dejetos suínos, especialmente no combate aos ovos de parasitas. Sendo assim, esta dissertação partilha do pressuposto, que o biodigestor apresenta bom desempenho na eliminação de verminoses dos dejetos (suínos ou não) sobre os quais atua.

Nolasco considerou, também, que o biodigestor servirá como fator de agregação de valor "somente se o biogás for aproveitado, pois os dejetos resultantes do biodigestor continuam a ser poluentes, mesmo com a matéria orgânica parcialmente estabilizada. O uso do dejetos no solo trás mais riscos ambientais que benefícios". Sterzelecki faz eco a Nolasco, ao afirmar que o biodigestor só agregará fator "desde que a propriedade tenha como utilizar o biogás e o biofertilizante", mas não concorda que o biofertilizante apresente mais riscos que benefícios. Os demais entrevistados opinaram que o biofertilizante é fator de agregação de valor às propriedades rurais, contanto

que os produtos da ação do biodigestor (biogás, biofertilizante) sejam realmente utilizados, em conformidade com outras atividades rurais, como a criação de peixes e alevinos.

4.2.2 Questão 2 – Razões Para que os Biodigestores Sejam Pouco Disseminados no Paraná

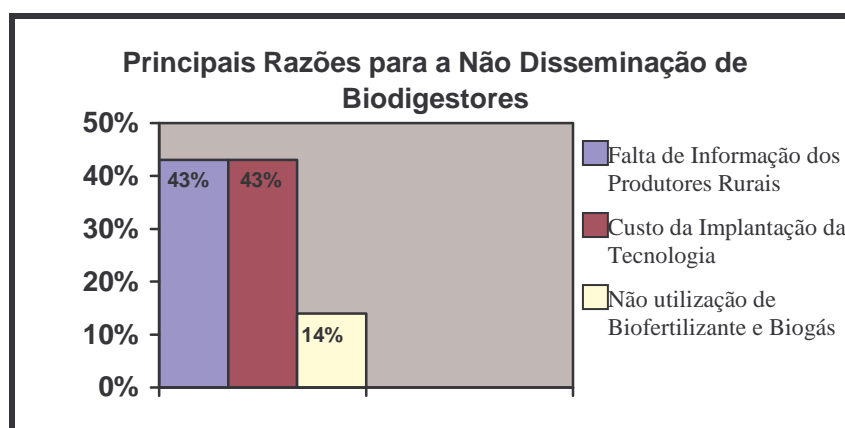


GRÁFICO 2 – Principais Razões para a Não Disseminação de Biodigestores no Paraná

As informações do Gráfico 2 mostram, que 43% dos entrevistados (3) consideram a falta de informação como a razão mais significativa para que não haja uma maior disseminação de biodigestores no Estado do Paraná. A mesma proporção de entrevistados (3 ou 43% do total) apontaram os custos de implantação da tecnologia, como o fator preponderante para a falta de disseminação de biodigestores no Estado do Paraná. Apenas um questionado (14%), considerou que a situação mencionada derivava da falta de aproveitamento sustentado dos produtos da biodigestão (biogás e biofertilizante).

Justificando sua opção pelo não aproveitamento do biogás e biofertilizante como fator de desestímulo do uso de biodigestores, Sterzelecki considerou que o biodigestor não pode ser usado apenas como meio de combater a poluição de solo e águas.

"Há dez anos houve a disseminação de biodigestores em solo paranaense, como fonte alternativa de energia. Uma das razões, não custa enfatizar, é a utilização ou não das propriedades do resíduo como fonte de energia (biogás) ou como fertilizante e corretivo do solo (biofertilizante). O uso do biodigestor apenas como forma de tratamento de resíduos não é viável para a propriedade". (Sterzelecki)

Outros entrevistados, como Bezerra, também já haviam defendido a opinião de que o biodigestor não deve ser usado sozinho, mas sim fazer parte de um Biosistema Integrado, de forma a agregar valor à propriedade rural. Se fosse apenas para evitar a poluição do meio ambiente, tais autores consideram que lagoas de decantação ou bioesterqueiras (bem construídas e usadas de modo racional e seguro) poderiam desempenhar o papel do biodigestor sem os custos (e as dificuldades de operação) deste. Portanto, pode-se considerar como acertada a colocação de Sterzelecki, devendo o biodigestor ser empregado como forma de combate à poluição, geração de energia (biogás) e de fertilizante para a agricultura (biofertilizante).

Entre os que consideram o fator custo da tecnologia, Bezerra considera que esta "se torna cara para implantação na pequena propriedade [...], desde que, na propriedade haja a disponibilidade de águas (produção de peixes em escala e verticalização da produção)". Como se pode notar, o entrevistado refere-se, mais uma vez ao biosistema integrado. Entretanto, se o suinocultor fizer a opção de utilizar o digestor apenas como forma de tratamento de dejetos suínos, essa dificuldade de implantação (alto custo) desaparece, uma vez que se constatou um custo de apenas R\$ 2.816,34 (em média) na instalação de um biodigestor modelo chinês.

Ainda em relação ao aspecto dos custos de implantação da tecnologia, Feiden lembra que muitos técnicos, inclusive dos órgãos de extensão rural, desconhecem certos aspectos desta tecnologia, o que faz com que o suinocultor encontre, posteriormente, problemas graves que o desestimulam de continuar usando o biodigestor.

A principal razão da pouca divulgação dos biodigestores no Paraná é o desconhecimento da tecnologia, inclusive por parte dos próprios técnicos. A tecnologia que se divulga é muito diferente da realidade que o produtor vai enfrentar no dia-a-dia de sua atividade. Um biodigestor é um dispositivo complexo, que requer atenção diária e que quando manejado sem a devida atenção simplesmente entra em colapso. A necessidade de fazer ajustes, adaptações de equipamentos e manutenções em canos

e mangueiras é constante. Além disso, o biogás contém de 0,5% a 1,5% de gás sulfídrico (H_2S), que se dissolve na água de condensação e se transforma em ácido sulfúrico diluído, atacando severamente todos os metais com os quais entra em contato e até mesmo o próprio concreto. Há formas de remover esse componente, mesmo a baixo custo, mas isso raramente é feito. Por isso, canos e tubulações metálicas, motores, compressores, equipamentos, etc., muitos de custo elevado, em pouco tempo estão imprestáveis. Isto desanima os produtores e os estimula a voltar a usar, por exemplo, motores elétricos, que não precisam de manutenção, nem serviço, e estão sempre prontos a obedecer a um toque de botão. [...] Em geral, a expectativa do produtor é de que o biodigestor irá resolver todos os seus problemas ambientais e energéticos. Como isso não ocorre, coloca a culpa no técnico, na Emater, no Banco, etc., e abandona o biodigestor. (Feiden)

Um dos aspectos levantados por Feiden é realmente influente na hora do produtor decidir implantar o biodigestor: os cuidados constantes com o aparelho. Este necessita, na maioria dos modelos, de um abastecimento diário de biomassa (dejetos suínos e água), o que faz com que o produtor prefira apenas apertar um botão para acionar um motor elétrico a ter de abastecer o biodigestor, diariamente, não importando as condições do clima no momento do abastecimento (chuva, geada, temperatura baixa, sol forte). A perspectiva de perder um aparelho caro (compressor, motor, geladeira, incubadora de pintos) também não é nada agradável, para quem já investiu um bom dinheiro no digestor anaeróbico. Isto reforça a idéia de que é preciso que os órgãos de expansão rural e associações/cooperativas de suinocultores realizem um trabalho conjunto, com o intuito de examinar, detalhadamente, a tecnologia dos biodigestores e encontrar a melhor solução para os problemas levantados por Feiden. Caso contrário, os biodigestores continuarão a serem preteridos em favor de tecnologias mais simples e descomplicadas.

Nolasco, por sua vez, lembra que na década de 1970 ocorreu um projeto de implantação de biodigestores no Paraná, na esteira da crise deflagrada pelo aumento brutal do preço do petróleo, por parte dos países integrantes da OPEP. Os biodigestores foram apontados como solução para suprir a demanda de fontes energéticas alternativas ao petróleo. Entretanto, com a superação da crise (baixa dos preços do barril no mercado mundial e mesmo a criação e implantação do PROÁLCOOL e dos carros a álcool anidro), os digestores foram abandonados. "No passado, com a crise energética, os biodigestores foram amplamente utilizados em propriedades rurais no Paraná. Como este problema foi solucionado, esses projetos foram abandonados" (Nolasco).

Deve-se ressaltar que, na década de 70, não existia, ainda, uma preocupação com os aspectos higiênicos e ambientais da criação de suínos. Com isso, as vantagens do uso do biofertilizante não eram consideradas, sendo este lançado no meio ambiente e os biodigestores eram vistos apenas como fonte de energia alternativa, a ser empregada somente enquanto perdurasse a alta do petróleo no mercado.

O que se percebe é que os dois fatores mais votados pelos entrevistados para explicar porque não ocorre uma maior disseminação de biodigestores no Paraná, na verdade se complementam, pois os propalados altos custos de implantação só se aplicam ao biosistema integrado; não sendo, portanto, uma condição intrínseca do biodigestor. A falta de informação, por outro lado, faz com que o produtor sofra com a perda de aparelhos valiosos (motores e compressores, por exemplo) devido ao gás sulfídrico e resolva desativar o biodigestor.

Como forma de constatar a importância da falta de informação, tanto de produtores, como de técnicos agrícolas, sobre a implantação e operação do biodigestor, convém assinalar o depoimento de Feiden, que passou por uma experiência altamente negativa com um biodigestor modelo indiano.

"Eu participei pessoalmente do primeiro ciclo de incentivos a biodigestores no Paraná, entre 1978 e 1986. Na época, como filho de um pequeno produtor rural, ajudei a convencer meu pai a investir num biodigestor rural, tipo indiano, com cúpula de fibra de vidro, financiado através do Banco do Estado do Paraná. Três anos após, e depois de gastar mais que o dobro do previsto inicialmente, o biodigestor ainda não estava funcionando. Os erros de projeto e desconhecimento da tecnologia, os técnicos da EMATER e da empresa fabricante da cúpula de fibra de vidro foram incapazes de fazer a mesma funcionar a contento. Invariavelmente, a cúpula se enroscava na parede lateral e a pressão do gás causava sua ruptura. Meu pai então retirou a cúpula e utilizou o biodigestor como uma simples esterqueira. Somente mais tarde, já como estudante, é que eu consegui descobrir a causa do problema e o biodigestor passou a ser utilizado normalmente. Praticamente todos os biodigestores implantados naquela época, aqui na região (Oeste do Paraná), foram abandonados. [...] Meu maior receio é o grande número de 'pseudo-especialistas' que surgem nesta situação e que acabam fazendo experiência com os produtores. Isto pode levar a um novo fracasso na adoção desta tecnologia em escala estadual". (Feiden)

Com base no depoimento acima, não há como não entender o desalento com que o suinocultor experimenta com a tecnologia dos biodigestores, quando nem mesmo os técnicos da EMATER ou da empresa que fabrica a (cara)

cúpula de vidro se entendem (ou à tecnologia). Caracteriza-se, no depoimento, a prática do "cego guiando outro". Por isso, deve-se insistir em uma cooperação maior entre associações/cooperativas de suinocultores e técnicos dos programas de expansão rural para que a implantação dos biodigestores obedeça determinadas regras que padronizem sua utilização, evitando a frustração das expectativas dos criadores de suínos, levando-os a abandonar esta importante tecnologia alternativa.

4.2.3 Questão 3 – Pedido de Auxílio Técnico para Implantar Biodigestores

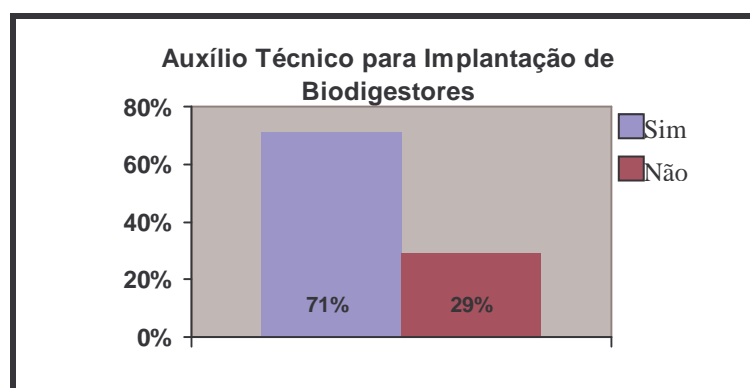


GRÁFICO 3 – Auxílio Técnico para Implantação de Biodigestores

Os dados do Gráfico 3 mostram, que a procura por informações e ajuda para implantar biodigestores continua sendo muito grande. A demanda já foi maior, devido à citada crise de combustíveis, mas com a superação desta os biodigestores ficaram esquecidos. A recente crise no fornecimento de energia elétrica no Brasil, consubstanciada nos "apagões" e no racionamento de energia elétrica, principalmente nos Estados do Nordeste do país, motivaram novamente a procura por esta tecnologia alternativa, mas bastou a normalização da situação para que os suinocultores e demais produtores rurais voltassem a optar pela energia elétrica e derivados de petróleo, desativando seus biodigestores. Isso acontece, não custa repetir, devido aos altos custos de

implantação do biosistema integrado, ao qual os técnicos consideram que o biodigestor deva estar atrelado, e às dificuldades de manutenção da tecnologia.

Mais uma vez, percebe-se que a grande dificuldade encontrada pelos biodigestores para se firmarem definitivamente, não só no Paraná, mas em todo o Brasil, parece ser a conscientização dos suinocultores (além de outros criadores de animais) de que a responsabilidade pelo manejo e destinação final de tais resíduos recai sobre eles e que, portanto, precisam usar **qualquer** forma de tratamento eficiente destes resíduos, pois a não observância das leis a este respeito pode resultar na própria cassação do direito de exercer a suinocultura. A preocupação com as agressões ao meio ambiente está levando os órgãos governamentais e legislativos a criar punições cada vez mais pesadas contra os faltosos.

Nolasco considera que o problema "reside nos pequenos produtores, que são maioria em SC e PR. Estes não cumprem a legislação, alegam não possuir recursos financeiros para fazer algum tipo de tratamento e nem conhecimento do problema em si (da poluição ambiental)". Infelizmente, para a Justiça, a alegação de desconhecimento das leis não é cabível como justificativa de inocência.

4.3.4 Questão 4 — Medidas Técnicas para uma Maior Difusão de Biodigestores

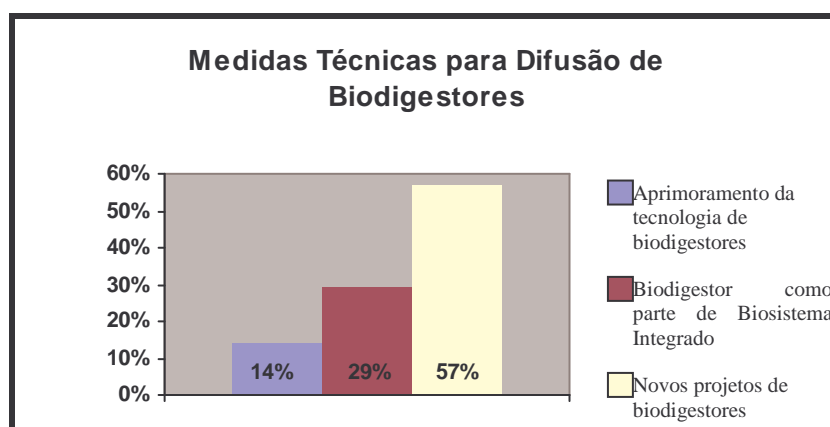


GRÁFICO 4 – Medidas Técnicas para Disseminação de Biodigestores

O Gráfico 4 mostra, que mais da metade dos entrevistados (4 ou 57% do total) consideram ser necessária a elaboração de novos projetos de implantação de biodigestores para que esta tecnologia possa se firmar definitivamente em terras paranaenses. Estes projetos deveriam, segundo os questionados, concentrar-se mais na difusão das vantagens do biodigestor como meio de preservação do meio ambiente, e não como substituto de fontes de energia tradicionais, como petróleo e energia elétrica.

Araújo considera importante que tais projetos procurem pautar-se pelo baixo custo, inclusive com o uso de "kits" de biodigestores prontos, do tipo "faça-monte você mesmo". Bezerra, por sua vez, considera que os bancos poderiam desempenhar papel importante nesses projetos, "disponibilizando linhas especiais de crédito via BNDS ou Banco do Brasil, com prazos diferenciados, que possam oportunizar a viabilização da tecnologia e sua maior divulgação entre os próprios suinocultores. Poder agregar à planilha de custo da suinocultura a possibilidade de beneficiar os custos ambientais. [...] Oportunizar o gerenciamento da produção e dar incentivos fiscais ou ambientais para quem venha a utilizar a tecnologia".

A sugestão de Bezerra é assaz oportuna. Afinal, se muitas indústrias recebem incentivos e isenções várias quando instalam filtros especiais em suas máquinas — com o intuito de diminuir a poluição do solo e das águas —, por que tais benesses não poderiam ser estendidas aos suinocultores que demonstrarem preocupação com o manejo adequado e ecológico dos dejetos produzidos?

Feiden considera que, para que os novos projetos de implantação dêem certo, é preciso "treinar novos técnicos e atualizar os técnicos existentes na implantação de sistemas adequados ao nosso clima e ao nosso sistema de produção. É necessário investir em modelos que funcionem de fato, testados nas condições reais das propriedades e que tragam benefícios concretos ao produtor".

Em relação à necessidade de se inserir o biodigestor dentro de um biosistema integrado, Sterzelecki repete seu posicionamento a favor da

necessidade "da conscientização dos produtores em não fixarem seus esforços apenas na produção casada de biogás e biofertilizante, mas recorrer à agregação de outras atividades, como a aquaponia e a piscicultura, como forma de exercer um controle ambiental adequado e verticalizar a produção".

Nolasco, por sua vez, considera que "diversas tecnologias devem ser avaliadas", mas que "[...] Seria bom que houvesse maior conscientização dos diversos segmentos relacionados à cadeia produtiva do suíno como um todo, para alcançar resultados melhores. A indústria tem que assumir um papel neste contexto, com responsabilidades tais que seus fornecedores sejam obrigados a realizarem o tratamento [dos dejetos] (com eficiência)".

Não há como negar a importância de se elaborarem novos projetos de implantação, de forma coerente com a tecnologia disponível (que deve ser aprimorada a cada dia). Também se deve reconhecer a importância de o biodigestor ser acoplado (se possível) a outras cadeias de produção. Entretanto, o grande problema do biosistema integrado é que o custo de sua implantação pode tornar-se proibitivo para o médio e pequeno suinocultor, principais objetos de interesse desta dissertação, a qual procura formas de viabilizar e otimizar a capacidade produtiva destes. Além disso, a implantação de lagoas de decantação e tanques de peixes e algas depende de fatores como disponibilidade de espaço, relevo da propriedade e disponibilidade significativa de águas para abastecimento, nem sempre presentes em médias e pequenas propriedades suinocultoras paranaenses. Entretanto, mesmo operando sem um biosistema integrado, o biodigestor ainda representa uma alternativa significativa para o tratamento adequado de dejetos suínos.

4.2.5 Questão 5 — Medidas Ambientais para Disseminar Biodigestores

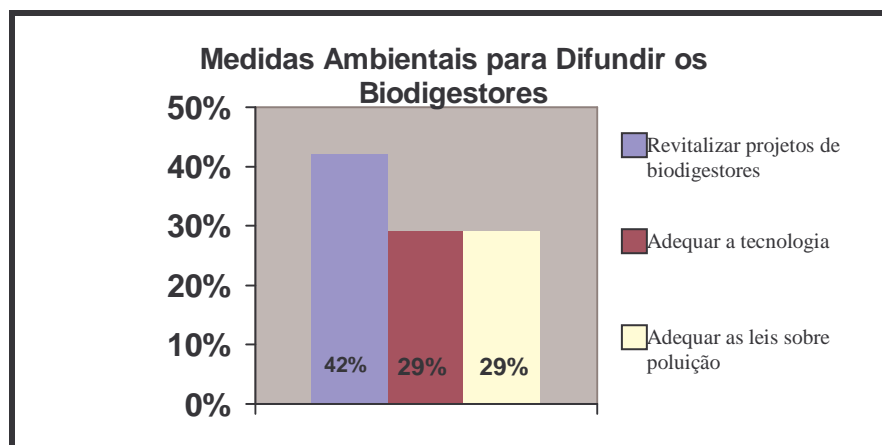


GRÁFICO 5 – Medidas Ambientais para Facilitar a Disseminação de Biodigestores

Pelos dados do Gráfico 5 pode-se perceber, que alguns entrevistados consideram oportuna a revitalização dos projetos de implantação de biodigestores que foram abandonados no final da década de 1970. Como visto anteriormente, esses projetos visavam apresentar a tecnologia do biodigestor como uma alternativa à escassez de combustível fóssil (petróleo). Como lembra Sterzelecki "deve-se entender que os biodigestores chegaram ao país na esteira da crise energética dos anos 70. Somente hoje se passou a valorizar mais o aspecto ecológico do problema".

Bezerra acrescenta que "a preocupação generalizada com o meio ambiente e as gerações futuras está vinculada ao crescimento industrial e suas tecnologias poluidoras, uma vez que os empreendedores estão mais preocupados com o aumento da produção e rendas de suas empresas, em detrimento do meio ambiente". É preciso, segundo Bezerra, reverter este quadro e se colocar a preocupação com o meio ambiente em primeiro lugar. Neste aspecto, a participação do governo torna-se fundamental, na medida em que pode contribuir não só com as diversas formas de controle da poluição ambiental, mas conceder vantagens fiscais àquelas propriedades suinocultoras que demonstrarem estar voltadas para a busca de soluções para a poluição ambiental causada pela atividade.

Mais recentemente (2001), devido à crise no sistema brasileiro de fornecimento de energia elétrica, ocorreu o fenômeno dos "apagões" e os biodigestores passaram a ser cogitados novamente como fonte alternativa de

energia. Entretanto, bastou o reservatório das hidrelétricas alcançar um volume d'água adequado e o perigo dos "apagões" e do racionamento de energia elétrica passar (temporariamente), para que os projetos de implantação de biodigestores fossem esquecidos e os que estavam em andamento abandonados.

De acordo com a opinião dos entrevistados, o fator mais importante a ser observado na próxima tentativa de disseminação de biodigestores em solo paranaense reside nos benefícios que o uso de tal tecnologia traz para o meio ambiente. Se a possibilidade de o cuidado com o meio ambiente reverter em vantagens especiais para o suinocultor (isenções ou reduções fiscais, por exemplo) se tornasse realidade, os criadores se sentiriam mais propensos a continuar com o uso da tecnologia, mesmo com todos os inconvenientes que esta apresenta em relação a outras tecnologias de tratamento de dejetos (esterqueiras, bioesterqueiras, lagoas de decantação e alto custo de implantação, no caso de biosistemas integrados).

No que toca às leis ambientais, Bezerra é incisivo, ao considerar que "é preciso reconhecer que a suinocultura se desenvolve em uma matriz econômica primária e que, para produzir, gera impacto ambiental de grande magnitude, sendo que seu potencial poluidor pode ser comparado com o das grandes indústrias. As legislações devem ser adequadas à prática da suinocultura, para que todos os suinocultores possam estar em conformidade com a legislação, sem paternalismo, mas com profissionalismo". Nolasco considera, porém, que o problema encontra-se razoavelmente restrito ao segmento dos pequenos suinocultores. "O problema, hoje, reside nos pequenos produtores, que são a maioria em SC e PR. Estes não cumprem a legislação, alegam não possuir recursos financeiros para fazer algum tipo de tratamento e nem conhecimento do problema em si (da poluição ambiental)".

Em relação à necessidade de adequar a tecnologia existente, Feiden reitera a necessidade de se "dominar a tecnologia. Treinar novos técnicos e atualizar os técnicos existentes na implantação de sistemas adequados ao nosso clima e ao nosso sistema de produção". Bezerra concorda, ao afirmar que "as tecnologias empregadas no passado têm de ser aprimoradas para o futuro e

para que tragam funcionalidade e segurança em sua aplicação". Feiden apresenta, como exemplo da necessidade de aprimorar a tecnologia existente, sua própria experiência com um biodigestor modelo indiano que, devido a erros de técnicos da EMATER e da fábrica do aparelho, "três anos após o início [da implantação], e depois de gastar mais que o dobro do previsto inicialmente ainda não estava funcionando".

É inevitável considerar válidas as opiniões dos entrevistados com relação à necessidade de se reavaliar a forma de divulgação da tecnologia dos biodigestores em solo paranaense, para que os suinocultores que mostrarem interesse no assunto não acabem formando uma imagem equivocada das potencialidades dos biodigestores e terminem por se desiludir com os resultados, que aparecerão após a instalação dos aparelhos. Se isso acontecer, a tecnologia será, mais uma vez, abandonada.

4.3 Recomendações

Com base nos resultados alcançados por este trabalho, é possível recomendar que:

- O Banco do Brasil desenvolva pesquisas entre seus Gerentes de Crédito Rural, no sentido de aquilatar o conhecimento dos mesmos acerca das características da tecnologia da biodigestão anaeróbica e das implicações da mesma para o desenvolvimento sustentado das pequenas e médias propriedades suinocultoras do Estado do Paraná. Ao mesmo tempo, recomenda-se que o Banco verifique a viabilidade de criação de linhas creditícias específicas para a implantação dessa tecnologia ou de se encontrar alternativas, que facilitem o acesso do suinocultor às linhas creditícias já existentes para implantação de biodigestores;
- As universidades do Sul do Brasil, através de seus Departamentos de Agronomia, estudem a viabilidade de desenvolver convênios com cooperativas/associações de suinocultores, no sentido de aprofundar

estudos conjuntos sobre a tecnologia dos biodigestores. Com isso, será possível oferecer informações precisas e atualizadas aos suinocultores sobre todos os aspectos que envolvem a opção por biodigestores na prevenção da poluição do meio ambiente por dejetos suínos, e tentativa de agregar valor à propriedade rural (inclusive com demonstrações de campo do funcionamento de tais aparelhos);

- Que o Governo do Estado do Paraná, através da Secretaria do Meio Ambiente e Secretaria da Receita Estadual, estude a possibilidade de instituir a concessão de isenções tarifárias e fiscais para suinocultores, que adotarem medidas enérgicas que venham diminuir a poluição causada por dejetos suínos. Com tais incentivos, muitos produtores rurais (inclusive os que se dedicarem a outros tipos de criação de animais) poderão motivar-se a buscar soluções para combater a poluição do meio ambiente pelos resíduos oriundos de suas atividades rurais;
- Que as universidades federais dos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, através de seus Departamentos de Agronomia, desenvolvam (ou intensifiquem se já o fizerem) um intercâmbio de informações com as demais universidades (públicas e/ou privadas) do Sul do Brasil, no sentido de buscar o desenvolvimento da tecnologia dos biodigestores. Assim, será possível desenvolver uma tecnologia padrão, que possa ser empregada pelos criadores de suínos dos três Estados na diminuição do potencial poluidor dos resíduos dessa atividade rural;
- Recomenda-se, por fim, que as associações/cooperativas de suinocultores busquem a orientação dos órgãos de extensão rural na elaboração de projetos de implantação de biodigestores e/ou biosistemas integrados, para que possam dispor de todas as informações necessárias na hora de decidir pela implantação, ou não, deste tipo de tecnologia de combate à poluição por dejetos suínos.

Se algumas dessas sugestões forem tomadas, haverá, com certeza, uma redução significativa na poluição do solo e das águas não apenas no Estado do

Paraná, mas em todo o território nacional. Com isso, a expectativa de se legar um mundo mais saudável, bem menos poluído, para as próximas gerações será bem maior. As futuras gerações, com certeza, agradecem.

4.4 Considerações Finais do Capítulo

Neste capítulo verificou-se que a região de Toledo-PR é ideal para a implantação de projetos de biodigestores associados a biosistemas, visando a produção de energia e fertilizante, e, principalmente, a diminuição da poluição das águas e solo por dejetos de suínos, devido a diversos fatores, como clima, regime pluviométrico e natureza do terreno.

Verificou-se que os entrevistados consideram o biodigestor como uma forma apropriada de agregar valor às propriedades rurais e combater a poluição por dejetos suínos. A maioria defendeu a utilização do aparelho em conjunto com um biosistema integrado, com tanques de decantação e de peixes, como forma de integrar quase totalmente as atividades econômicas das pequenas e médias propriedades rurais de Toledo-PR (aqüicultura e piscicultura, por exemplo) à prática da suinocultura.

Constatou-se que o biodigestor, por si só, não basta para garantir a agregação de valor, especialmente se sua implantação visar apenas à produção de energia alternativa. O biogás e o biofertilizante devem ser utilizados plenamente e o biodigestor deve fazer parte de um biosistema integrado envolvendo outras atividades agrícolas (piscicultura e/ou aqüicultura).

Verificou-se, também, que ainda existe muita procura por informações sobre a tecnologia dos biodigestores, mas que tal interesse ocorre mais fortemente em períodos de dificuldades para conseguir energia elétrica (risco de "apagões"). Uma vez sanada a dificuldade, os biodigestores são abandonados.

Em relação às medidas técnicas e ambientais para garantir uma maior difusão dos biodigestores, considerou-se imprescindível, que novos projetos de instalação de biodigestores na região de Toledo-PR se concentrem na tarefa de conscientizar os suinocultores de que os aparelhos devem ser procurados

não apenas para produção de energia alternativa, mas como fonte de agregação de valor, através do uso pleno do biogás e do biofertilizante. Em relação às medidas ambientais, os entrevistados consideraram que estas devem ser mais rigorosas e que as próprias indústrias de beneficiamento da carne suína deveriam ajudar o produtor a arcar com as despesas de preservação do meio ambiente.

Por fim, o capítulo apresentou recomendações ao Banco do Brasil para que este instrua seus gerentes de Crédito Rural, sobre a tecnologia dos biodigestores e suas implicações para o desenvolvimento sustentado das médias e pequenas propriedades rurais, além de verificar a possibilidade de criar novas linhas creditícias para implantação dessa tecnologia alternativa, ou aprimorar as já existentes.

Recomendou-se, igualmente, que ocorra uma cooperação entre associações/cooperativas de suinocultores e universidades do sul do País, no sentido de pesquisar novas formas de utilizar a tecnologia dos biodigestores na prevenção de danos ao meio ambiente e na agregação de valor às propriedades suinocultoras. Recomendou-se, também, que o Governo do Paraná estude a possibilidade de conceder reduções tarifárias e fiscais para suinocultores, que adotarem medidas firmes para evitar a poluição ambiental resultante de tal atividade rural.

No capítulo a seguir serão apresentadas as conclusões a que a dissertação chegou a partir dos dados da pesquisa.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

No capítulo anterior foram discutidos os dados reunidos na pesquisa de campo. Ficou evidenciado que a tecnologia dos biodigestores apresenta condições de auxiliar na solução de muitos problemas criados pela prática da suinocultura em solo paranaense, desde que tal tecnologia sofra os ajustes cabíveis e necessários. Neste capítulo são apresentadas as conclusões sobre a adequação de se utilizar os biodigestores como forma de combater a poluição dos mananciais de água e do solo da região de Toledo-PR, por dejetos de suínos, ao mesmo tempo em que se agrega valor às propriedades rurais daquela região. São apresentadas, também, recomendações sobre a oportunidade de prosseguimento das pesquisas sobre o tema abordado.

5.1 Conclusões

Com base, na análise dos dados obtidos pela pesquisa de campo, confrontando-os com as informações derivadas da revisão bibliográfica e com os objetivos propostos para esta dissertação, foi possível elaborar determinadas conclusões acerca do tema abordado. Estas conclusões são apresentadas a seguir.

Objetivo específico 1 - Verificar qual modelo de biodigestor é mais adequado para implantação em pequenas e médias propriedades suinocultoras da região de Toledo-PR, no tocante a custo de construção e eficiência no manejo adequado dos dejetos de suínos.

Em Toledo-PR encontram-se grandes propriedades rurais de criação de suínos, com grande poder de barganha junto a instituições financeiras na hora de financiar projetos de grande porte voltados para o manejo adequado de dejetos, o que não ocorre com os médios e pequenos suinocultores.

A proposta da pesquisa era encontrar formas do pequeno (principalmente) e médio suinocultor paranaense atenderem às exigências de órgãos como o Instituto Ambiental do Paraná (IAP) e IBAMA, acerca da necessidade de

preservar o meio ambiente (solo e águas especificamente) da contaminação por dejetos de suínos. Embora exista uma grande diferença entre o potencial poluidor de grandes indústrias e suinocultores, em relação ao potencial de poluição das pequenas propriedades suinocultoras, as penalidades previstas para os infratores são igualmente enérgicas. Assim sendo, a pesquisa buscou soluções para auxiliar os pequenos criadores de suínos a atenderem as exigências ambientais (livrando-se das pesadas multas), ao mesmo tempo em que pudessem agregar valor às suas propriedades rurais e contribuíssem para a preservação ambiental. Uma das soluções mais viáveis constituiu-se na implantação de biodigestores nessas propriedades.

Esta alternativa precisava ser analisada, a fim de verificar se era exequível e se atendia os principais aspectos do problema (preservação ambiental e geração de valor). A revisão bibliográfica mostrou, que o biodigestor não apenas transformava os dejetos suínos em um adubo biológico de grande poder de correção das características originais do solo, mas também produzia gás metano em quantidade significativa, o qual poderia ser usado não só no preparo de alimentos e na iluminação artificial (lâmpiões a gás), bem como para movimentar motores e compressores. Ao mesmo tempo, eliminava quase a totalidade dos ovos de parasitos que infestam o ser humano (ancilóstomos, esquistossomos e bacilos paratíficos, entre outros) e que eram encontrados em tais dejetos suínos. Os resíduos da biodigestão tornavam-se quase inertes, podendo ser lançados ao meio ambiente sem prejudicá-lo.

Assim sendo, o biodigestor atende as exigências de tratamento dos dejetos suínos e agrega valor à propriedade rural em Toledo-PR, na medida em que pode diminuir, significativamente, o aporte de insumos agrícolas à mesma (adubos e corretivos do solo) e resolver, pelo menos em parte, o problema do déficit da eletrificação rural na região (e no resto do meio rural do país). O biodigestor pode melhorar o padrão de vida das pessoas, na medida em que fornece gás de qualidade para uso na preparação dos alimentos, diminuindo, significativamente, os gastos com lenha e gás de cozinha (butano).

Examinando os diversos modelos de biodigestores disponíveis, como o chinês, o indiano, o de batelada (diversos) e o modelo PE (modelo

pernambucano), chegou-se à conclusão de que o modelo "chinês", totalmente construído de tijolos e/ou concreto, era o mais indicado para implantação nas pequenas e médias propriedades suinocultoras da região de Toledo-PR. Esta conclusão teve por base o baixo custo de construção do aparelho, em comparação aos demais modelos, a facilidade de construção do mesmo, quando efetuada por um pedreiro experiente, sua melhor adaptação ao clima de Toledo-PR e a simplicidade de seu manejo. Concluiu-se, portanto, que o modelo chinês de biodigestor é o mais apropriado para ser empregado pelos médios e pequenos suinocultores de Toledo-PR no tratamento de dejetos suínos.

Objetivo específico 2 - Analisar as dificuldades mais significativas encontradas pelos suinocultores da região de Toledo-PR, no sentido de implantar a utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades.

Em relação a este objetivo específico, a pesquisa de campo, centrada em profissionais da área de Agronomia (professores de universidades agrícolas, engenheiros agrônomos, técnicos agrícolas, gerentes de banco e diretores de associações/cooperativas de suinocultores), mostrou que as principais dificuldades encontradas pelos pequenos e médios produtores rurais para implantar biodigestores são: a falta de informação e os custos desta implantação.

A falta de informação deve-se, principalmente, ao fato de que a tecnologia dos biodigestores chegou ao Brasil na época da crise de fornecimento de combustível, deflagrada na década de 70 pela OPEP. Assim, os biodigestores da época encontravam-se direcionados mais para a produção de gás — destinado à movimentação de motores e demais aparelhos, que dependiam de gasolina ou óleo diesel, e que eram adaptados para funcionar com o gás metano — do que para a utilização do biofertilizante e da preservação ambiental. Assim que a crise do petróleo e derivados passou, os biodigestores foram abandonados.

Hoje, quando a necessidade mais premente desloca-se da produção de combustível para a preservação do meio ambiente, é preciso conscientizar não

só o produtor, mas os próprios técnicos agrícolas, de que a tecnologia dos biodigestores não se constitui em uma solução "mágica" para todos os problemas de uma propriedade rural, mas sim numa alternativa para **auxiliar** na solução de muitos destes problemas. Por isso, é preciso que técnicos e produtores examinem cuidadosamente todos os aspectos do projeto de implantação do biodigestor, para que se estabeleça com precisão a validade de se empregar tais aparelhos.

Objetivo específico 3 - Propor um modelo padrão de biodigestor para implantação em pequenas e médias propriedades suinoculturas do Paraná.

Para atender este objetivo específico a dissertação — com base nos dados da revisão bibliográfica, nas opiniões dos entrevistados e nas informações colhidas junto a empresas de materiais de construção de Curitiba-PR — elaborou um modelo padrão de biodigestor chinês, passível de ser adotado pelos criadores de suínos de Toledo-PR.

Este modelo, escolhido especificamente para uso em pequenas e médias propriedades suinocultoras, consiste de um aparelho destinado a tratar os resíduos produzidos por um pequeno rebanho suíno. De acordo com Carvalho (2001, p. 20), a Embrapa considera um sistema de criação de suínos como pequeno quando o número de matrizes não passa de 21. Construída inteiramente de tijolos, a maior parte da estrutura do biodigestor fica abaixo do nível do solo. O aparelho produz uma média de 4,20 m³ diários de biogás, atendendo as necessidades básicas (chuveiro, ferro de passar roupas, geladeira de 250 litros, iluminação com lâmpões) de uma família de quatro pessoas. Além disso, não ocupa muito espaço na propriedade.

Conclui-se, portanto, que o modelo proposto pela pesquisa é viável e que este objetivo da dissertação foi alcançado.

O objetivo principal da dissertação, contudo, era **verificar se a implantação de biodigestores em pequenas e médias propriedades suinocultoras da região de Toledo-PR – constitui-se em uma alternativa viável para combater a contaminação dos mananciais e cursos d'água da citada região por dejetos de suínos e, ao mesmo tempo, através de sua**

produção de biogás e biofertilizante, agregar valor às propriedades criadoras de suínos.

A consecução dos objetivos específicos confirma que este objetivo principal também foi alcançado, pois ficou evidenciado que o biodigestor proposto pela pesquisa é capaz de gerar quantidade de biogás para diminuir, significativamente, a demanda das pequenas e médias propriedades suinocultoras por energia elétrica. Além disso, o aparelho modelo também proporciona uma quantidade adequada de biofertilizante que pode ser empregado na agricultura ou mesmo (depois de desidratado) para dar volume à ração destinada aos animais. Com isso, o aporte de insumos de fora da propriedade pode reduzir bastante ou mesmo ser totalmente evitado, resultando em agregação de valor à propriedade.

Conclui-se, portanto, que os objetivos específicos, bem como o objetivo principal da dissertação, foram satisfatoriamente atingidos.

No item a seguir serão apresentadas as recomendações derivadas das conclusões alcançadas pela dissertação.

5.2 Recomendações

No item anterior foram apresentadas as conclusões da dissertação sobre o tema biodigestores, poluição por dejetos de suínos, e preservação ambiental. Neste item são apresentadas recomendações derivadas de tais conclusões.

Recomenda-se a realização de novas pesquisas, referentes às influências que os diferentes tipos de clima encontrados no Brasil podem exercer tanto no rendimento, como na forma de implantação e utilização de biodigestores anaeróbicos. O modelo "chinês" proposto por esta dissertação deveu sua escolha, entre outras razões, à sua melhor adaptação ao clima predominante no Estado do Paraná, muito mais frio do que o que ocorre costumeiramente na região Nordeste. Nesta região brasileira, o mesmo tipo de biodigestor pode não ser apropriado, devendo o agricultor/produtor rural optar por outro modelo que atenda melhor às suas necessidades. Novas pesquisas nesse sentido atuariam

como um guia para que tais agricultores/produtores possam basear melhor suas opções. Um "mapa" regional brasileiro especificando aspectos como clima, médias pluviométricas, médias térmicas, composição do solo, e que apresentasse, ao mesmo tempo, sugestões dos modelos de digestores anaeróbicos mais prováveis de se adaptarem a tais regiões, seria de grande valia ao agricultor/pecuarista, na hora de decidir pela implantação de um biodigestor em sua propriedade.

Recomenda-se, também, a realização de novas pesquisas sobre a utilização dos biodigestores para solucionar o problema da poluição do meio-ambiente por dejetos outros, que não os dos suínos. Afinal, caprinos, eqüinos, muares, bubalinos e bovinos produzem, diariamente, grandes quantidades de dejetos que ameaçam igualmente o meio-ambiente — especialmente águas e solo —, além dos problemas de praxe, como moscas, mosquitos, ratos e demais animais, que podem servir como forma de transmissão de doenças. Um estudo sobre a possibilidade de utilizar a tecnologia dos biodigestores para o tratamento de tais resíduos animais será mais do que oportuno, pois significará um passo importantíssimo na preservação do bem mais precioso da Humanidade: o planeta Terra.

5.3 Considerações Finais

Deve-se ter em mente que existem outras formas de diminuir o potencial poluidor dos dejetos suínos, como o uso de esterqueiras, bioesterqueiras e lagoas de decantação de tais resíduos animais. A questão é que o biodigestor **pode** (se for implantado de forma adequada) oferecer outras alternativas igualmente atraentes, como a utilização do biofertilizante na agricultura e a substituição de outros tipos de combustível pelo biogás. O biofertilizante pode ainda, depois de desidratado, ser utilizado para dar volume à composição de rações para animais.

Com relação aos altos custos apontados pelos entrevistados como principal causa das dificuldades para implantação de biodigestores, deve-se ressaltar,

que esta afirmação se deve ao fato da maior parte dos depoentes condicionarem a utilização do biodigestor à integração deste com um biosistema integrado, no qual outras atividades rurais, como aquaponia e piscicultura, são agregadas ao funcionamento do digestor anaeróbico.

A questão é que tais biosistemas, representados, em geral, por uma associação de lagoas de decantação, de algas, e de açudes para criação de peixes e alevinos, ficam condicionados a certas exigências específicas para funcionarem, como a disponibilidade de fornecimento de água de boa qualidade e em quantidade significativa, características específicas de relevo da propriedade e espaço físico na mesma. Como a dissertação procurou alternativas específicas para as médias e pequenas propriedades suinocultoras, constatou-se que a incorporação do biodigestor a tais biosistemas integrados terminaria por encarecer o custo de implantação dos aparelhos, concluindo-se, portanto, que os estudos deveriam ser dirigidos especificamente para o biodigestor.

Concluiu-se que a falta de informações válidas, precisas e atualizadas aos produtores rurais é o principal obstáculo enfrentado por estes para implantar biodigestores em suas unidades de produção de suínos.

A pesquisa mostrou, também, que — se forem concedidas isenções ou reduções fiscais e tarifárias aos suinocultores, que demonstrarem preocupação em conservar o meio ambiente (com a instalação de um biodigestor, por exemplo) — a agregação de valor representada pelo biodigestor crescerá mais ainda. Os dados colhidos na pesquisa de campo e na revisão bibliográfica mostraram, que o biodigestor reduz, significativamente, a poluição do solo e das águas nas propriedades onde são instalados, permitindo concluir que o objetivo principal da dissertação foi alcançado.

Dessa forma, é possível concluir que os biodigestores significam uma alternativa viável a vários problemas, que o meio rural enfrenta no presente (e que se agravarão num futuro bem próximo), como o déficit no fornecimento de energia elétrica, o aumento da poluição do solo e das águas por dejetos suínos e a progressiva perda, por parte do solo, de suas características naturais, gerando infertilidade deste solo. Esta infertilidade é produzida, entre outras

coisas, pela prática inadequada da agricultura, e os produtos do biodigestor (biogás e biofertilizante) podem ser a resposta para tais problemas, desde que a tecnologia seja aprimorada cada vez mais.

Um trabalho de pesquisa não esgota nunca o assunto sobre o qual se debruça. É sempre possível encontrar novos ângulos da questão, apresentar novos enfoques do tema estudado. Entretanto, cada pesquisa deve encontrar seu término em algum ponto de seu desenvolvimento, embora deva deixar sempre abertas as portas para novas pesquisas, que venham a enriquecer cada vez mais o conhecimento acadêmico e científico sobre o tema estudado. É o que espera a autora desta dissertação, ou seja, que outros pesquisadores tomem sobre os ombros a responsabilidade de levar adiante a investigação iniciada, corrigindo os possíveis erros, aprimorando pontos de vista e apresentando enfoques novos ou mesmo revolucionários sobre a questão dos biodigestores e a preservação do meio ambiente.

Se os órgãos de defesa do meio ambiente, os departamentos de agronomia das universidades do país e as cooperativas/associações de suinocultores trabalharem em conjunto na busca de um melhor entendimento das características, possibilidades e limites da tecnologia da biodigestão anaeróbica, os benefícios serão muito grandes. Beneficiar-se-ão os suinocultores, que poderão reduzir gastos com combustíveis fósseis (óleo diesel, gasolina, querosene), aplicar (ou vender) um biofertilizante de qualidade na agricultura, e desenvolver, se assim o desejarem, outras atividades que podem ser acopladas ao funcionamento dos digestores (aquaponia, piscicultura) no chamado biosistema integrado, agregando cada vez mais valor às suas propriedades rurais.

Também serão beneficiados os órgãos de defesa do meio ambiente, pois será reduzido o impacto altamente poluidor que a prática da suinocultura exerce sobre o meio ambiente. A área de Agronomia será beneficiada com o aumento do conhecimento acadêmico sobre o assunto e o fato de poder cumprir com um papel social importantíssimo, que é proporcionar ao homem do campo condições de se manter no meio rural, desafogando a pressão exercida pelo êxodo rural sobre o padrão de vida das grandes cidades do país.

Evidentemente, a própria sociedade se beneficiará com esta situação, uma vez que o campo poderá produzir alimentos mais saudáveis e menos onerosos para os habitantes do país, ao passo que a manutenção **sustentada** do homem no campo diminuirá as desigualdades sociais que tanto afligem o país.

REFERÊNCIAS

AVELLAR, Luís Henrique Nobre; CARROCCI, Luiz Roberto; SILVEIRA, José Luiz. Biogás na co-produção: a utilização de subprodutos agro-industriais na geração de energia em unidades co-geradoras. **Bioteconologia, Ciência e Desenvolvimento**. Novas Tecnologias. 2002. Disponível em: <www.bioteconologia.com.br/bio13/13_g.asp>. Acesso em 22 de set. 2003.

BARRERA, Paulo. **Biodigestores**: energia, fertilidade e saneamento para a zona rural. São Paulo: Ícone, 1993, p. 11.

CARVALHO, Nivaldo Régio de. Suínos, só com planejamento. **Globo Rural**, fev. 2001.

CASTILLO, Máximo Rugama. **El biodigestor**: campesino inventa su propia producción de gas. El Nuevo Diálogo – Nicaragua. 03 de jun. 1999. Disponível em: <www.elnuevodiario.com.ni/archive/1999/junio/biodigestor>. Acesso em 12 jun. 2002.

COSTA, Alfredo Ribeiro da; SILVA, Nazareno Ferreira da; GOMES, Francisco Plínio Barrôzo. Biodigestor. Goiânia: Editora da Universidade Católica de Goiás, 1985. **Série Cadernos de Pesquisa**.

DIAS, Edna Cardozo. **Manual de crimes ambientais**: lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Belo Horizonte: Mandamentos, 1999.

ECO-VILLAGE. Biodigestor chinês de cúpula fixa. **Eco-Village Online – Rede de Práticas Comunitárias e Auto-sustentáveis**. Disponível em: <<http://www.ecolinkvillag.net/portug/projetoP.htm>>. Acesso em 22 de mar. 2002.

FUNTEC. **Recuperação ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Toledo**. Toledo-PR: Ed. Grafo, set., 1992. Fundação Paranaense para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico de Toledo — FUNTEC.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO de MINAS GERAIS/CETEC. **Manual de construção e operação de biodigestores**. Minas Gerais: Ed. do CETEC, 1982.

GNIGLER, Miguel L. A proteção d'água na legislação ambiental. **Ministério Público de Santa Catarina**. 18 de set. 1998. Disponível em: <www.Mp.sc.gov.br/mpweb>. Acesso em 30 de outubro de 2002.

GNIGLER, Miguel L. A poluição dos mananciais por dejetos de suínos. Tese apresentada ao **Ministério Público do Paraná**. 2001. Disponível em: <<http://www.mppr.com.br/teses/Teses>>. Acesso em 23 de jun. 2002.

LIMA, Gustavo J. M. M. de. Manejo da dieta de suínos. In: SUINO.COM. Contaminação das fontes de água por coliformes fecais. **A Comunidade Virtual da Suinocultura Brasileira**. Seção Meio-ambiente. Disponível em: <<http://www.suino.com.br>>. Acesso em 22 de abr. 2002.

MIRANDA, Cláudio R.; GOSMANN, Hugo A.; ZARDO, Ademir O. Uso de Dejetos de Suínos na Agricultura. **EMBRAPA – Suínos e Aves**. Instrução Técnica para o Suinocultor n. 11, mar. 1999.

NASCIMENTO, Jaime Germano do. Biodigestor "PE", fonte alternativa energética e de biofertilização. **Aonde Vamos**. Boletim Enfoque, ed. 03, out. 1999. Disponível em: <www.aondevamos.eng.br/enfoque.htm>. Acesso em 14 de set. 2002.

NOGUEIRA, Luiz Augusto Horta. **Biodigestão**: a alternativa energética. São Paulo: Nobel, 1986.

OLIVEIRA, Paulo A. V. Impacto ambiental causado pelos dejetos de suínos. Simpósio Latino-Americano de Nutrição de Suínos, 1994. **Anais**, p. 27-40.

PARANÁ. Paraná Inaugura o Primeiro Biosistema Integrado do País. **Secretaria da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior**. Disponível em: <www.seti.gov.br/2001/noticias/noticias_2001/julho/2_julho.Toledo.htm>. Acesso em 12 janeiro 2002.

PENZ JUNIOR, Antônio Mário; MEINERZ, Cibele Elisse Timm; MAGRO, Neori. Efeito da nutrição na quantidade e na qualidade dos dejetos suínos. **Departamento de Zootecnia da UFRGS**, 2001. Disponível em: <<http://www.suíno.com.br>>. Acesso em 06 de maio 2002.

REIS, Antônio Junqueira. Potencial energético e fertilizante do lixo. **Folha de São Paulo**, 12 nov. 1991. Caderno Regional – Nordeste.

SEIXAS, Jorge et al. Construção e funcionamento de biodigestores. Brasília: EMBRAPA - DID, 1980. **EMBRAPA-CPAC**. Circular técnica, 4.

SEGANFREDO, Milton Antônio. Análise dos riscos de poluição do ambiente quando se usa dejetos de suínos como adubo do solo. **EMBRAPA – Suínos e Aves**. Comunicado Técnico n. 268, dez. de 2000.

SGANZERLA, Edílio. **Biodigestores: uma solução.** Porto Alegre. Agropecuária, 1983.

SILVA, Aécio Moura da. **Microposto de piscicultura acoplado a biodigestor.** Brasília: IpqM — Instituto de Pesquisas da Marinha, 1981. Programa de Desenvolvimento de Comunidades Rurais — Prodecor. Fundo Federal Agropecuário – FFAP.

STEGEMAMN, Carlos. Limpeza produtiva: o tratamento dos dejetos acumulados nas pocilgas evita a poluição dos recursos hídricos e reforça a adubação agrícola. **Globo Rural**, jun. 1997. Suinocultura.

SUINO.COM. Contaminação das fontes de água por coliformes fecais. **A Comunidade Virtual da Suinocultura Brasileira.** Seção Meio-ambiente. Disponível em: <www.suino.com.br/meioambiente>. Acesso em 22 de abr. 2002.

_____. Veja o que pode estar errado com o manejo dos dejetos!!! **A Comunidade Virtual da Suinocultura Brasileira.** Seção Meio Ambiente. Disponível em: <www.suino.com.br/meioambiente>. Matérias Técnicas, 19 jul 2002. Acesso em: 23 out. 2002.

TOLEDO, Luis Roberto. Na cama o dia todo. Criação de suínos em galpões com piso recoberto de serragem ou maravalha elimina a necessidade de esterqueiras e de lagoas de tratamento de dejetos. **Globo Rural**, n. 194, dez. 2001. Tecnologia.

USP. Biodigestor. Centro de Divulgação Científica da Universidade de São Paulo. **Clube da Física.** Disponível em: <<http://www.cdcc.sc.usp.br>>. Acesso em 15 abr. 2002.

ZANGUEIRO, Gisele. Não é só energia, é preciso economizar água. **Estado de São Paulo online**, jul. 2001. Acesso em 12 de janeiro 2002.

Apêndice 1 — Questionário Aplicado a Profissionais Ligados à Agropecuária do Estado do Paraná (Professores Universitários, Gerentes Bancários, Diretores de Associações de Suinocultores, Engenheiros Agrônomos e Técnicos Agrícolas)

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Instruções para preenchimento:

- a. O presente questionário objetiva colher dados para a elaboração de dissertação de mestrado, versando sobre o tema **Dejetos Suínos e Poluição do Solo e Mananciais de Água no Paraná**.
- b. Agradecemos, desde já, pela colaboração.
- c. Pedimos que seja evitada a laconicidade nas respostas, por se tratar de pesquisa qualitativa.

1. Em sua opinião, o biodigestor é uma alternativa válida para combater a poluição do solo e das águas, além de ser fator de agregação de valor à propriedade rural?

2. Em sua opinião, quais as principais razões para que não haja uma maior disseminação de biodigestores em solo paranaense?

