

**Universidade Católica de Brasília
Pro-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em
Planejamento e Gestão Ambiental**

Márcio Luiz da Silva Gama

**PLANEJAMENTO E GESTÃO DO TRATAMENTO DE
DEJETOS SUÍNOS NO DISTRITO FEDERAL: APLICAÇÃO
DE INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO MULTICRITERIAL**

**BRASÍLIA
2003**

MÁRCIO LUIZ DA SILVA GAMA

**PLANEJAMENTO E GESTÃO DO TRATAMENTO DE
DEJETOS SUÍNOS NO DISTRITO FEDERAL: APLICAÇÃO
DE INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO MULTICRITERIAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto-Sensu* em Planejamento e Gestão Ambiental da Universidade Católica de Brasília, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Planejamento e Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Ivan Ricardo Gartner

**BRASÍLIA
2003**

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA

Márcio Luiz da Silva Gama

**PLANEJAMENTO E GESTÃO DO TRATAMENTO DE DEJETOS SUÍNOS NO
DISTRITO FEDERAL: APLICAÇÃO DE INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO
MULTICRITERIAL**

Dissertação aprovada em 13 de fevereiro de 2003, pela banca examinadora
constituída pelos professores:

Prof. Dr. Ivan Ricardo Gartner - Orientador

Prof. Dra. Lucijane Monteiro de Abreu - Examinadora Interna

Prof. Dra. Luci Sayori Murata - Examinadora Externa

Prof. Dr. João Batista Soares - Examinador Externo

À Aninha, minha irmã,

Onde quer que esteja, saiba que você é fonte de inspiração para sua família pela coragem demonstrada durante sua vida. Obrigado pela oportunidade de ter ensinado e aprendido conosco. Esperamos todos te encontrar novamente.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela inspiração.

Aos meus filhos Artur e Eduardo.

À minha esposa Ana Luísa.

À família.

Ao professor Ivan Gartner.

Aos professores do Mestrado em Planejamento e Gestão Ambiental.

À Fundação Banco do Brasil.

"Quando o estudo da casa (Ecologia) e a administração da casa (Economia) puderem fundir-se, e quando a Ética puder ser estendida para incluir o meio ambiente, além dos valores humanos, então poderemos ser realmente otimistas com relação ao futuro da humanidade"

Eugene P. Odum

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS.....	ix
LISTA DE SIGLAS.....	x
RESUMO	xi
INTRODUÇÃO	01
1.1. TEMA E PROBLEMA.....	01
1.2. OBJETIVO GERAL	06
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	06
1.4. JUSTIFICATIVA.....	07
1.5. METODOLOGIA	08
1.6. ESTRUTURAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	09
CAPÍTULO 1 - BASES PARA ESTUDO DO PROBLEMA DOS DEJETOS SUÍNOS NO CENTRO OESTE.....	10
1.1. PANORAMA GERAL	10
1.2. A SUINOCULTURA E SEUS NÚMEROS.....	13
1.3. O DESENVOLVIMENTO DA SUINOCULTURA BRASILEIRA: PRIMÓRDIOS E EXPANSÃO	15
1.4. CENTRO OESTE: FRONTEIRA DE EXPANSÃO DA PRODUÇÃO DE GRÃOS E PECUÁRIA	19
1.5. MANEJO DE DEJETOS: POTENCIAL POLUIDOR E ANÁLISE DE PRINCIPAIS POLUENTES NA ÁGUA.....	20
1.6. POLUIÇÃO POR DEJETOS – ASPECTOS BIOLÓGICOS	24
CAPÍTULO 2 - IMPACTOS AMBIENTAIS DA CRIAÇÃO DE SUÍNOS E TRATAMENTO DE DEJETOS	29
2.1. SANEAMENTO AMBIENTAL E CONTAMINAÇÃO POR RESÍDUOS ORGÂNICOS	29
2.2. MÉTODOS E SISTEMAS DE TRATAMENTO DE DEJETOS SUÍNOS	32
2.3. UTILIZAÇÃO DOS DEJETOS SUÍNOS	34
2.3.1. Métodos de Tratamento Físicos.....	36
2.3.1.1. Separação de fases.....	36
2.3.2. Métodos de tratamento Biológico.....	38
2.3.2.1. Tratamento aeróbio	38
2.3.2.2. Tratamento anaeróbio	41
2.3.3. Sistemas integrados de tratamento.....	41
2.3.3.1 Biosistema integrado	42
2.3.3.2. Sistema de lagoas de estabilização em série.....	42
CAPÍTULO 3 - MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS.....	44
3.1. O PLANEJAMENTO, A ANÁLISE DE PROJETOS E A IDENTIFICAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS	44
3.2. MATRIZES DE IDENTIFICAÇÃO DE IMPACTOS: A MATRIZ PARA RÁPIDA IDENTIFICAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS (RIAM)	49

CAPÍTULO 4: Avaliação multicriterial das alternativas de tratamento de dejetos suínos no distrito federal	55
4.1. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO PROPOSTA	55
4.2. ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA: GRUPOS DE IMPACTOS, IMPACTOS E ALTERNATIVAS	55
4.3. AVALIAÇÃO DO PROBLEMA: IMPORTÂNCIA RELATIVA DOS GRUPOS DE IMPACTOS E DOS IMPACTOS E DESEMPENHO AMBIENTAL DAS ALTERNATIVAS	66
4.3.1. Importância relativa dos grupos de impactos e dos impactos: aplicação do método AHP	66
4.3.2. Avaliação global dos grupos de impactos (W^j)	68
4.3.3. Avaliação local dos impactos nos grupos (W_i^j)	69
4.3.4. Avaliação de desempenho ambiental das alternativas nos impactos (esi^j)	70
4.4. AVALIAÇÃO FINAL DAS ALTERNATIVAS	72
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Carne Suína: Balanço de Oferta e Demanda 2000-2003 (mil T).....	13
Tabela 2: Estimativas de distribuição (%) dos sistemas de produção de suínos no Brasil	17
Tabela 3: Classificação ambiental de infecções transmitidas por dejetos.....	27
Tabela 4: Classificação dos Métodos de tratamento de dejetos suínos, de acordo com a forma de tratamento:	36
Tabela 5: A evolução da avaliação ambiental	50
Tabela 6: Critérios do sistema de avaliação RIAM:.....	52
Tabela 7: Escala de julgamento de importância do método AHP.....	67
Tabela 8: Avaliação Global dos critérios para análise dos sistemas de tratamento dos dejetos suínos:	68
Tabela 9: Avaliação de parâmetros físico-químicos	69
Tabela 10: Avaliação de parâmetros biológicos-ecológicos(w_i^j)	69
Tabela 11: Avaliação de parâmetros sociológicos-culturais(w_i^j)	69
Tabela 12: Avaliação de parâmetros Econômicos-operacionais(w_i^j)	70
Tabela 13: Análise através da matriz RIAM dos impactos ambientais e valoração dos impactos - Alternativa 1: Ausência de Tratamento:.....	70
Tabela 14: Análise através da matriz RIAM dos impactos ambientais e valoração dos impactos - Alternativa 2: Biosistema Integrado:.....	71
Tabela 15: Análise através da matriz RIAM dos impactos ambientais e valoração dos impactos - Alternativa 3: Sistema integrado de lagoas de estabilização .	71
Tabela 16: Determinação do valor de cada alternativa:	72

LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS

Figura 1: Árvore de impactos	67
Gráfico 1: Comparação entre impactos ambientais e valores das alternativas analisadas	73

LISTA DE SIGLAS

- ABIPECS - Associação Brasileira de Indústrias Produtoras e Exportadoras de Carne Suína
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
- EMATER - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
- TECPAR - Instituto de Tecnologia do Paraná
- WWF - World Wildlife Fund

RESUMO

O objetivo deste trabalho é propor uma metodologia de avaliação multicriterial para escolha entre alternativas de tratamento de dejetos suínos para as condições sócio-econômico-ambientais do Distrito Federal. Foram analisadas alternativas de tratamento de dejetos suínos através de métodos multicriteriais integrados de acordo com critérios que medissem a melhor alternativa para as condições físico-químicas, biológico-ecológicas, sociológico-culturais e econômico-operacionais do Bioma Cerrado. Os impactos ambientais da cadeia econômica da suinocultura foram levantados e quantificados através da matriz rápida de impactos ambientais (RIAM) e foram agregados em funções de valor através da hierarquização de critérios para estabelecer padrões de comparação através do método AHP. A análise dos resultados mostra que a integração dos métodos pode ser uma valiosa ferramenta para o planejamento e gestão ambiental do território e pode auxiliar a tomada de decisão em consonância com os objetivos de elevar os patamares de qualidade ambiental dos recursos naturais disponíveis para a sociedade.

ABSTRACT

The aim of this essay is to propose and apply a multicriterial evaluation methodology to choose the best alternative of swine waste treatment for the social, economical and environmental conditions of Distrito Federal, Brazil. Alternatives for that treatment were studied among the integration of multicriterial methods, which allowed the best choice according to criteria divided in four groups of environmental impacts. The best way to treat the sewage derived from the intensive pig raising in Distrito Federal was analysed under the criteria of the Physico-Chemical, Biological-Ecological, Sociological-Cultural and Economic-Operational groups, applied to the conditions of the "Cerrado" Bioma. The Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM) method was used to identify and to quantify the environmental impacts of this economic chain and they were gathered together in value functions according to the analytical hierarchy process (AHP) method. The analysis of the results shows that the integration of these methods is a valuable tool to provide planning and environmental management and could help to choose the best alternative according to the specific conditions of "Cerrado" and therefore lead to an environmental quality enhancement of available environmental resources for society.

INTRODUÇÃO

1.1. Tema e Problema

O desenvolvimento é o processo de incorporação sistemática de conhecimentos, técnicas e recursos na construção do crescimento qualitativo e quantitativo das sociedades organizadas, cujo objetivo é a melhoria da qualidade de vida das populações e a conquista de modos de vida mais sustentáveis, nas áreas ética, política, social, econômica e ambiental (SACHS, 1999).

A sustentabilidade, de acordo com a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, introduz que o crescimento econômico deve apoiar-se em práticas que conservem e expandam a base de recursos ambientais, de maneira que o atendimento das necessidades das gerações atuais, quanto ao uso dos recursos naturais, não comprometa a sobrevivência das futuras gerações.

O conceito de desenvolvimento sustentável preconiza que o crescimento econômico deve acontecer com equidade social e proteção ambiental e que os padrões de produção e consumo devem atingir patamares de sustentabilidade máximos e padrões de impactos mínimos. Estes padrões devem observar a manutenção da qualidade dos recursos ambientais, aliados a programas de investimento do desenvolvimento sustentável.

A economia é o estudo da alocação de recursos para produção de bens e serviços a partir do meio ambiente para satisfação de necessidades humanas. Esta produção se dá através de cadeias econômicas integradas, que geram impactos

ambientais diversificados de acordo com as especificidades da cadeia produtiva (MAGRINI, 1990).

Uma das grandes cadeias produtivas existentes do Brasil é a da suinocultura, com plantel de suínos avaliado em cerca de 36,5 milhões de cabeças, sendo responsável por negócios da ordem de 358 milhões de dólares. É um importante item na pauta de exportações brasileira, com cerca de 10% do volume de produtos agropecuários exportados, com aumento das exportações no período 1996-2001, passando de 64 mil toneladas no ano de 1996 para 265 mil toneladas no ano de 2001. (ABIPECS, 2001).

A suinocultura é uma atividade importante do ponto de vista econômico e social, principalmente como instrumento de fixação do homem no campo. Estima-se que a suinocultura seja responsável pela renda de 2,7 milhões de brasileiros, com 733.000 pessoas dependendo diretamente dela. Ela está presente em 46,5% das 5,8 milhões de propriedades existentes no país, emprega mão-de-obra familiar e constitui importante fonte de renda e estabilidade social (TAKITANE, 2000).

A carne suína é a principal fonte de proteína animal consumida no mundo, com uma produção estimada de 83 milhões de toneladas de carne em 2001 (ABIPECS, 2001). O Brasil foi responsável pela produção de 2,5% do total mundial, ocupando a 4.^o posição na exportação mundial, com o maior aumento de produção entre todos os países produtores, de cerca de 47% (ABIPECS, 2001).

Esta cadeia econômica vem obtendo ganhos expressivos de produtividade desde meados dos anos 70, quando o processo de mudança na estrutura organizacional teve início com a busca de especialização na produção de economias de escala no processo. Houve a modernização produtiva, com avanços tecnológicos na seleção de matrizes, reprodução controlada, controle de

alimentação e sanidade. A criação intensiva e confinada permitiu ganhos de escala e especialização da produção (TAKITANE, 2000).

O sistema de produção em regime de integração foi, também, responsável pelo grande crescimento da suinocultura no sul do país, promovendo uma produção mais eficiente, simplificando a administração das propriedades rurais que adotam este sistema. Além disso, a suinocultura vem seguindo uma tendência clara a migrar para áreas que são grandes produtoras de grãos, como o cerrado brasileiro, presente no Centro-Oeste, parte do Nordeste e do Sudeste.

Apesar da concentração de grande parte da produção nas regiões Sul e Sudeste, observa-se um aumento no número de suínos na região Centro-Oeste, principalmente com a instalação de grandes empresas de beneficiamento de carne, aliada à disponibilidade de grãos que formam a base da ração do rebanho suíno (TAKITANE, 2000). Pode-se destacar a posição de Mato Grosso e de Goiás, como quarto e quinto estados produtores do país, respectivamente (IBGE, 2000).

A produção intensiva e o aumento de produtividade também resultaram em aumento de poluição por dejetos suínos. O volume gerado e seu potencial de contaminação causam desequilíbrios ecológicos em diversos municípios da região Sul, principalmente no oeste de Santa Catarina. Este panorama foi agravado a partir da década de 70, quando a capacidade de produção deste resíduo orgânico excedeu em grande parte a capacidade de absorção do impacto pelo meio-ambiente (NICOLAIEWSKY, 1998).

A poluição hídrica é definida como qualquer modificação nas qualidades químicas, físicas ou biológicas da água que afete diretamente a população ou prejudique a sua utilização por esta. O lançamento de despejos não tratados em ecossistemas aquáticos e sua estabilização biológica pode causar a morte de

organismos presentes nos corpos d'água devido à exaustão do oxigênio dissolvido na água, além da possibilidade de organismos patogênicos encontrados nos efluentes de produção transmitirem doenças, dentre elas o cólera, a febre tifóide e as disenterias (SILVEIRA e SANT'ANNA, 1990). Esta contaminação provocada pela poluição é responsável por 80% das doenças nos países em desenvolvimento (CRESPO, 1998).

A suinocultura é uma atividade com alto potencial poluidor, devido à grande produção de dejetos associada ao modo intensivo de criação. Nas regiões produtoras de suínos há uma clara sinalização de que os processos de gestão de dejetos não têm sido eficientes para prevenir a degradação dos recursos naturais, principalmente da água. A degradação de recursos hídricos e solo acontece, então, porque a inserção de matéria orgânica e nutrientes está bem acima da capacidade de assimilação deste material pelo ecossistema hídrico, com a conseqüente contaminação de cursos d'água superficiais e subterrâneos por bactérias patogênicas e larvas de insetos (SILVEIRA e SANT'ANNA, 1990).

Esta contaminação afeta também o sistema de saúde pública, com a contaminação de mananciais de água potável, causando a elevação de custos com tratamento de doenças de veiculação hídrica e tratamento de água para consumo humano (PERDOMO, 1998).

A contaminação hídrica pelos dejetos suínos vem causando crescente preocupação no Distrito Federal, uma vez que o programa institucional Pró-Rural tenciona alcançar a sustentabilidade no mercado interno de produção de suínos. Esta probabilidade de alcance da sustentabilidade deve-se à disponibilidade de milho e soja no Centro Oeste, pois são os principais constituintes da ração para

suínos. Esta intenção pode sinalizar que em breve o Distrito Federal pode passar por uma situação de estresse ambiental.

De acordo com os números do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE,2000), a produção de suínos do Distrito Federal aumentou de 102.919 cabeças, em 1998, para 111.765, em 2001. A EMATER-DF (2002) estimou o número de suínos do Distrito Federal em 147.538 cabeças em 2002. Este aumento representa cerca de 43,35% em 4 anos. Considerando que cada suíno produz, em média, 7 litros de dejetos por dia, e que 1 suíno produz, em média, esgoto equivalente a 5 pessoas (PERDOMO, 1998), têm-se cerca de 1,029 milhão de litros de dejetos suínos sendo produzidos diariamente no Distrito Federal, ou o equivalente em carga orgânica a uma cidade de 735.000 pessoas.

Uma vez que o objetivo institucional da Secretaria de Agricultura é a auto-suficiência da produção, e que atualmente esta produção atende à 50% do mercado local (Pró-Rural, 2002), estima-se que a duplicação do número de suínos leve a uma produção de dejetos a um volume aproximado de 2 milhões de litros por dia.

Este panorama levanta questionamentos quanto a sustentabilidade da cadeia produtiva e quanto à capacidade de tratar os dejetos, pois existem próximas ao Distrito Federal unidades industriais das empresas Sadia e Perdigão interessadas em ampliar a produção integrada de suínos, em sistema semelhante ao adotado no sul do país. Esta produção está prevista para início no ano de 2003, com perspectivas de gerar uma grande concentração de dejetos e com isso gerar e intensificar os problemas ambientais relacionados à suinocultura intensiva.

Para atenuar a contaminação ambiental, existem sistemas de tratamento de dejetos que têm por objetivo diminuir a carga poluente produzida pela suinocultura intensiva. Existem diversos métodos de armazenamento de dejetos. Os

métodos mais utilizados para o tratamento dos dejetos são a utilização de esterqueiras e de lagoas de estabilização, além de processos de biodigestão e de utilização de serragem para compostagem dos dejetos.

Apresentado este panorama, surge o seguinte questionamento: *Qual a modalidade de tratamento de dejetos que oferece as melhores condições de mitigação dos impactos ambientais decorrentes da criação de suínos no Distrito Federal?*

Em resposta a esta problemática, procurar-se-á aplicar um modelo de avaliação multicriterial objetivando apontar o melhor sistema de tratamento de dejetos suínos para as condições sociais, políticas, tecnológicas e ecológicas do Distrito Federal.

1.2. Objetivo Geral

Propor um modelo de avaliação multicriterial para escolha da melhor alternativa de tratamento de dejetos suínos para as condições sócio-econômico-ambientais do Distrito Federal.

1.3. Objetivos Específicos

1. Construir e aplicar um sistema de tomada de decisão com a integração de métodos de avaliação RIAM e AHP, de modo a testar este modelo integrado para a análise de alternativas de tratamento de dejetos suínos.
2. Identificar as alternativas para tratamento de dejetos suínos apropriadas para as condições do Distrito Federal.

1.4. Justificativa

A implantação de uma cadeia produtiva com alto potencial degradador no Distrito Federal provoca uma preocupação quanto à gestão de resíduos. Uma vez que configura-se um cenário propício à introdução de suinocultura nesta área, que é uma atividade econômica que é classificada como de alto potencial poluente, este trabalho pretende analisar as várias alternativas de tratamento de dejetos e sua viabilidade quanto a critérios de custo, de quantidade de água utilizada, redução de Demanda Biológica de Oxigênio¹ resultante do processo e quantidade de nutrientes da saída dos sistemas.

As alternativas serão analisadas levando em consideração a estrutura fundiária no Centro Oeste, além das diferentes características físico-químicas de solo, umidade e temperatura.

A suinocultura no Centro-Oeste, ao contrário da suinocultura do Sul, se desenvolve a partir de grandes projetos de implantação, devido à estrutura fundiária que é formada por grandes propriedades rurais (REZENDE, 2002).

A escala da produção impacta ainda mais o ambiente, quando se analisa a estrutura de solos profundos no Centro-Oeste, que permitem uma alta infiltração líquida, pela predominância de latossolos (SEGANFREDO, 2000).

Este estudo pretende comparar métodos de tratamento que possam atenuar o impacto da produção de dejetos suínos e prevenir a contaminação ambiental que vem a reboque desta cadeia econômica e que já é responsável por um quadro intenso de degradação ambiental em diversos municípios de Santa

¹ A demanda biológica de oxigênio (DBO) mede a quantidade de oxigênio necessária para degradar e estabilizar a matéria orgânica presente nas dejeções animais (GUERRA, 1999).

Catarina e Paraná, de acordo com o Instituto Ambiental do Paraná e com o Órgão Ambiental de Santa Catarina.

As conclusões deste trabalho podem subsidiar os processos de planejamento e gestão de políticas públicas de desenvolvimento regional, especificamente relacionados ao investimento e controle ambiental da criação de suínos no Distrito Federal.

1.5. Metodologia

Cada tipo de tratamento difere quanto à técnica utilizada, mas pode ser analisado quanto a critérios pré-definidos, permitindo fazer uma comparação de eficácia e eficiência na gestão dos resíduos das propriedades suinocultoras.

Neste trabalho será proposta uma maneira de se avaliar estes processos utilizando o método *Analytical Hierarchy Process* (AHP), que é um método de avaliação multicriterial para o processo de tomada de decisão, conjugadas com a Matriz para Rápida Avaliação de Impactos Ambientais (RIAM - *Rapid Impact Assessment Matrix*).

A Matriz para Rápida Avaliação de Impactos Ambientais será utilizada para o levantamento dos impactos ambientais e sua valoração e o AHP será utilizado para estabelecer pesos para os grupos de critérios e para os critérios.

A integração entre os métodos resultará em valor global de alternativa, que permitirá a comparação entre os sistemas de tratamentos escolhidos para este trabalho.

1.6. Estruturação da Dissertação

A dissertação estará estruturada em quatro capítulos:

O Capítulo 1 detalha a cadeia produtiva da suinocultura, com dados gerais sobre a produção, a história da expansão da suinocultura brasileira e o Centro Oeste.

O Capítulo 2 detalha os impactos ambientais físico-químico-biológicos sobre o meio ambiente, focando na contaminação por dejetos suínos.

O Capítulo 3 discorre sobre os métodos de avaliação ligados à questão ambiental e suas ponderações. Serão detalhados os métodos RIAM, uma breve descrição das metodologias de determinação de impactos ambientais e do método AHP será feita.

O Capítulo 4 promove a aplicação do método AHP na classificação das alternativas para tratamento, de acordo com escala de fatores elaborada através do método RIAM. Especialistas da área de agroindústria e suinocultura construíram a escala de critérios para construção da estrutura hierárquica necessária para aplicação do método, bem como atribuíram as pontuações ambientais para a montagem da matriz RIAM.

A conclusão da dissertação contém recomendações ao setor produtivo, com vistas a balizar estudos que possam indicar direções de investimento em descontaminação ambiental causada por dejetos suínos, destacando a importância do planejamento de ações baseadas em análises multicriteriais para o alcance de objetivos e aumento de eficiência e eficácia de projetos.

CAPÍTULO 1 - BASES PARA ESTUDO DO PROBLEMA DOS DEJETOS SUÍNOS NO CENTRO OESTE

1.1. Panorama Geral

A economia e a ecologia ocupam-se de aspectos diferentes da Terra. A Ecologia estuda a estrutura da casa, as relações entre os seres que nela habitam e os recursos necessários para esta vida, além das interações e propriedades emergentes desta interação. Em Odum (1988) vê-se a origem etimológica comum das duas palavras. Ambas apresentando aspectos diferentes da organização da *oikos* – casa. A ecologia representando o estudo do “ambiente da casa”, com o estudo dos organismos contidos nela e todos os processos funcionais que a tornam habitável. É o estudo do lugar onde se vive, com ênfase sobre a totalidade ou padrão de relações entre os organismos e o seu ambiente.

A Economia também possui a raiz *oikos*, que juntamente com a estrutura *nomia* – significando manejo, gerenciamento – traduz-se como manejo da casa. Esta área do conhecimento estuda as atividades humanas no campo da organização de recursos, isto é, produção, circulação, distribuição e consumo de bens e serviços e a atividade do homem em busca de bens materiais (LAKATOS e MARCONI,1999.), além de ser “um sistema que obtém do meio-ambiente materiais a serem transformados no processo produtivo bem como energia para propulsionar essas transformações; e que devolve esses materiais e essa energia ao meio-ambiente, na forma de resíduos e rejeitos” (MUELLER, 2000).

Todas as cadeias produtivas econômicas geram emissões de materiais e energia, na forma de resíduos e rejeitos, e impactam o meio ambiente de forma adversa.

A produção e consumo de bens e serviços pelo ser humano dependem essencialmente do uso dos recursos da natureza, através da aplicação de trabalho e inteligência humana, promovendo o fluxo de matéria e energia necessário para manutenção da vida humana no planeta.

Sabe-se, no entanto, que a criação do ambiente propício para manutenção da vida na Terra para o ser humano provoca impactos ambientais, sejam eles positivos ou negativos, que podem tanto facilitar ou dificultar o desenvolvimento e qualidade de vida dos seres vivos (BELLIA,1996).

O impacto ambiental, segundo a resolução n.º 001/86 do CONAMA, de 23.01.86, é conceituado como:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante de atividades humanas que, direta ou indiretamente afetem: (I) a saúde, a segurança e o bem-estar da população; (II) as atividades sociais e econômicas; (III) a biota; (IV) as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; (V) a qualidade dos recursos ambientais.

Este impacto é de tal ordem que o *World Wildlife Fund* estima que o consumo de recursos naturais já ultrapassou a capacidade de suporte do planeta em 20% (2002). A capacidade de suporte refere-se à capacidade dos sistemas ambientais de suporte à vida de fornecer suprimentos, materiais, energia e água potável para consumo sem comprometer a estabilidade do ecossistema, além da capacidade de assimilar os rejeitos da produção econômica sem causar colapsos no espaço físico (WWF,2002).

Ocorre que a forma de produção econômica e a conseqüente sociedade que emerge desta relação produção-consumo preconiza o consumo intensivo de materiais, bem como de produtos industrializados.

O homem, como qualquer outra espécie habitante do planeta, interage com o ambiente à sua volta, modificando-o e sendo modificado por ele e transformando-o ou sendo transformado, de modo a adaptá-lo e adaptar-se às suas necessidades (ODUM,1988).

A interferência sobre o ambiente se dá em diversos níveis sobre os componentes do meio: ar, solo, água e seres vivos.

Este ambiente tem sido usado com três funções básicas (BELLIA, 1996):

1. Fornecedor de recursos, onde cede os recursos naturais para a produção;
2. Fornecedor de bens e serviços, onde se incluem recursos intangíveis: a paisagem, o patrimônio cultural, a ausência de ruídos;
3. Assimilador de dejetos, onde é utilizada a capacidade de absorção de resíduos emitidos pela atividade humana.

Sob uma ótica econômica, o objetivo da gestão e do planejamento ambiental é a de permitir que o fornecimento de recursos, bens e serviços seja compatível com a capacidade de assimilação de dejetos gerados por estas atividades, assegurando uma maior sustentabilidade de uso para as populações humanas, dentro dos princípios da equidade inter e intrageracional.

O tema da presente dissertação é a suinocultura e a análise dos dejetos produzidos por esta cadeia produtiva, no tocante a dejetos biológicos. A proposta é analisar métodos de tratamento que visam neutralizar o potencial poluidor e diminuir o impacto adverso causado no meio ambiente.

1.2. A suinocultura e seus números

A carne suína é a principal fonte de proteína animal consumida no mundo. De acordo com a Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína, foram produzidas cerca de 83 milhões de toneladas de carne. A China, líder mundial, produziu 39,85 milhões de toneladas em 1999 (ABIPECS, 2001).

O Brasil apresenta uma tendência de aumento na participação no mercado mundial, uma vez que foram fechados contratos de exportação com a China, maior consumidor de carne suína mundial (PORKWORLD, 2002).

A produção total brasileira, no entanto, é consumida em sua maior parte no mercado interno, de acordo com a tabela 1:

Tabela 1 - Carne Suína: Balanço de Oferta e Demanda 2000-2003 (mil Ton)

Situação	2000	2001	2002 (1)	2003 (2)
Produção	2.556	2.730	2.892	2.939
Importação	5	-	-	-
Suprimento Interno	2.561	2.730	2.892	2.939
Exportação	135	260	480	520
Consumo Interno	2.426	2.470	2.412	2.419
Kg per capita	14,1	14,2	13,7	13,6

FONTE: Associação Brasileira de Produtores e Exportadores de Carne Suína, ABCS, Instituto Cepa/SC.

Notas: (1) Estimativa; (2) Preliminar

Com o crescimento acelerado da exportação e o aumento de produtividade ganho nos últimos anos, novas áreas têm sido incorporadas à produção industrial de suínos, principalmente as grandes áreas produtoras de grãos no cerrado, nas regiões de Minas Gerais, São Paulo, Goiás e Mato Grosso.

Este aumento de áreas de produção tende a aumentar a contaminação ambiental por dejetos suínos, uma vez que o perfil dos investidores em criação de suínos no Centro Oeste são de grandes empresas, com projetos de suinocultura

intensiva, com práticas de alta eficiência, rendimento e tecnologia, buscando aproveitar a grande disponibilidade de soja e milho na área (TAKITANE, 1999).

A suinocultura intensiva, em que pese os ganhos de produtividade e qualidade da produção, tem sido responsável por um grave quadro de contaminação ambiental que atinge diversos municípios da região Sul, além de, segundo Takitane (2000), estar excluindo diversos pequenos suinocultores desta cadeia produtiva, devido ao não acompanhamento das inovações requeridas para o aumento da produtividade.

No Distrito Federal, de acordo com dados da EMATER (2002), tem-se a 3.º maior densidade de suínos por área no país, com 147.538 suínos, sendo 28.911 cabeças em criação extensiva e 118.627 cabeças em criação confinada em 87 granjas, destas, 41 estão localizadas na bacia do Rio Preto na área rural da região administrativa de Planaltina.

A Secretaria de Agricultura do Distrito Federal demonstra interesse em promover o incremento da suinocultura devido às características logísticas que existem no Distrito Federal, que favorecem o escoamento da produção e às culturas de soja e milho, essenciais para o preparo da ração dos suínos.

Existe também uma política de incentivo para a modernização da produção suinícola do Distrito Federal e aumentar a produtividade, que saltou de 9.564 toneladas para 9.870 toneladas no período de 1999 a 2001. Com uma demanda efetiva de 20.000 toneladas de carne suína por ano na unidade da Federação, os produtores têm no mercado interno a garantia de compra. A Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos também está atenta a este crescimento, antecipando-se a uma provável situação de crise devido ao

gerenciamento de dejetos suínos, caso não seja proposto o controle desta expansão.

1.3. O desenvolvimento da suinocultura brasileira: Primórdios e expansão

A suinocultura está concentrada na Região Sul, principalmente nos estados de Santa Catarina e Paraná. Iniciou-se na década de 20, com base na agricultura familiar e aproveitando o processo imigratório ocorrido no país nesta época, principalmente de alemães e italianos, tradicionais consumidores de carne suína e embutidos.

A partir da década de 40, houve a industrialização da região, com produtividades crescentes e instalação de grandes empresas beneficiadoras, iniciando o embrião do que seria o complexo agroindustrial da suinocultura.

Nesta época, e até meados dos anos 70, os dejetos suínos ainda não eram fator preocupante, pois o ambiente ainda possuía capacidade de assimilação, definida como limite quantitativo de um sistema para assimilar e processar substâncias ou mistura de substâncias nele introduzidas, sem causar desequilíbrio ou perturbação relevante nas suas funções básicas (LIMA e SILVA *et al.*, 1999).

De acordo com Takitane (1999):

Ao longo da década de 80, o processo de articulação industrial caracterizou-se pela intensificação do processo de integração, observando-se aumento de produção das próprias agroindústrias num primeiro momento, e em aumento na escala de produção com menor número de produtores.

A modernização, acentuando o processo de transformação de pequenas criações extensivas em sistemas de criação intensiva e confinada, não beneficiou os suinocultores da região em conjunto, mas implicou em intenso processo de seleção e exclusão.

A expansão seguida a partir dos anos 90 e a crescente importância do complexo agroindustrial da suinocultura para as lavouras de soja e milho, com o crescimento sustentado da produção em direção a novas fronteiras agrícolas tem

atraído diversas empresas internacionais interessadas em investir na suinocultura industrial, fato que, por um lado, se tender a aumentar as exportações brasileiras de suínos, também pode provocar um grande desequilíbrio nas relações entre a produção econômica e o desequilíbrio ecológico.

A moderna suinocultura é uma atividade voltada para a produção tecnificada de suínos para abate e/ou animais destinados à reprodução, o que pode ser chamado de Fábrica de Suínos (SESTI e SOBESTIANSKY,1998).

Muitas mudanças têm ocorrido da cadeia produtiva da suinocultura durante a última década. Uma das tendências observadas é a mudança do perfil produtivo, com a diminuição do número de sistemas de produção em funcionamento paralelo ao aumento do número de matrizes em cada sistema de produção (TAKITANE, 2000), à semelhança do que é verificado no Centro Oeste brasileiro, com a entrada de capital estrangeiro para produção intensiva de suínos em grandes “indústrias de produção de carne”. Um exemplo típico é a fábrica da Perdigão em Rio Verde, Goiás, que planeja uma expansão para o ano de 2003, praticamente dobrando a capacidade de processamento desta unidade (Porkworld, 2002), apesar da diminuição do preço do suíno no mercado nacional e internacional.

Observa-se a tendência de mudança das áreas de produção para regiões não tradicionais em suinocultura, mas grandes produtores de grãos, onde os custos de produção e a densidade populacional de suínos são significativamente mais baixos (SESTI *et al.*,1998).

A distribuição dos sistemas de produção de suínos está apresentada na tabela 2.

Tabela 2 - Estimativas de distribuição (%) dos sistemas de produção de suínos no Brasil

Sistema	1990	1995	2000
Confinado	40,0	48,0	61,0
Semi confinado	27,0	26,0	21,0
Extensivo	32,8	25,5	17,0
Ar livre	0,2	0,5	1,0

Fonte: Gomes (1992) in Sesti e Sobestiansky (1998).

Os sistemas de criação podem ser classificados como extensivos ou intensivos. (NICOLAIEWSKY *et al.*, 1998).

1. Criação Extensiva: Os animais são mantidos soltos, no campo. São criações primitivas, sem utilização de tecnologias adequadas à produção industrial e apresenta baixos índices de produtividade. De acordo com Nicolaiewsky *et al.*, (1998), a redução indica uma tendência ao abandono desta forma de criação, porém, com a emergência do mercado para produtos de origem orgânica, de maior valor agregado, algumas iniciativas de criação extensiva estão tendo um revigoramento.

2. Criação Intensiva: São classificados em três tipos de sistema:

2.1 Sistema de criação ao ar livre:

O sistema de criação ao ar livre, segundo Nicolaievsky *et al.* (1998), tem conquistado grande número de criadores devido ao desempenho técnico, baixo custo de implantação e manutenção, número reduzido de edificações, facilidade na implantação e na ampliação da produção, mobilidade das instalações e redução do uso de medicamentos.

Mantém os animais em piquetes nas fases de reprodução, maternidade e creche e nas fases de crescimento e terminação são confinados. Geralmente são

utilizados até que o leitão tenha de 25 a 30 quilos, quando é repassado para granjas de terminação.

2.1.1 Sistema de criação ao ar livre de ciclo completo

Neste sistema os leitões são mantidos em piquetes em todas as fases. São muito utilizadas na Argentina e seus índices de crescimento são inferiores ao sistema confinado.

2.1.2 Produção de leitões de 25 kg

São crescidos em piquetes até o limite de 25 kg, quando são repassados à terminação.

2.2 Sistema de criação misto ou semi-confinado

É o que usa piquetes para a manutenção permanente ou intermitente para algumas categorias e confinamento para outras.

2.2.1 Sistema tradicional

Mais freqüente encontrado na região Sul do Brasil. As fêmeas utilizam os piquetes quando da cobertura e da gestação. Na fase da lactação, a porca fica confinada na maternidade e os leitões são mantidos em confinamento.

2.2.2 Sistema “à solta controlado”

Neste sistema misto utilizado em Minas Gerais. O período de gestação é em piquetes e o parto é realizado em confinamento. Os leitões são mantidos em piquetes até o período de terminação.

2.3 Sistema de criação confinado

Todas as categorias estão sob piso e sob cobertura. As fases podem ser desenvolvidas em um ou vários prédios. A necessidade de criação é mínima, o investimento em custeio e equipamentos é muito alto.

Este sistema permite a mecanização do fornecimento de ração e da limpeza, com economia de mão-de-obra e aumento de investimentos iniciais. É o sistema mais utilizado por possibilitar alta produtividade, apesar dos altos custos associados a este tipo de produção.

1.4. Centro Oeste: Fronteira de expansão da produção de grãos e pecuária

O Centro Oeste é composto, em sua maioria, por áreas de Cerrado. Cerca de 25% do território brasileiro apresenta este bioma. Apresenta invernos secos e verões chuvosos, um clima tropical chuvoso, com concentração de chuvas de outubro a março. Existem longas chapadas, com altitude variando entre 900 e 1600 metros (REATTO *et al.*, 1998).

A ocupação do bioma Cerrado com agricultura começou nos anos 70, quando se descobriu uma solução tecnológica para os problemas de baixa fertilidade natural e elevada acidez, que foi a aplicação de calcário para a correção do pH (REZENDE, 2002).

Esta correção do solo, aliada a pesquisa de novas variedades de sementes adaptadas a este solo possibilitaram a utilização com fins econômicos das terras de cerrado.

A economia da região até 1970 era baseada essencialmente na pecuária extensiva, quando se iniciou a incorporação agrícola do cerrado sob a nova tecnologia de produção, e desde então vem se mantendo um ritmo acelerado de ocupação.

A agricultura familiar, segundo Rezende (2002), tem pouca viabilidade, pois o período seco não possibilita a obtenção de renda para subsistência, também inviabilizando as atividades típicas dessa forma de produção, como as de subsistência e aquelas com uso intensivo de mão-de-obra. O mercado de trabalho

rural também é pequeno, contribuindo para o alto grau de mecanização presente na agricultura do cerrado.

Estes fatores direcionaram a ocupação do solo por grandes propriedades e megaprojetos, uma vez que 2/3 desta região tem as propriedades com área acima de 1000 hectares, enquanto nos estados do Sul a área média das propriedades não passa de 30 hectares (REZENDE, 2002).

A inviabilidade histórica da agricultura familiar na região dos cerrados, é concomitante com a formação da grande propriedade territorial, facilitou a adoção de novos padrões tecnológicos, caracterizados pela produção em larga escala (REZENDE, 2002).

A aplicação de tecnologia às terras do cerrado possibilitou uma migração dos agricultores familiares do sul para estas áreas onde novas terras estavam sendo disponibilizadas através de correção de solo e mecanização agrícola, além dos preços de terra serem muito menores que na região sul, onde comparativamente com o mesmo recurso financeiro compravam-se muito mais terras.

Com isso, os ganhos de escala expressivos obtidos nas culturas de milho e soja, dentre outros, tem possibilitado a abertura de novas frentes de desenvolvimento agropecuário, tais como a suinocultura.

1.5. Manejo de dejetos: potencial poluidor e análise de principais poluentes na água

A lei 6.938/81, que estabelece a Política Nacional de Meio Ambiente, define poluição como:

... a degradação da qualidade ambiental resultante das atividades que direta ou indiretamente:

- a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c) afetem desfavoravelmente a biota;
- d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;

e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

A poluição também pode ser definida como resultado indesejável das ações de transformação do homem sobre o meio ambiente (SILVEIRA *et al.*,1990).

A poluição por dejetos animais não tratados, lançados no solo e nos mananciais de água pode causar desequilíbrios ambientais, dificultando a vida do homem do campo e da cidade. Estes dejetos servem como substrato adicional para larvas e em doses elevadas podem matar os peixes, predadores naturais de insetos (PERDOMO *et al*, 1998).

A relação entre a poluição e a qualidade da água aparece como a questão mais importante do século XXI. Estima-se que 80% das doenças que afetam a espécie humana tem veiculação por via hídrica (CRESPO,1998). Além disso, a baixa qualidade dos recursos hídricos implica para as prefeituras municipais e governos estaduais custos adicionais para captação e tratamento de água.

O quadro que se apresenta na maioria dos rios que atravessam as cidades brasileiras é de deterioração, sendo este um grande problema ambiental. A contaminação gerada por esgotos industriais é mais controlável, uma vez que as entidades de controle ambientais podem fiscalizar os programas de controle de seus efluentes. Além disso, a internalização dos custos de tratamento e manutenção de qualidade ambiental é mais direta nas empresas, que estão sujeitas a fiscalizações mais freqüentes. No caso da suinocultura industrial na região sul, com a terceirização da produção, torna-se difícil o controle das emissões de efluentes, devido à dificuldade econômica do agente poluidor, geralmente um suinocultor de pequeno porte. Com isso, esta contaminação tende a ser muito difusa, gerando um quadro de difícil resolução (TUCCI *et al.*,2000).

Em estudo realizado por Mendes (citado em TUCCI *et al.*, 2000) com base no Programa Nacional de Controle da Poluição - PRONACOP, com dados de 1988, descobriu-se que o setor produtivo que tinha a maior carga de poluição era o da pecuária, com cerca de 35% do total. Isto correspondia, em 1988, a uma demanda bioquímica de oxigênio de 5.051.004.000 toneladas DBO/ano.

A situação nos estados da região Sul é grave e o Ministério do Meio Ambiente estuda uma abordagem integrada ao problema, em parceria com os estados da região, na busca de encontrar alternativas de tratamento e prevenção da contaminação ambiental por resíduos da suinocultura.

Segundo Perdomo, *et al* (2001), em grandes centros produtores de suínos, a exemplo da Europa, estão sendo encontradas dificuldades para manter os atuais rebanhos, como decorrência do excesso de dejetos, de saturação das áreas para produção, da contaminação de recursos naturais e dos altos investimentos para o tratamento de efluentes.

A expansão da suinocultura industrial nas últimas 3 décadas, à medida que proporcionou ganhos de produtividade e renda e posicionou o Brasil como um grande exportador, também fez com que o problema da gestão da produção de dejetos impactasse de modo negativo o meio ambiente, promovendo desconforto e contaminação ambiental.

A escolha do método de tratamento pelo suinocultor depende da percepção da importância da questão ambiental para o desenvolvimento da sociedade, entendido aqui como acesso a bens e serviços, e da eficácia dos mecanismos de comando e controle adotados pelo governo, necessários para mostrar a importância da manutenção de padrões de qualidade de água, além de

mecanismos eficientes de financiamento da implantação de sistemas de controle ambiental necessários para a manutenção daqueles padrões de qualidade.

Do ponto de vista das instituições de crédito, pouco tem sido feito para que se financiem sistemas específicos de tratamento de dejetos e seja possível adequar o sistema de produção às normas ambientais. As normas de concessão de crédito dão pouca importância à exigência de gestão de resíduos gerados no processo produtivo.

As emissões geradas por empreendimentos agroindustriais de alto rendimento geram uma cadeia de gastos públicos com a gestão de recursos hídricos e resíduos sólidos e impactam diretamente a qualidade de vida da população que depende destes recursos para a manutenção das atividades sociais e econômicas, demandando dos governos crescentes necessidades de recursos financeiros para financiamento da produção privada. As externalidades do processo produtivo privado acabam sendo incorporadas pelo poder público.

A lei 9.605/98 (Lei de Crimes Ambientais) estabelece em seu artigo 54 que “Causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana ou que provoquem a mortandade de animais ou destruição significativa da flora” é considerado crime com pena de reclusão e multa.

Espera-se que, no Brasil, com a aplicação da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei n.º 9433, de 08.01.97), que prevê a bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação desta política em seu artigo 1.º, parágrafo V, e com a cobrança pelos recursos hídricos, também seja incentivada a racionalização do uso destes recursos, reduzindo o impacto ambiental adverso surgido desta atividade econômica e direcionando o desenvolvimento da atividade para patamares de controle ambiental satisfatórios.

1.6. Poluição por dejetos – aspectos biológicos

A poluição é o resultado indesejável das ações de transformação do homem sobre o meio ambiente. Os compostos orgânicos biodegradáveis presentes nos dejetos são principalmente proteínas, carboidratos e gordura, em grande parte com sua composição química dependendo do sistema de manejo adotado e dos aspectos nutricionais.

A capacidade poluidora dos dejetos suínos é muito superior à da espécie humana, com uma demanda bioquímica de oxigênio de um animal de 85 kg variando de 189 a 208 g/animal/dia, enquanto a doméstica é de apenas 45 a 75 g/habitante/dia (PERDOMO,1998).

O potencial de poluição dos compostos orgânicos contidos nos dejetos é medido comumente em termos de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO). A demanda bioquímica de oxigênio avalia indiretamente o conteúdo orgânico biodegradável dos despejos através da medida do oxigênio consumido pelos microrganismos atuantes na sua oxidação (Silveira et al.,1990),

A matéria orgânica lançada nos corpos d'água é inicialmente consumida por bactérias e outros microorganismos aeróbios que necessitam de oxigênio. O lançamento de grande quantidade de despejos não tratados em ecossistema aquático e sua conseqüente estabilização biológica podem levar à completa exaustão do oxigênio, causando a eutrofização² do corpo d'água e causando morte de peixes e outros organismos.

² A eutrofização acontece quando uma quantidade excessiva de nutrientes orgânicos é lançada em corpos d'água, provocando crescimento excessivo de organismos fotossintéticos.

Além disso, diversos organismos patogênicos podem ser encontrados nos efluentes de dejetos de suínos, podendo transmitir doenças como o cólera, entre outros.

O nitrogênio e o fósforo também são elementos essenciais ao crescimento vegetal que estão presentes nos dejetos animais. Quando lançados em grande quantidade no solo, como usualmente fazem os suinocultores sem sistemas de tratamento, podem poluir os lençóis subterrâneos de água. Tanto o nitrogênio quanto o fósforo podem ter sua concentração medida através das formas em que aparecem na natureza, seja o nitrogênio orgânico, seja a amônia, nitritos ou nitratos, seja o fósforo na forma de fosfato (PERDOMO, 1999).

Odum (1988) sugere que o fósforo é um elemento químico que limita a produção primária, ou seja, o crescimento dos vegetais, devido à sua pouca disponibilidade na natureza, sendo então muito importante para a manutenção da produtividade de sistemas agrícolas.

A matéria orgânica biologicamente sintetizada participa dos processos de reciclagem de elementos vitais na natureza e são degradáveis por ação biológica.

Os elementos orgânicos presentes nestes processos de reciclagem circulam em ciclos conhecidos como biogeoquímicos. O movimento desses elementos e compostos essenciais para a vida é responsável pela manutenção da vida no planeta e pela ciclagem de nutrientes³ (ODUM,1988).

A diminuição do oxigênio dissolvido ocorre porque organismos de respiração aeróbia metabolizam o substrato orgânico acumulando uma fração de

³ A ciclagem de nutrientes é o fluxo de matéria através do ecossistema, através da produção, consumo e reciclagem dos elementos químicos que compõem a matéria viva (adaptado de Odum, 1988).

glicose. Para liberação do conteúdo energético desta glicose, há a oxidação deste composto, que reduz a disponibilidade de oxigênio livre no corpo d'água.

Quando a água é suficientemente rica em oxigênio dissolvido e a carga a ela lançada não é muito grande, há um equilíbrio. No entanto, quando esta carga é grande, a aeração natural pode ser insuficiente para repor os estoques de oxigênio e promove um estabelecimento de condições anaeróbias, afetando a capacidade de suportar vida do ambiente aquático.

Como resultado da diminuição do oxigênio, observa-se também uma redução geral do número de espécies na massa de água e no fundo, propiciando um desequilíbrio ecológico na área de despejo destes dejetos orgânicos.

Os efeitos da poluição de águas na saúde humana podem ser medidos pela tabela 3, que relaciona uma série de infecções que podem ser causadas pela falta de tratamento de dejetos de origem animal:

Algumas doenças veiculadas pelos dejetos podem ser controladas por melhorias em sistemas de abastecimento de água, controle de emissões e a escolha de métodos de transporte, tratamento e disposição final e reutilização destes excretas (SILVEIRA e SANT'ANNA, 1990).

Existem diversos sistemas de tratamento de dejetos utilizados para o controle da poluição ambiental. O foco deste trabalho será nos sistemas coletivos de coleta, transporte e tratamento ou disposição dos efluentes sanitários voltados para a questão dos dejetos suínos.

O tratamento de dejetos tem como objetivos principais as reduções da demanda biológica de oxigênio e da concentração de compostos de Nitrogênio e Fósforo, de modo a regular as quantidades destes nutrientes nos corpos receptores dos efluentes já tratados (BAVARESCO, 1998).

Tabela 3 - Classificação ambiental de infecções transmitidas por dejetos

Categoria	Infecção	Mecanismos de transmissão	Medidas de Controle
I. Fecal/Oral (não bacterial) Não latente Dose infecciosa pequena	Poliomielite (V) Hepatite A (V) Diarréia Rotavirus (V) Giardíase (P) Balantidíase (P) Enterobíase (H) Hymenolepíase (H)	Contato pessoal Contaminação doméstica	Abastecimento de água Melhoria habitacional Provisão sanitária Educação sanitária
II. Fecal – Oral (bacterial) Não latente Doses altas e médias de infecção persistente moderadamente e capacidade de multiplicação	Diarréias Disenterias Enterite Campylobacteria (B) Cólera (B) Diarréia E.Coli (B) Salmonelose (B) Shigelose (B) Yerseniose (B) Febres entéricas: Tifóide (B) Paratifóide (B)	Contato pessoal Contaminação doméstica de água e colheitas	Abastecimento de água Melhorias habitacionais Provisão sanitária Tratamento de excreta antes da reutilização ou descarga Educação sanitária
III. Helmintos transmitidos pelo solo latente e persistente sem hospedeiro intermediário	Ascaris (H) Trichurius (H) Estrongiloidíase (H) Hook Worm (H)	Contaminação do quintal Solo contaminado na área comum de defecção Contaminação de colheitas	Provisão sanitária Tratamento de excreta antes de lançamento no solo
IV. Vermes do boi e porco latente e persistente Hospedeiros Boi e Porco	Teníase (H)	Contaminação do quintal, dos campos, de ração	Provisão sanitária Tratamento de excreta antes de lançamento no solo Inspeção na carne
V. Helmintos relacionados com água latente e persistente Hospedeiros aquáticos	Esquistossomose (H) Clonorchíase (H) Difilobotríase (H) Fasciolopsíase (H) Paragonimíase (H)	Contaminação da água	Provisão sanitária Tratamento do excreta antes de descarga Controle de infecção animal Controle do alimento
VI. Insetos relacionados com excreta	Filaríase (H) Infecção das categorias I a V, especialmente I e II transmitidas por moscas e baratas (M)	Sobrevivência de insetos em locais contaminados por fezes	Identificação e eliminação de locais contaminados Mosquiteiros

FONTE: Adaptado de Silveira e Sant'anna (1990) Original de Cairncross e Feachem (1983)

Nota: B = bactéria, V = Vírus, H = Helminto, M = Minscelânia, P = protozoário

Além dos problemas de contaminação de solos e água, a população dos municípios produtores de suínos convive com outros problemas ambientais, tais como proliferação de moscas, mau cheiro e erosão do solo.

A dimensão deste problema incitou diversas instituições de pesquisas a desenvolver métodos de tratamento dos dejetos que pudessem resolver o problema da contaminação ambiental.

A análise de alternativas visa a dotar o produtor e a entidade reguladora de um instrumento de decisão. A adoção de um sistema de tratamento indica uma preocupação com o bem estar da sociedade e com a qualidade do recurso ambiental, proporcionando a possibilidade de alcançar padrões sustentáveis de produção e adequando o processo produtivo à emergência de novos padrões de desempenho ambiental exigidos pela evolução da questão ambiental .

CAPÍTULO 2 - IMPACTOS AMBIENTAIS DA CRIAÇÃO DE SUÍNOS E TRATAMENTO DE DEJETOS

2.1. Saneamento ambiental e contaminação por resíduos orgânicos

A Conferência de Mar Del Plata, em 1977, declarou o decênio 1981-1990 a “Década Internacional do Abastecimento de Água e Saneamento”. A meta, àquela época, era a de proporcionar abastecimento adequado de água segura e saneamento apropriado para todos, até 1990 (HESPANHOL, 1999).

A Agenda 21 (2000) considera, em seu capítulo 18 – “Proteção da qualidade e abastecimento de água: aplicação de métodos integrados para o desenvolvimento e gestão dos recursos hídricos”, que aproximadamente 80% das doenças de origem hídrica e mais que um terço das mortes em países em desenvolvimento são causadas pelo consumo de água contaminada e que cerca de um décimo do tempo produtivo de cada pessoa é sacrificado em função destas doenças (BRANCO, 1999). Deste modo, conclui-se que os excretas e esgotos são fatores de deterioração da qualidade da água e que a introdução de tecnologias adaptadas para a construção de sistemas de tratamento de esgotos traz melhorias significativas para a saúde pública e o meio ambiente.

No capítulo 21 da referida agenda, “Gestão ambientalmente adequada de resíduos líquidos e sólidos”, detecta-se a necessidade de ampliar sistemas de coleta, tratamento e disposição de resíduos líquidos e sólidos.

As doenças infecciosas associadas à água podem ser classificadas de acordo com os modos de propagação. Esta classificação se dá em quatro categorias básicas (TELLES, 1999):

1. Com suporte na água: Quando os organismos patogênicos são carregados passivamente na água que é consumida por uma pessoa ou animal, causando infecção, como por exemplo o cólera (*Vibrio cholera*) e a febre tifóide (*Salmonella typhi*).
2. Associadas à higiene: Infecções causadas por falta de água e que podem ser controladas com disponibilidade de água e melhoria de hábitos de higiene. São exemplos as doenças de pele, tais como a sarna ou doenças diarréicas, como a disenteria bacilar, causada pela *Shigella ssp.*
3. De contato com a água: infecções transmitidas por um invertebrado aquático que vive na água, ou que passa parte de seu ciclo de vida em moluscos aquáticos ou outros animais aquáticos, podendo causar infecções através da pele. Dentre os exemplos mais clássicos estão a esquistossomose (causada por *Schistosoma mansoni*, *Schistosoma haematobium* e *Schistosoma japonicum*). De acordo com Hespanhol (1999), a conscientização dos grupos de risco, a educação sanitária e o isolamento e tratamento de açudes e reservatórios contaminados também são ações eficazes para a redução do perigo de infecção.
4. Associadas a vetores desenvolvidos na água: Infecções transmitidas por organismos patogênicos, através de insetos desenvolvidos na água ou que picam o homem nas proximidades da água. No Brasil, temos associados a estas doenças a malária, a febre amarela e a dengue, entre outros.

Para Telles (1999), a provisão de água segura e de sistemas de saneamento básico reduzem drasticamente a incidência de doenças infecciosas relacionadas à contaminação da água.

Em 1950 a Organização Mundial de Saúde definiu saneamento ambiental como sendo a provisão de sistemas e controle adequados dos serviços de abastecimento de água potável, disposição de excretas e esgotos, coleta de lixo e controle de vetores transmissores de doenças (HESPANHOL, 1999).

A contaminação de cursos d'água por material de origem biológica representa um grande problema, pois os principais contaminantes da água se apresentam sob diversas formas.

Sob a forma de contaminantes sólidos, podem ser soluções (sólidos dissolvidos), suspensões (sólidos suspensos), podem formar depósitos de sedimentos e a matéria ainda pode ser classificada como fixa (sólidos inorgânicos) ou voláteis (sólidos orgânicos).

Os sólidos orgânicos biodegradáveis apresentam-se principalmente como proteínas, carboidratos e gorduras. A DBO avalia indiretamente o conteúdo orgânico biodegradável dos despejos através da medida do oxigênio consumido pelos microorganismos atuantes na oxidação. O teste da DBO é feito pela medição do oxigênio consumido numa amostra engarrafada, mantida no escuro a 20 graus Celsius, por cinco dias. A DQO, por outro lado, mede a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação química da matéria orgânica, sendo que este valor costuma ser maior devido à menor velocidade da natureza para degradar estes compostos (BRANCO, 1999).

A poluição por dejetos pode manifestar-se de diversas formas: A poluição física envolve modificações de cor, turbidez e alterações de temperatura no meio aquático (SILVEIRA e SANT'ANNA,1990).

A poluição físico-química envolve variações de pH, radioatividade, alterações na tensão superficial e modificações na pressão osmótica.

A variação de pH pela introdução em meio equilibrado de ácidos ou bases fortes pode causar grande mortandade na fauna marinha, devido à incapacidade de adaptação às variações extremas no meio ambiente.

2.2. Métodos e sistemas de tratamento de dejetos suínos

O ciclo biogeoquímico é o estudo da troca de materiais entre os componentes vivos e não vivos da biosfera (ODUM, 1988). A função dos sistemas de tratamento é reintegrar ao ambiente os nutrientes presentes nos dejetos, contribuindo para a ciclagem de nutrientes necessária para a manutenção da estabilidade ambiental. Os sistemas complexos de tratamento de dejetos promovem o crescimento de biomassa através da utilização dos nutrientes disponibilizados através do tratamento biológico do rejeito.

Os sistemas de tratamento de dejetos suínos podem ser divididos em sistemas físicos e sistemas biológicos. Todos os sistemas visam imobilizar os nutrientes nitrogênio e fósforo, reduzir a demanda biológica de oxigênio e reduzir a quantidade de coliformes, diminuindo ou eliminando o problema ambiental da contaminação (EMBRAPA,1993).

A adoção de Sistemas Confinados de produção de suínos tem produzido quantidades cada vez maiores de dejetos, onde a inadequação dos sistemas de manejo e armazenamento induzem o lançamento em rios e cursos d'água naturais (EMBRAPA, 1993).

O lançamento de grandes quantidades de dejeções em rios e lagos levam a sérios desequilíbrios ecológicos e poluição em função da redução do teor de oxigênio dissolvido na água, devido à alta demanda bioquímica do oxigênio necessária para oxidar o material orgânico presente nestas dejeções.

No entanto, pelo lado econômico, poderia gerar mais emprego e renda na área rural, dando emprego a grande quantidade de pessoas que chegam ao DF.

No entanto, para a redução do poder poluente a níveis aceitáveis, são necessários investimentos significativos, muitas vezes acima da capacidade de investimento do produtor rural.

Apesar da incorporação de resíduos orgânicos no solo melhorar as qualidades físicas, químicas e biológicas, existe uma capacidade de assimilação do meio ambiente destes nutrientes e o excesso de nutrientes pode causar a contaminação das culturas adubadas com este meio e das fontes subterrâneas de água (PERDOMO,1999).

A quantidade de dejetos produzida por suínos diariamente varia de acordo com o tipo de manejo, o tipo de bebedouro, do tipo de sistema de higienização adotado, frequência e volume de água utilizada, bem como da escala de produção adotada na propriedade (PERDOMO e LIMA, 1998).

A quantidade total de resíduos líquidos produzidos varia de acordo com o desenvolvimento dos animais, variando de 4,9 a 8,5% do peso vivo/dia, para a faixa de 15 a 100 kg. Um dos componentes que influi na quantidade de dejetos líquidos é a produção de urina, que depende da eficiência da ingestão da água.

O volume total de liquame em sistemas de criação depende da quantidade de água desperdiçada nos bebedouros e do volume de água utilizado na higienização das edificações e dos animais.

A composição dos dejetos está associada ao sistema de manejo adotado e podem apresentar grandes variações, dependendo da diluição e de como são manuseados e armazenados, além das variáveis de tipo de alimentação e idade dos animais.

O importante é que nestes dejetos estão presentes diversos nutrientes que podem ser utilizados na fertilização de terrenos, desde que diminua-se a quantidade de organismos patogênicos nesta fração.

Para diminuição destes organismos, costuma-se indicar a necessidade de sistemas de tratamento. De acordo com dados da EMBRAPA suínos e aves (1993), cerca de 15% das propriedades rurais com suinocultura possuíam sistemas de tratamento e aproveitamento de dejetos na região Sul.

A utilização de sistemas de tratamento, além de reduzir o potencial poluidor do liquame produzido pelos suínos, permite a utilização de composto rico em nutrientes e necessários para a preparação e adubação de terrenos para plantio.

Os métodos de tratamentos de dejetos suínos podem ser classificados, de acordo com o método de neutralização dos poluentes, como físicos ou biológicos (EMBRAPA, 1993).

2.3. Utilização dos Dejetos Suínos

Os dejetos suínos são compostos de grande quantidade de nutrientes que podem ser utilizados em novas cadeias produtivas. Dependendo da escala da produção e das condições ambientais, existem diversos possíveis usos para este composto.

De acordo com Perdomo e Lima (1998), existem diversas maneiras de utilização de dejetos no Brasil:

a) Alimentação Animal

Em que pese a resistência cultural encontrada no país, os dejetos suínos podem ser utilizados para alimentação dos próprios suínos. Ocorre que, somente devido ao baixo valor nutricional, este uso não é corrente nas propriedades suinocultoras. No entanto, as contaminações e disseminações de doenças entre os animais poderiam alastrar-se, caso fosse utilizado para este fim. A utilização em gado bovino permite uma incorporação maior de nutrientes, devido à suas diferenças de digestão.

A fertilização de tanques de piscicultura também é uma possibilidade de uso, porém, como citado anteriormente, deve-se observar a quantidade de oxigênio dissolvido na água dos tanques, para que não haja perigo de mortandade geral de peixes. Existem sistemas integrados de tratamento de dejetos que incluem em seu ciclo um tanque de piscicultura.

b) Fertilizante orgânico

Os dejetos suínos possuem nutrientes como o nitrogênio, fósforo e potássio. A utilização no solo deve obedecer a capacidade de assimilação do mesmo, sem ultrapassá-la.

A quantidade de dejetos a ser aplicado no solo depende de sua estrutura, da permeabilidade e da cultura a ser implantada na propriedade. Dependendo da escala de produção, o gerenciamento deste dejetos pode levar à exaustão do solo.

Os órgãos ambientais recomendam que a utilização do dejetos como adubo se dê somente após a retenção em tanque de 120 dias, visando a estabilização e redução do poder poluente do composto.

É importante também citar que as dejeções animais contêm grande quantidade de germes potencialmente perigosos. A retenção pode eliminar grande

parte da carga microbiana, além da redução da DBO e eliminação de odores desagradáveis.

c) Produção de biogás

Através de reações dos dejetos com bactérias metanogênicas, é possível reduzir o potencial poluente deste composto e produzir gás metano, que pode ser uma fonte de energia renovável e precisa de um tempo de retenção de biomassa de 20 a 30 dias, em biodigestor, para produzir 50 dm³ de gás (50 litros de gás).

Quanto aos métodos para manejo e tratamento de dejetos, podemos separá-los em Métodos físicos e métodos biológicos, de acordo com a tabela 4.

Tabela 4 - Classificação dos Métodos de tratamento de dejetos suínos, de acordo com a forma de tratamento:

Método	Tipo
Físico	- Decantação - Peneiramento - Centrifugação - Separação química
Biológico	- Compostagem - Esterqueira - Lagoas de Estabilização - Reator anaeróbico
Integrados	- Biosistema Integrado (Reator anaeróbico + lagoas em série) - Sistema de lagoas de estabilização (Lagoas anaeróbicas e aeróbicas em série)

Fonte: Baseado em Perdomo e Lima, 1998

2.3.1. Métodos de Tratamento Físicos

2.3.1.1. Separação de fases

Consiste na separação de partículas maiores contidas nos dejetos da fração líquida para obtenção de dois produtos:

- fração líquida mais fluída com a mesma concentração dos elementos fertilizantes dos dejetos brutos;
- fração sólida, visando a manutenção de matéria orgânica agregada e podendo evoluir para composto.

Ainda podem ser utilizados os seguintes processos: decantação, peneiramento e centrifugação.

a) Decantação

Consiste em armazenar um volume de dejetos líquidos em reservatório, por determinado período de tempo, para que a fração sólida decante, separando-se a fase líquida da sólida do liquame.

A solubilidade diferente dos diversos elementos ocasiona uma divisão: O fósforo e o nitrogênio orgânico são encontrados nos sólidos sedimentados (82% e 62%, respectivamente); o nitrogênio amoniacal (90%) e o potássio (100%) são encontrados na fase líquida (BELLI FILHO e CASTILHOS, 1990).

O processo físico-químico de decantação e floculação tem por objetivo aumentar a eficiência da sedimentação natural das partículas. Adiciona-se floculantes ao meio líquido e a reação química permite a concentração do lodo a 1/5 do volume total. Este processo é o que ocorre no tanque de sedimentação.

b) Peneiramento

O peneiramento tem por objetivo obter duas frações, uma líquida e uma sólida.

As peneiras são equipamentos que tem malhas que permitem separar as partículas sólidas e classificam-se em estáticas, vibratórias e rotativas.

c) Centrifugação

Consiste na separação pelo uso da força gravitacional que incide nas partículas em suspensão nos dejetos. Uma grande parte da matéria em suspensão é sedimentada, proporcionando uma concentração no sedimento da maior parte dos fosfatos (80-85%) e do nitrogênio orgânico (60-65%). Na fase líquida restante no processo estão concentrados o nitrogênio amoniacal e o potássio.

d) Separação Química

A adição de compostos químicos visa precipitar partículas e material coloidal de modo a reduzir a demanda por oxigênio. Este método é apropriado para remoção de compostos inorgânicos solúveis, como os fosfatos, que são removidos através da formação de precipitados insolúveis.

Os fosfatos contribuem para a eutrofização de mananciais de água. A aplicação destes compostos no solo é uma alternativa, porém, a aplicação excessiva pode levar à contaminação de águas superficiais.

2.3.2. Métodos de tratamento Biológico

2.3.2.1. Tratamento aeróbio

a) Compostagem (Cama Sobreposta)

Este sistema preconiza a manutenção dos animais durante o período de engorda e terminação sobre um leito de maravalha⁴. Os dejetos, em contato com a maravalha, iniciam um processo de fermentação e decomposição da matéria orgânica e posteriormente são usados em compostagem, como adubo.

A decomposição desta matéria orgânica pode ocorrer através de aerobiose ou anaerobiose. A compostagem dependerá da ação e interação dos

⁴A maravalha é composta de lascas de madeira, que aumentam a porcentagem de nitrogênio/carbono necessária para a degradação biológica de dejetos.

organismos e da ocorrência de condições favoráveis (temperatura, umidade e disponibilidade de oxigênio).

No processo de compostagem há a quebra de ligações entre moléculas de carbono nas substâncias orgânicas, com liberação de energia sob a forma de calor. A umidade também é importante para promover o crescimento dos organismos biológicos envolvidos no processo através das reações bioquímicas necessárias para manutenção do seu metabolismo (PERDOMO, 1999).

A eficiência nos processos de degradação biológica depende também da relação carbono/nitrogênio para o crescimento dos microorganismos que estarão fazendo a decomposição biológica do resíduo.

b) Esterqueira

As esterqueiras são tanques de armazenamento onde o dejetos *in natura* é lançado. O tanque deve ser dimensionado para períodos de 120 dias de estocagem, para possibilitar a degradação biológica do material lançado. Sugere-se que possua profundidade mínima de 2,5 metros, para reduzir a possibilidade de diferenças grandes de temperatura que alterem a capacidade degradadora das bactérias. Pode ser revestida ou não, dependendo do tipo de solo da região. Tendo em vista as características pedológicas do Distrito Federal, a modalidade revestida seria a única com possibilidade de adoção nesta área.

Em diversas localidades do país este sistema só pode ser adotado após laudo geológico devido à possibilidade de infiltração no solo.

c) Lagoas de Estabilização

As lagoas de estabilização podem ser classificadas como anaeróbias, facultativas, aeróbias (aeração natural) ou aeradas (aeração mecânica).

c.1) Anaeróbias

As lagoas anaeróbias requerem maior profundidade, de 3 a 5 metros, para promover a digestão anaeróbica dos dejetos. Age na degradação da matéria orgânica de forma anaeróbia e permite uma grande redução na DBO5, de nitrogênio e de fósforo e coliformes fecais.

c.2) Lagoas facultativas

As lagoas facultativas possuem uma região aeróbia superficial onde ocorre fotossíntese e incorporação de nutrientes à biomassa e suprimento de oxigênio, uma zona facultativa na profundidade média e uma região de anaerobiose na camada sedimentada.

As reações anaeróbicas geram gás metano, que é perdido para a atmosfera. A profundidade das lagoas facultativas depende das condições ambientais (temperatura, constituição de solos, regime de chuvas). Em profundidades menores, ocorre emergência de vegetação, criando problemas de odores e manejo.

c.3) Lagoas aeróbias

As lagoas aeróbias são aquelas onde a oxigenação se dá de forma a degradar o material orgânico presente nos dejetos de forma natural, sem agitação. Em virtude da escala de produção sendo adotada atualmente e da necessidade de pouca profundidade para tratamento dos dejetos, as áreas necessárias para oxidação da matéria orgânica seriam muito grandes. Existe a possibilidade de aeração mecânica da lagoa, pela agitação de aeradores que revolvem constantemente o lodo, promovendo a degradação da matéria orgânica através do aumento da área de contato entre a bactéria e o material.

2.3.2.2. Tratamento anaeróbio

É um tratamento que envolve os estágios de hidrólise de materiais complexos, produção de ácidos e fermentação metanogênica.

Na hidrólise de materiais complexos o material orgânico complexo é transformado em material orgânico simples. Na produção de ácidos ocorre a conversão do material orgânico solúvel em ácidos orgânicos, principalmente ácido acético e no terceiro estágio há a conversão dos ácidos orgânicos em metano e CO₂, por bactérias metanogênicas. A fermentação se dá pela produção de ácido acético em metano e dióxido de carbono ou por redução do dióxido de carbono com gás hidrogênio formando metano e água.

A produção de gás é afetada pela temperatura, pH, velocidade de decomposição de matéria orgânica, concentração de sólidos e substâncias tóxicas e nutrientes, e é feita usualmente através da retenção de material orgânico em biodigestor.

2.3.3. Sistemas integrados de tratamento

Os sistemas integrados de tratamento são variações que combinam os tipos de tratamento. São semelhantes aos sistemas de tratamento de esgoto sanitário humano e visam aumentar a eficiência de degradação de material orgânico, tornando-o inerte do ponto de vista da saúde pública. São utilizados em propriedades com grande volume de produção de dejetos. Em virtude do volume produzido em grandes empresas produtoras de suínos, são mais indicados em grandes projetos de suinocultura intensiva, em que pese seu maior custo.

2.3.3.1 Biosistema integrado

O biosistema integrado consiste na utilização de reator anaeróbico para decomposição de material orgânico e geração de gás metano e gás carbônico. O direcionamento do composto líquido para uma lagoa de decantação, para separação de fase sólida e líquida. A fase sólida decantada é utilizada para aplicação em solo devido às suas propriedades fertilizantes, com alto teor de nitrogênio, fosfatos e potássio, que são elementos químicos limitantes para o crescimento vegetal e a fase líquida, ainda com nutrientes, encaminha-se para tanque de produção de biomassa vegetal, freqüentemente algas ou aguapés.

Este tanque de produção de biomassa vegetal permite a incorporação de mais nutrientes à estrutura das plantas. A incorporação destes nutrientes permite a utilização das plantas produzidas na alimentação de tanques de piscicultura ou na produção de composto orgânico para utilização em lavouras.

A eliminação de carga orgânica do dejetos ocorre em biodigestor e em tanque de decantação, tanto na forma aeróbica quanto anaeróbica, possibilitando uma grande eficiência na redução no valor de nutrientes e na DBO quando da saída do efluente do sistema (TECPAR, 2000).

2.3.3.2. Sistema de lagoas de estabilização em série

O sistema consiste em uma lagoa de decantação com palhetas, seguido por duas lagoas anaeróbicas, uma lagoa facultativa e uma lagoa de aguapés (BAVARESCO, 1998).

O tratamento se dá através da degradação da matéria orgânica nas lagoas anaeróbicas, produzindo gás metano, mas sem o aproveitamento do mesmo. Após dois sistemas anaeróbicos de consumo da matéria orgânica, direciona-se o

efluente para uma lagoa facultativa, para digestão aeróbica, finalizando em sistema de incorporação de nutrientes em lagoa de produção de aguapés.

A lagoa de aguapé atua de forma a imobilizar os nutrientes que ainda estão no efluente para biomassa vegetal, que pode ser usada inclusive para alimentação do próprio suíno, quando misturado com a ração de soja e milho.

Em ambos os sistemas o objetivo é maximizar a redução de carga orgânica (DBO, Nitrogênio e Fósforo) e reduzir o impacto ambiental do lançamento de dejetos suínos no ambiente, reutilizando os produtos do tratamento do dejetos como novos insumos que podem ser utilizados em novas cadeias produtivas.

CAPÍTULO 3 - MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

3.1. O Planejamento, a análise de projetos e a identificação de impactos ambientais

Segundo Almeida *et al.* (1999), o planejamento é um método de dar racionalidade à ação. Seu objetivo é coordenar ações com metas previamente escolhidas. O processo de planejamento é cíclico e se realimenta constantemente, gerando soluções e propostas num processo contínuo de tomada de decisões.

A realização do plano contempla diversas etapas:

- a) identificação e descrição do sistema;
- b) definição de objetivos com base nos problemas atuais, futuros e interações entre eles;
- c) geração de soluções que satisfaçam os objetivos sem violar as restrições do sistema;
- d) seleção da solução que melhor satisfaça os objetivos através de processo de avaliação;
- e) execução e controle.

Existem duas vertentes principais de planejamento: Uma que estuda a problemática econômica e social da população e define objetivos a alcançar, chamada linha de demanda, e a outra que examina as características do meio em que se desenvolve a atividade humana, linha de oferta.

De acordo com estas definições, o planejamento ambiental visa:

Utilizar um grupo de metodologias e procedimentos para avaliar as consequências ambientais de uma ação proposta e identificar

possíveis alternativas a esta ação e avaliar as contraposições entre as aptidões e usos dos territórios a serem planejados (MAGRINI, 1990).

Quando se elabora um projeto, supõe-se que determinadas decisões tenham sido tomadas e que houve levantamento do dimensionamento das suas implicações favoráveis ou desfavoráveis. Ainda que estas implicações não tenham sido realizadas, são necessárias a identificação, análise, quantificação e avaliação destas (CLEMENTE e FERNANDES, 1998).

A efetividade do instrumento de avaliação quanto à possibilidade de auxiliar a toma de decisão depende da inserção desta metodologia de análise de impactos ambientais a um processo de planejamento mais global (MAGRINI, 1990).

A avaliação ambiental foi instituída no Brasil através da lei n.º 6938/81, como instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente e foi regulamentada pela resolução CONAMA n.º 001/86, de 23.01.86, na qual institui a necessidade de avaliação de impacto ambiental no planejamento das atividades econômicas a serem desenvolvidas em áreas determinadas.

Em Bastos e Almeida (1998), tem-se a definição de que a avaliação de impactos ambientais pode ser entendida como um conjunto de procedimentos capaz de assegurar que se faça um exame sistemático dos impactos ambientais de uma ação proposta (projeto, programa, plano ou política) e suas alternativas, que os resultados sejam apresentados de forma adequada ao público e aos responsáveis pela tomada de decisão.

Surge ainda a questão do planejamento passando por mudanças, onde uma nova postura está sendo exigida para o tratamento do planejamento ambiental. Estas mudanças incluem o entendimento do espaço como instância social e não como apoio para atividades humanas. Está havendo, em ritmo lento ainda, a

substituição da decisão de origem exclusivamente técnica pela ação focada para múltiplos agentes sociais, de acordo com princípios de planejamento participativo, onde a questão ambiental confunde-se com a democratização do processo de tomada de decisão.

Em Magrini (1990), a definição de impacto ambiental é a diferença entre a situação do meio ambiente futuro modificado por realização de projeto e a situação do ambiente futuro sem o projeto.

A lei n.º 6938/81, a Política Nacional do Meio Ambiente prevê a realização dos estudos de impacto ambiental e a resolução CONAMA n.º 001/86, de 23.01.86, que estabelece de que modo e que variáveis este Estudo deve abranger.

De acordo com a legislação, as opções políticas, os interesses sociais, a competência técnica, componentes, fatores e parâmetros ambientais devem ser definidos e considerados num estudo de impacto ambiental, seguindo as etapas de desenvolvimento de completo entendimento da ação de modificação no meio ambiente proposta, a aquisição do conhecimento técnico do ambiente a ser afetado, a determinação dos possíveis impactos sobre as características ambientais e a apresentação de resultados da análise de maneira que a ação possa ser utilizada em processo de tomada de decisão.

Bastos *et al.* (1998) dividem os métodos de estudos de impacto ambiental em oito tipos:

- **Métodos Espontâneos**, ou *Ad Hoc*, baseadas no conhecimento empírico de especialistas do assunto ou da área a ser estudada. As metodologias deverão desenvolver a avaliação de forma simples, objetiva e dissertativa. São adequadas para casos com escassez de dados e apresentam como vantagem uma estimativa rápida da

avaliação de impactos de forma organizada, compreensível pelo público. No entanto, a subjetividade da avaliação e a fraqueza de indicadores quantitativos são os pontos frágeis da metodologia.

- **Métodos de Listagem** (*Checklist*), que consiste na identificação e enumeração dos impactos, a partir da diagnose ambiental realizada por especialistas dos meio físico, biótico e sócio-econômico. Os impactos referentes à implantação e operação são listados e categorizados, conforme o tipo de modificação antrópica introduzida no sistema analisado. Pode ser feita sob a forma de questionário para direcionamento da avaliação e apresenta como vantagem a avaliação qualitativa dos impactos mais relevantes. Como fraqueza, considera-se a inexistência de relações causa-efeito entre os impactos e é considerada eficiente em avaliações preliminares.
- **Métodos de Matrizes de interações**, onde a mais utilizada é a matriz de Leopold, que forma um matriz com 100 ações prováveis e 88 características e condições ambientais que podem ser impactadas. A matriz considera, para valoração e análise, diversos parâmetros, tais como tipo de ação, ignição ou ponto de partida do impacto, sinergia ou nível de interação entre impactos, extensão, periodicidade e intensidade. São matrizes bidimensionais para identificação de impactos e permitem a atribuição de magnitude e importância para cada impacto.
- **Redes de interações**, onde são elaboradas redes para cada alternativa a ser considerada em cada fase do empreendimento e tem por objetivo analisar as relações de precedência entre ações praticadas

pelo empreendimento os impactos de primeira e demais ordens. As redes orientam as medidas a serem propostas para o gerenciamento dos impactos identificados e recomendam as medidas mitigadoras.

- **Métodos quantitativos** associam valores às considerações qualitativas. Indicadores de qualidade ambiental são impostados em gráficos que os associam a estados de qualidade que variam de 0 a 1. São feitos diversos gráficos, um para cada fator, e um peso relativo é indicado para cada fator.
- **Métodos de simulação** são modelos matemáticos que representam tanto o comportamento dos parâmetros ambientais ou as relações entre causas e efeitos de determinadas ações. Processam variáveis qualitativas e quantitativas e incorporam medidas de magnitude e importância de impactos ambientais. Requer pessoal especializado no manuseio das ferramentas operacionais e não são de fácil percepção pelo público. Existe também limitação no número de variáveis a serem estudadas.
- **Métodos de superposição** são utilizados na localização e extensão de impactos em mapas, determinando aptidão e uso de solos. Levam em consideração interesses ecológicos, culturais, arqueológicos, sócio-econômicos e são utilizados principalmente em zoneamentos e gerenciamentos ambientais. O método consiste na construção de cartas temáticas e posterior superposição. Esta superposição indica aptidões para uso do solo, vulnerabilidades e potencialidades.
- **Métodos de projeção de cenários** busca a análise de situações prováveis de evolução de um ambiente, geradas através de proposição

de alternativas de projetos e programas. Tem por objetivo orientar o planejamento ambiental através da determinação de maior ou menor influência de variáveis sobre o estado futuro de sistemas ambientais. São analisados fatores naturais e externalidades possíveis de ser geradas.

De acordo com Bastos *et al* (1998) e Gartner (2001), a avaliação ambiental foi regulamentada pela primeira vez em 1969, pelo *National Environmental Policy Act*, nos Estados Unidos. Desde então, a avaliação ambiental tem sido regulamentada em diversos países desenvolvidos e em desenvolvimento, com o amadurecimento das diversas técnicas e a evolução dos estudos, de acordo com a Tabela 5.

3.2. Matrizes de identificação de impactos: a matriz para rápida identificação de impactos ambientais (RIAM)

Neste trabalho o foco será dado às matrizes de identificação de impactos, visto sua maior aderência aos objetivos da avaliação propostos.

Das abordagens matriciais, optou-se pelo uso da Matriz para Rápida Avaliação de Impactos (RIAM), método desenvolvido por Christopher M R Pastakia, em 1998. Este sistema é baseado na definição de componentes ambientais e critérios de avaliação importantes na área do projeto, bem como um meio pelos quais valores possam ser confrontados, a fim de fornecer uma contagem apurada para cada condição.

Os impactos das atividades dos projetos são avaliados em comparação com os componentes ambientais, com e sem a execução do projeto. Para cada componente uma contagem é determinada, fornecendo uma medida do benefício ou impactos negativos da atividade no componente.

Tabela 5 - A evolução da avaliação ambiental

Data e Fase	Tendências e Inovações
1. Anterior a 1970 Pré Avaliação Ambiental	Revisão do projeto, baseado na engenharia e estudos econômicos, especificamente na análise custo-benefício; consideração limitada das conseqüências ambientais
2. 1970-1975 Desenvolvimento de metodologia	A Avaliação Ambiental foi introduzida em alguns países desenvolvidos; inicialmente, enfatizava a identificação, previsão e mitigação dos efeitos biofísicos; oportunidade para o envolvimento público nos estudos
3. 1975-1980 Inclusão das dimensões sociais	Avaliação Ambiental multidimensional, incorporando a avaliação de impactos sociais (AIS) e análise de risco; as consultas públicas integram parte do desenvolvimento de planejamento e avaliação; maior ênfase nas justificativas e alternativas na revisão de projetos
4. 1980-1985 Redirecionamento de processo e procedimento	Esforços para integrar a Avaliação Ambiental de projetos com o planejamento político e fases seguintes; pesquisa e desenvolvimento, enfocando os efeitos do monitoramento, na auditoria de AA e avaliação de processos e nas abordagens de resolução da mediação e disputa; adoção da AA pelas agências internacionais de auxílio e financiamentos e por alguns países em desenvolvimento
5. 1985-1990 Paradigma da sustentabilidade	Estruturas científicas e institucionais para a Avaliação Ambiental começam a ser repensadas, em resposta aos ideais e imperativos da sustentabilidade; inicia-se uma procura por formas de direcionar as mudanças ambientais regionais e globais e os impactos cumulativos; aumenta cooperação internacional na pesquisa e treinamento em AA
6. 1990 – fase presente	Avaliação Ambiental estratégica (AAE) de políticas, programas e planos, introduzida em alguns países desenvolvidos; convenção internacional faz a difusão da AA; as Nações Unidas ampliam as necessidades da AA para incorporar novos conceitos, métodos e procedimentos, para promover a sustentabilidade (por meio das estratégias de desenvolvimento sustentável)

Fonte: Roe *et al.* (1995a, p.9, apud Gartner, 2001)

Os critérios de avaliação recaem em dois grupos:

- (a) Critérios de importância para a condição e que podem mudar individualmente a contagem obtida.
- (b) Critérios que são de valor para a situação, mas individualmente não são capazes de provocar mudanças na contagem obtida.

O sistema de contagem requer a simples multiplicação das contagens dadas para cada um dos critérios, no grupo (A). O uso do multiplicador para o grupo

A é importante porque assegura que o peso de cada contagem seja expresso, considerando que a simples soma poderia fornecer resultados idênticos para diferentes condições.

As contagens para o critério de valor (grupo B) são somadas juntas, para fornecer um somatório simples, assegurando que as contagens de valor individuais não possam influenciar a contagem global, mas que a importância coletiva de todos os valores sejam integralmente levados em consideração.

O somatório de contagens do grupo B é, então multiplicado pelo resultado das contagens do grupo A, fornecendo a contagem de avaliação final (*Environmental Score* - ES) para a condição.

Em resumo, pode-se expressar a relação descrita assim:

$$(1) \quad (a1) \times (a2) = aT$$

$$(2) \quad (b1) + (b2) + (b3) = bT$$

$$(3) \quad (aT) \times (bT) = ES$$

(a1) (a2) são os valores dos atributos dos impactos, no grupo A;

(b1) (b3) são os valores dos atributos dos impactos, no grupo B;

(aT) é o resultado da multiplicação das contagens de A

(bT) é o resultado do somatório de todas as contagens de B

ES é o resultado da agregação dos atributos no impacto

Benefícios e impactos negativos podem ser obtidos pelo uso de escalas que passam de valores positivos a negativos por meio do zero, para o grupo de critérios (A). O zero pode ser utilizado para critérios que não mostrem mudanças ou sem importância para a análise.

No grupo de critérios (B) não se usa o zero, pois se o somatório de contagens de B for igual a zero, o resultado final da ES será zero. Para evitar este fato, as escalas para o grupo de critérios B usam 1 como contagem, sem mudança ou importância.

Os parâmetros utilizados para valoração dos impactos nos grupos A e B estão listados na tabela 6.

Tabela 6 - Critérios do sistema de avaliação RIAM:

<p>GRUPO A:</p> <p>A1: Importância da Condição: De acordo com os limites espaciais ou interesses humanos afetados.</p> <p>4 – Importante para os interesses nacionais/internacionais</p> <p>3 – importante para os interesses regionais/nacionais</p> <p>2 – importante para a áreas imediatamente fora da condição local</p> <p>1 – importante somente para a condição local</p> <p>0 – Sem importância</p> <p>A2: Magnitude das mudanças/efeitos: medida de escala de impactos negativos/benefícios do impacto.</p> <p>+3 – grandes benefícios</p> <p>+2 – significativa melhoria no estado geral</p> <p>+1 – melhoria no estado geral</p> <p>0 – sem mudança</p> <p>-1 – impactos negativos no estado geral</p> <p>-2 – significativos impactos negativos no estado geral</p> <p>-3 – grandes impactos negativos</p> <p>GRUPO B:</p> <p>B1: Permanência: define a temporalidade do impacto da condição</p> <p>1 – Sem mudança</p> <p>2 – temporária</p> <p>3 – permanente</p> <p>B2: Reversibilidade: define se a condição pode ser mudada.</p> <p>1 – Sem mudança</p> <p>2 – reversível</p> <p>3 – irreversível</p> <p>B3: Cumulatividade: Define se o efeito terá impacto direto simples ou se será cumulativo no tempo ou efeito sinérgico com outras condições.</p> <p>1 – sem mudança/não aplicável</p> <p>2 – não cumulativa/simples</p> <p>3 – cumulativa/sinérgica</p>
--

Os componentes ambientais deste método de análise podem ser enquadrados nas seguintes alternativas:

- **Físico/Químicos:** Cobrem os aspectos físicos e químicos do meio ambiente, incluindo os recursos naturais não-renováveis e a degradação do meio ambiente físico pela poluição.
- **Biológicos/Ecológicos:** Cobrem os aspectos do meio ambiente, incluindo os recursos naturais renováveis, conservação da biodiversidade, interações entre as espécies e poluição da biosfera.
- **Sociológicos/Culturais:** Cobrem os aspectos humanos do meio ambiente, incluindo questões sociais que afetam indivíduos e comunidades, junto com aspectos culturais, incluindo a conservação da herança e desenvolvimento humano.
- **Econômicos/operacionais:** Identifica qualitativamente as conseqüências econômicas da mudança ambiental, ambas temporárias e permanentes, bem como as complexidades do gerenciamento no projeto, dentro do contexto das atividades do empreendimento.

A montagem deste sistema de avaliação será feita para cada alternativa de tratamento de dejetos suínos. A matriz de avaliação será composta de células com o critério utilizado e comparado com cada componente definido. As contagens individuais dos critérios são estabelecidas em cada célula e a contagem de avaliação (ES) é calculada de acordo com as fórmulas anteriormente citadas.

De acordo com Pastakia (1998) e Kurt Jensen (2002), o objetivo do desenvolvimento desta técnica foi de possibilitar uma ferramenta de análise de dados de diferentes naturezas com critérios comuns de impacto e em uma matriz comum, possibilitando a redução da subjetividade que caracteriza a maioria dos Estudos de Impacto Ambiental.

Deste modo, segundo o autor, pode-se utilizar diversas matrizes para diversos projetos e fazer comparações entre estratégias alternativas e opções de investimento.

CAPÍTULO 4: AVALIAÇÃO MULTICRITERIAL DAS ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO DE DEJETOS SUÍNOS NO DISTRITO FEDERAL

4.1. Metodologia de avaliação proposta

Conforme pressupostos da avaliação multicriterial, a metodologia de avaliação proposta será aplicada em duas fases: a estruturação e a avaliação.

Na fase de estruturação do problema, será aplicada a abordagem RIAM na segregação dos impactos pelos quatro grandes grupos de impactos: i) Físico Químicos, ii) Biológico-Ecológicos, iii) Sociológicos-Culturais, iv) Econômicos-Operacionais.

Na fase de avaliação do problema, serão calculadas as importâncias relativas dos grupos de impactos e dos impactos nos grupos. Para essa finalidade, será utilizado o método de análise hierárquica (AHP - Analytic Hierarchy Process), que é uma abordagem recomendada para a definição de ponderações.

Ainda na fase de avaliação, é necessário proceder à avaliação de desempenho ambiental de cada alternativas para tratamento de dejetos suínos em cada um dos impactos ambientais identificados. Para tanto, será aplicada a abordagem RIAM, detalhada no capítulo 3.

4.2. estruturação do problema: grupos de impactos, impactos e alternativas

O mapeamento dos impactos dá ao trabalho, segundo estudos de Pastakia (1998), a seguinte conformação:

1. Parâmetros Físico-Químicos

P1. Composição de solos do DF e região Centro Oeste: O Distrito

Federal apresenta, em sua maioria, solos profundos, com predominância de latossolos (Cerca de 46% do bioma Cerrado), com alta permeabilidade de água. Este fato pode agravar uma situação de contaminação por resíduos biológicos causada por dejetos suínos (SEGANFREDO, 2001) e pode direcionar a escolha de sistemas de tratamento mais adequados a esta realidade.

Atualmente a ocupação desordenada do solo tem provocado contaminação de lençóis freáticos por dejetos humanos, devido à não observância das normas para perfuração de poços e distâncias mínimas para assegurar a qualidade da água. Em um panorama onde 1 suíno produz carga poluente equivalente a 5 humanos e onde a fiscalização ambiental não atua de modo eficiente, pode-se antecipar um estado de emergência ambiental.

Além disso, as culturas de milho e soja necessárias para a produção de ração podem impactar negativamente através do revolvimento constante de solo e transporte de solo removido para corpos d'água, provocando assoreamento.

A não utilização de sistemas de tratamento acarreta na contaminação de lençóis freáticos por resíduos biológicos através de percolação. Estes lençóis freáticos são responsáveis pelo abastecimento de água em condomínios e cidades da região e são de difícil recuperação após contaminação por resíduos biológicos.

O biossistema integrado (TECPAR, 2000) permite a manutenção da qualidade de água, pois permite a eliminação de 99% dos coliformes totais presentes após a passagem pela lagoa de piscicultura presente no último estágio do sistema de tratamento. O tratamento em biodigestor e a passagem em tanque de decantação não deixa que o líquido penetre no solo, eliminando a possibilidade de infiltração através do solo.

O sistema de lagoas de estabilização (BAVARESCO, 1998) também permite a manutenção da qualidade de água, pois elimina a mesma proporção de coliformes do bioecossistema integrado. No entanto, uma maior estruturação das lagoas é necessária dependendo da composição do solo no local onde está sendo feita a produção, pois há o risco de percolação. Esta estruturação, geralmente feita com lona de PVC, aumenta os custos na medida que promove a proteção de mananciais.

P2. Temperatura: O Distrito Federal apresenta duas estações bem definidas. Pode-se resumir o clima da cidade em uma estação de seca, que vai de abril à setembro, e uma chuvosa, que vai de outubro à março. As temperaturas são agradáveis o ano inteiro, tendo uma média de 22 graus. O mês mais quente costuma ser setembro, com máxima de 29°C e o mês mais frio julho, com mínima de 13°C. A escolha de sistemas de tratamento que tenham base em sistemas biológicos, portanto, teria uma adaptação adequada ao clima da cidade, mantendo uma boa eficiência na remoção da carga orgânica e metabolização de nutrientes presentes nos dejetos suínos.

A temperatura é importante, pois a atividade de bactérias anaeróbicas e aeróbicas que metabolizam a matéria orgânica contida nos dejetos é melhor nas temperaturas médias dos climas tropicais no cerrado que nos climas subtropicais no sul do Brasil (TECPAR,2001).

P3: Disponibilidade Hídrica para suinocultura: A suinocultura no Distrito Federal é praticada na região da bacia do Rio Preto. O uso intensivo de recursos hídricos em sistemas de irrigação de grande porte (pivôs centrais) tem provocado uma baixa disponibilidade hídrica nos períodos de estiagem, causando prejuízos aos produtores rurais. A capacidade de suporte da exploração de água

está próxima ao limite, o que pode limitar de forma definitiva a expansão da suinocultura no Distrito Federal.

Além disso, os dejetos suínos podem contaminar os lençóis freáticos e os afluentes do Rio Preto, causando um grande impacto econômico para os municípios de Goiás e de Minas Gerais que utilizam este corpo d'água para abastecimento humano, encarecendo o tratamento de água necessário para utilização da água.

Em virtude do estresse hídrico que pode vir a acontecer devido à introdução de sistemas intensivos de produção, a recarga de recursos hídricos pode se dar através da recuperação de recursos hídricos na saída dos sistemas de tratamento, caso tenham qualidade para tanto.

No caso de não haver tratamento, o estresse hídrico aumentará, pois haverá introdução de resíduos biológicos em corpos d'água, causando eutrofização, entre outros problemas.

Com sistemas de tratamento, garante-se ao menos a qualidade do efluente, livre da carga orgânica e com quantidades de nitrogênio e fósforo reduzidas devido à incorporação destes nutrientes em cadeias produtivas que os incorporam em sua estrutura física, seja o aguapé, que é utilizado como tratamento terciário no sistema de lagoas de estabilização (BAVARESCO,1998), seja a alga, que posteriormente servirá de alimento para piscicultura no biosistema integrado (TECPAR, 2002),.

2. Parâmetros Biológicos/Ecológicos

P4: Perda de diversidade biológica causada pela suinocultura intensiva: Assim como na região Sul, a presença da suinocultura no Centro Oeste se deve pela abundância de soja e milho para ração. Ocorre que com o sucesso deste modo de produção, mais e mais áreas de cerrado serão convertidas em

monoculturas de soja e milho e sistemas de produção intensiva de carne, impactando o meio ambiente e reduzindo a riqueza biológica do cerrado, considerado o 2º maior ecossistema em número de espécies no Brasil.

O avanço da monocultura de soja e milho em áreas de cerrado tem sido responsável pela perda da complexidade biológica deste ecossistema. De acordo com o WWF (2002), a expansão agropecuária é uma das maiores causas de degradação do ecossistema, devido à substituição das áreas naturais por monoculturas de soja e milho e por áreas de pecuária com baixo rendimento.

P5: Contaminação do ar: Os gases gerados pela decomposição da matéria orgânica causam desconforto ambiental para humanos. O sistema de tratamento deve garantir a eliminação causada pelo mau cheiro gerado pelos dejetos incorretamente tratados.

O biosistema integrado permite a condução dos gases produzidos pela decomposição anaeróbica do resíduo orgânico para lonas de armazenamento, possibilitando utilização do metano em aquecimento e em motores convertidos para geração de energia a partir deste gás. Isto elimina o problema do cheiro (TECPAR,2002).

O sistema integrado de lagoas ainda apresenta o odor característico das lagoas, sendo preferível à ausência de tratamento.

P6: Contaminação do solo por dejetos suínos: A percolação dos líquidos gerados nos sistemas de tratamento nos solos do Centro Oeste é grande, podendo facilmente atingir lençóis freáticos e contaminar fontes de água necessárias para o abastecimento municipal e distrital.

A ausência de tratamento leva a um quadro de degradação ambiental causada pela infiltração no solo destes nutrientes em excesso.

O Biosistema Integrado não permite a percolação, pois o biodigestor não permite a introdução de líquidos no solo (TECPAR,2002).

O sistema de lagoas também não permite, uma vez que a sua construção pode ser feita com lonas de PVC que impermeabilizam o solo à passagem de água, em modo semelhante das lonas utilizadas para impedir a infiltração de chorume em camadas inferiores de solo (Bavaresco,1998).

P7: Contaminação da água por dejetos suínos: O lançamento de dejetos em corpos d'água acarreta um excesso de nutrientes para um sistema em equilíbrio. O excesso de nutrientes (Nitrogênio, Fósforo e Potássio) promove um grande crescimento de algas, que incorporam estes nutrientes em sua estrutura física e acabam por consumir o oxigênio de todo o corpo d'água, eliminando assim a fauna que necessita do oxigênio para sobreviver.

A importância do sistema de tratamento está em reduzir drasticamente a quantidade de nutrientes da emissão e adequá-la aos padrões ambientais que não alteram a capacidade de assimilação do meio aquático para aqueles compostos.

P8: Proliferação de insetos causada pelos dejetos: A proliferação de insetos, principalmente moscas, é um grande problema associado à suinocultura. A adoção de sistemas de tratamento que eliminem a possibilidade de infestação de insetos é mais uma variável que pode influenciar a decisão, uma vez que diversos insetos são vetores de parasitas que afetam diretamente a saúde humana.

Os larvas dos insetos utilizam os nutrientes contidos nas lagoas para seu crescimento. A cobertura das margens das lagoas com lonas pode impedir o ciclo completo do desenvolvimento deste inseto. A criação de peixes também pode causar a eliminação das larvas.

3. Parâmetros Sociológicos/culturais

P9: Empregos gerados pela implantação do sistema produtivo: O surgimento de uma nova opção econômica pode gerar emprego e renda no Distrito Federal e absorver a mão-de-obra que vem sendo atraída pelos programas de assentamento governamentais, gerando uma nova fonte de investimentos e estabilidade social.

Os sistemas integrados de tratamento de dejetos precisam de profissionais que entendam os princípios do manejo, sendo necessário o investimento em treinamento de quadros.

Além disso, há a introdução de novos produtos no sistema, tais como os peixes, no caso do bio-sistema integrado, ou do aguapé no caso dos sistemas de lagoas de estabilização.

P10: Remuneração proporcionada pela cadeia produtiva: A incorporação de novas cadeias produtivas pode proporcionar uma fonte de renda adicional para a população do Distrito Federal, gerando ganhos em toda a cadeia produtiva, desde a produção até o beneficiamento final do produto.

O bio-sistema integrado gera basicamente quatro produtos: O suíno, o gás metano, o adubo, o peixe e a água tratada. O proprietário rural pode comercializar o suíno, o gás, o adubo e o peixe, provocando maior produtividade por unidade de área da propriedade (TECPAR, 2001).

O Sistema de Lagoas de Tratamento em série produzem a água limpa e o aguapé, que pode ser utilizado na alimentação animal (BAVARESCO, 1998).

P11: Saúde pública: A contaminação de água por dejetos suínos não tratados pode acarretar uma série de doenças de veiculação hídrica. De acordo com a Tabela 3 do Capítulo 2, diversos problemas epidemiológicos podem estar ligados à

má gestão dos sistemas de produção confinada. A ausência de sistemas de tratamento para uma atividade econômica poluente pode ser uma fonte de grandes problemas de saúde para a população que depende dos recursos hídricos da região para abastecimento caseiro.

A introdução de dejetos nos corpos d'água que são fontes de captação de água para abastecimento urbano aumenta os custos de pré-tratamento para utilização doméstica, pois demanda um maior tempo de residência em tanques para cloração e floculação e maior quantidade de produtos químicos para adequar o recurso hídrico para consumo.

4. Parâmetros Econômicos e Operacionais

P12: Escala de produção adotada: As características fundiárias no Distrito Federal e na Região Centro Oeste favorecem a produção rural com base em grandes projetos. A Estrutura de produção é baseada tradicionalmente em grandes propriedades, em grande escala, o que acaba por produzir maior quantidade de dejetos e impactar o ambiente de forma mais intensa.

No entanto, a maior escala implica também em mais recursos para implantação de sistemas de tratamento. As exigências de performance ambiental são também maiores para empresas de grande porte que interessem em produzir para exportação, gerando uma demanda por profissionalização da produção, redução de custos com água e ração e aumento da eficiência produtiva.

P13: Custos de instalação do sistema de tratamento: O suinocultor somente instalará o sistema se os órgãos de controle ambiental estabelecerem regras claras sobre a questão dos dejetos. No Distrito Federal existem diversos suinocultores que já tem sistemas de tratamento. O custo de instalação destes

sistemas varia conforme a escolha e alguns deles podem custar acima da capacidade de investimento do suinocultor.

O Biosistema Integrado tem um custo médio de R\$ 30.000,00 para cada 350 matrizes, sendo um sistema bastante oneroso para o pequeno produtor, apesar do retorno financeiro que proporciona com a venda de peixes, com a utilização do gás na produção de energia elétrica, com o adubo de alta quantidade de nutrientes (TECPAR, 2001).

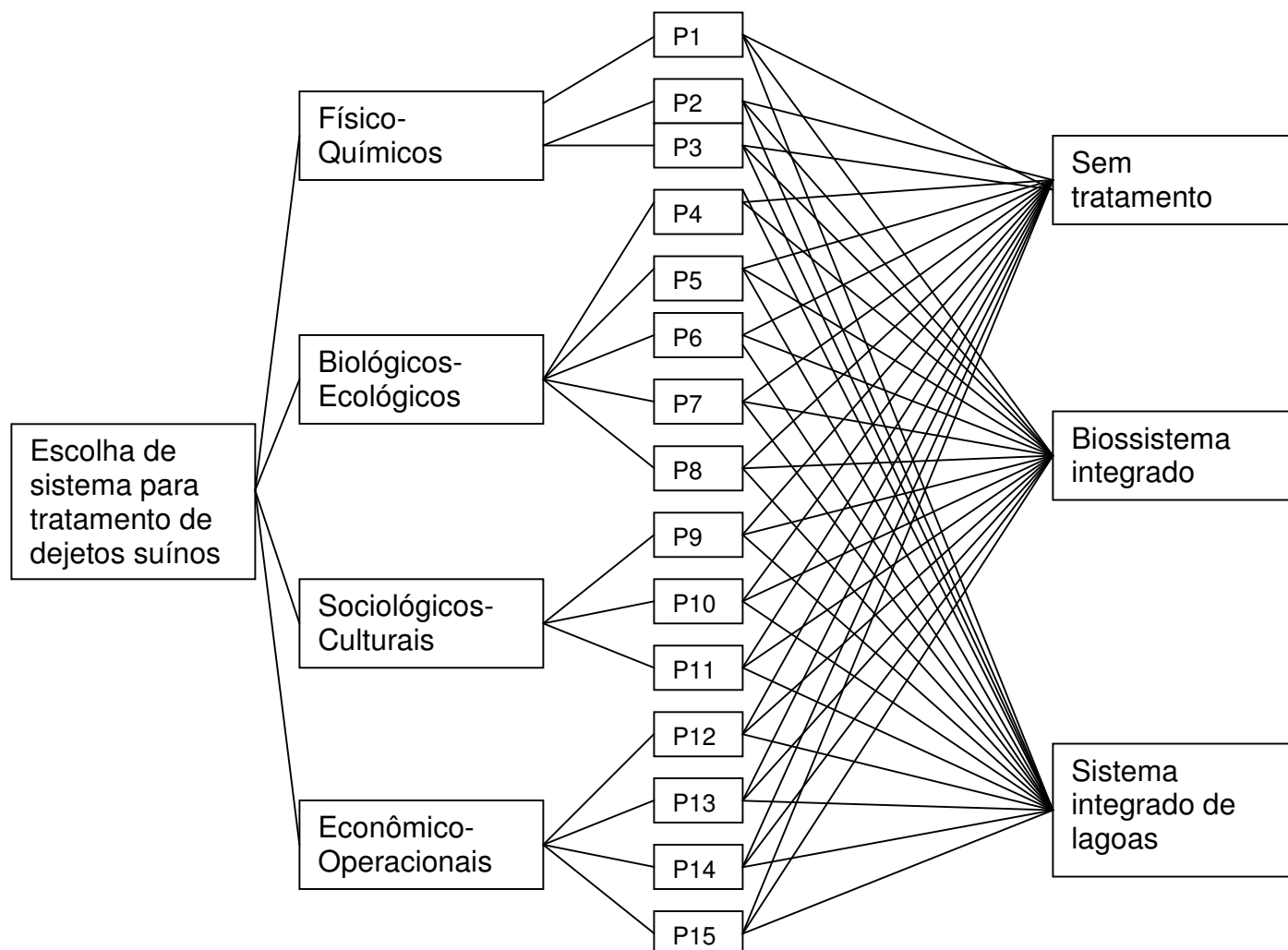
O sistema de lagoas é um sistema menos oneroso, em que pese não conter produtos além do suíno e do adubo orgânico. Seu custo de implantação está em cerca de R\$ 15.000,00 para o mesmo número de matrizes (Bavaresco,1998).

P14: Custos de manutenção do sistema de tratamento: A manutenção de sistemas de tratamento gera emprego, apesar de representar um custo adicional em um sistema produtivo que já está com baixo retorno financeiro. No entanto, as exigências ambientais aparecem também como um diferencial na conquistas de mercados mais exigentes, tais como os países europeus, e podem funcionar como instrumentos de marketing para o produto brasileiro.

P15: Qualidade dos produtos oriundos do sistema produtivo: A suinocultura gera dois produtos: O próprio suíno e o adubo orgânico de qualidade. A adequação do processo produtivo para seguimento de padrões ambientais serve para aumentar a qualidade do ambiente produtivo e agrega valor à produção, possibilitando a conquista de mercados mais exigentes e dispostos a pagar mais pelos produtos.

Uma vez listados os impactos ambientais da suinocultura que serão considerados neste trabalho, a construção da árvore de impactos resulta na Figura 1.

Figura 1 - Árvore de impactos, segundo método RIAM (PASTAKIA, 1998).



A escolha dos métodos foi baseada em estatísticas que de 10 a 15% dos suinocultores brasileiros utilizam métodos de tratamento de dejetos, a grande maioria baseado em esterqueiras (Bavaresco, 1998).

Os métodos avaliados neste trabalho foram escolhidos devido à sua eficiência na remoção de contaminantes biológicos da água.

A alternativa de inexistência de tratamento também será analisada, com a utilização direta no solo ou descarte direto nos corpos d'água.

O biossistema integrado foi uma tecnologia desenvolvida pelo Instituto de Tecnologia do Paraná, baseado no sistema produtivo chinês, que agrega novas

cadeias produtivas a partir dos dejetos suínos, com criação de peixes e biomassa vegetal a partir dos nutrientes tratados em biodigestor e tanques de decantação.

O dejetos suíno é diretamente encaminhado para um biodigestor fechado, que promove a digestão anaeróbica da matéria orgânica e produz durante a metabolização deste material os gases metano, sulfídrico e carbônico. Estes gases são direcionados para depósitos de lona, onde podem ser liberados para uso em motores ou fogões.

O resíduo tratado passa para lagoas de decantação, onde a fase sólida é retida e a fase líquida passa para um tanque de produção de biomassa vegetal, geralmente com algas, onde o nitrogênio e o fósforo ainda existentes são incorporados à estrutura celular das algas.

Estas algas são utilizadas como alimentação de peixes em tanques de piscicultura e eliminam a necessidade de ração. Este sistema está sendo utilizado no oeste do Paraná e é amplamente utilizado na China.

O sistema integrado de lagoas foi desenvolvido pela EMBRAPA, envolve o tratamento biológico de dejetos em diversas lagoas em série, podendo ou não haver a integração com produção de biomassa vegetal, através da planta aguapé.

O dejetos é conduzido para tanques de degradação aeróbica abertos, em série, aumentando o tempo de residência do material orgânico nestas lagoas. Costuma-se formar duas fases na lagoa, um superficial aeróbica e uma no fundo, anaeróbica. Os gases são perdidos para o ambiente. Este sistema de lagoas pode ou não ter plantas na última fase, o aguapé, cuja eficiência na incorporação de nutrientes foi medida por Bavaresco (1998). Este aguapé pode ainda ser utilizado como planta forrageira para suínos.

O aguapé foi utilizado no Distrito Federal como forma de remover nutrientes da água do Lago Paranoá. A utilização desta planta permite a remoção de fósforo e nitrogênio da água, através da metabolização dos nutrientes em formação de biomassa vegetal, que pode posteriormente ser utilizada também para compostagem. O inconveniente é que a grande quantidade de nutrientes pode levar a uma proliferação excessiva do vegetal, causando problemas ambientais tanto quanto o excesso de nutrientes na água.

4.3. Avaliação do problema: Importância relativa dos grupos de impactos e dos impactos e desempenho ambiental das alternativas

4.3.1. Importância relativa dos grupos de impactos e dos impactos: aplicação do método AHP

A utilização do AHP para análise dos métodos de tratamento de dejetos suínos e a eleição dos critérios e alternativas seguirá critérios de sustentabilidade econômica (custo de implantação e manutenção dos sistemas) e sustentabilidade ambiental (composição dos efluentes ao final do processo de tratamento). Estes critérios serão definidos em conjunto com especialistas em métodos de tratamento de dejetos, com vistas a focar ainda mais esta problemática e estabelecer um elenco de itens a serem observados quando da análise pelo método.

Após a fase de estruturação do problema, a fase de avaliação pelo AHP inicia-se com a comparação paritária entre os grupos de impactos e entre os impactos. Esta comparação permite a determinação das importâncias relativas de cada impacto ou grupos, que são os pesos ou ponderações.

Os grupos de impactos e os impactos serão avaliados aos pares, de acordo com a escala exposta na Tabela 7.

Tabela 7 - Escala de julgamento de importância do método AHP

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Importância igual	Duas ações potenciais contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância fraca de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Importância forte	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito forte	Uma atividade é fortemente favorecida em relação à outra e sua dominância é demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência, favorecendo uma atividade em relação à outra, é do mais alto grau de certeza.
2,4,6,8	Valores intermediários entre dois julgamentos adjacentes	Quando é necessária uma condição de compromisso.
Recíprocos	Se a ação i tem uma das intensidades de importância ou de preferência de 1 a 9 quando comparada com a ação j, então j tem o valor recíproco, quando comparado com i.	

Fonte: Adaptado de Gartner (2001).

A partir desta comparação, é montada uma matriz de julgamentos, que assume a forma:

$$A = \begin{vmatrix} 1 & a_{12} & \mathbf{K} & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \mathbf{K} & a_{2n} \\ \mathbf{K} & \mathbf{K} & \mathbf{K} & \mathbf{K} \\ a_{n1} & a_{n2} & \mathbf{K} & 1 \end{vmatrix} \begin{array}{l} \text{Condição dos elementos} \\ a_{ij} = \alpha \\ a_{ji} = 1/\alpha \\ a_{ii} = 1 \end{array}$$

As variáveis "a" são valores da comparação paritária entre os critérios, os valores " α " são os valores de intensidade de importância.

A resolução da matriz resulta no autovetor de prioridades W, que expressa as importâncias relativas (pesos) de cada um dos impactos ou grupos. O processamento do cálculo é feito através de programa de computador *Expert Choice*.

Os cálculos dos pesos dos grupos de impactos e dos impactos são feitos através da atribuição de valores na comparação paritária entre os parâmetros, de acordo com a tabela 7. As linhas da matriz são somadas uma a uma. Os resultados

de cada linha são divididos pelo somatório total dos valores obtidos pelas somas das linhas. O resultado W^j representa o peso do critério em relação aos demais componentes da análise.

Do mesmo modo, acontece com as matrizes de impactos. Acontece a comparação paritária entre os impactos e o cálculo do W_i^j estabelece a hierarquia de valores considerada neste trabalho.

4.3.2. Avaliação global dos grupos de impactos (W^j)

A avaliação global dos grupos de impactos foi feita por grupo de especialistas⁵. A determinação dos pesos segue a metodologia descrita no item 4.3.1.

Tabela 8 - Avaliação Global dos critérios para análise dos sistemas de tratamento dos dejetos suínos

Parâmetros	F/Q	B/E	S/C	E/O	W^j
F/Q	1	1	2	1	0,288
B/E	1	1	2	2	0,338
S/C	1/2	1/2	1	1	0,169
E/O	1	1/2	1	1	0,205

Índice de inconsistência⁶ = 0,02

Nota: F/Q - Grupo de critérios Físico/Químicos
 B/E - Grupo de critérios Biológico/Ecológicos
 S/C - Grupo de critérios Sociológico/Culturais
 E/O - Grupo de critérios Econômico/Operacionais

⁵ Os especialistas foram os Doutores Luci Sayori Murata, Zootecnista e professora da Universidade de Brasília e João Batista Soares, Engenheiro Agrícola, professor da mesma instituição.

⁶ O índice de inconsistência é um teste para confirmar a consistência das análises. O valor obtido pelo teste deve ser inferior a 0,1 para que a análise tenha sido consistente (Gartner, 2001).

4.3.3. Avaliação local dos impactos nos grupos (W_i^j)

Tabela 9 - Avaliação de parâmetros físico-químicos⁷

Parâmetros	P1	P2	P3	W_i^j
P1	1	7	1	0,487
P2	1/7	1	1/5	0,078
P3	1	5	1	0,435

Índice de inconsistência = 0,01

Tabela 10 - Avaliação de parâmetros biológicos-ecológicos(W_i^j)

Parâmetros	P4	P5	P6	P7	P8	W_i^j
P4	1	1	1	1	3	0,243
P5	1	1	1	1	1	0,192
P6	1	1	1	1	1	0,192
P7	1	1	1	1	3	0,243
P8	1/3	1	1	1/3	1	0,130

Índice de inconsistência: 0,04

Tabela 11: Avaliação de parâmetros sociológicos-culturais(W_i^j)

Parâmetros	P9	P10	P11	W_i^j
P9	1	4	1/2	0,333
P10	1/4	1	1/5	0,097
P11	2	5	1	0,570

Índice de inconsistência: 0,02

⁷ Os parâmetros utilizados nas análises estão descritos nas páginas 77 a 86 do capítulo 4, no item 4.2 - Estruturação do problema.

Tabela 12: Avaliação de parâmetros Econômicos-operacionais (w_i^j)

Parâmetros	P12	P13	P14	P15	w_i^j
P12	1	1	2	1/7	0,133
P13	1	1	1	1/5	0,117
P14	1/2	1	1	1/5	0,201
P15	7	5	5	1	0,650

Índice de inconsistência = 0,04

4.3.4. Avaliação de desempenho ambiental das alternativas nos impactos (es_i^j)

O cálculo dos escores ambientais de cada alternativa foi feito de acordo com as equações (1), (2) e (3) da página 77. A atribuição dos valores dos impactos ambientais seguiu a mesma lista de impactos das páginas 77 a 86 e os valores atribuídos a cada impacto seguiram a tabela 6, no capítulo 3.

Tabela 13 - Análise através da matriz RIAM dos impactos ambientais e valoração dos impactos - Alternativa 1: Ausência de Tratamento

Crítérios	A1	A2	At	B1	B2	B3	Bt	ES
P1 - Solos	2	-1	-2	2	2	3	7	-14
P2 - Temperatura	2	0	0	1	1	1	3	0
P3 - Recursos Hídricos	3	-2	-6	2	2	3	7	-42
P4 - Diversidade Biológica	3	-1	-3	3	3	3	9	-27
P5 - Contaminação do Ar	2	-2	-4	2	2	2	6	-24
P6 - Contaminação do solo	3	-2	-6	2	2	3	7	-42
P7 - Contaminação da água	3	-3	-9	2	2	3	7	-63
P8 - Proliferação de insetos	2	-3	-6	2	2	2	6	-36
P9 - Geração de empregos	3	-1	-3	2	2	2	6	-18
P10 - Remuneração	1	0	0	1	1	2	4	0
P11 - Saúde pública	3	-3	-9	2	3	3	8	-72
P12 - Escala de produção	3	-3	-9	2	2	3	7	-63
P13 - Custo de instalação	1	0	0	1	1	2	4	0
P14 - Custo de manutenção	1	0	0	1	1	2	4	0
P15 - Qualidade dos produtos	1	-1	-1	2	2	3	7	-7

Tabela 14 - Análise através da matriz RIAM dos impactos ambientais e valoração dos impactos - Alternativa 2: Biosistema Integrado

Critérios	A1	A2	At	B1	B2	B3	Bt	ES
P1 - Solos	2	3	6	2	2	3	7	42
P2 - Temperatura	2	0	0	1	1	3	5	0
P3 - Recursos Hídricos	3	3	9	2	3	3	8	72
P4 - Diversidade Biológica	3	-1	-3	2	2	1	5	-15
P5 - Contaminação do Ar	2	2	4	3	2	1	6	24
P6 - Contaminação do solo	3	2	6	3	2	1	6	36
P7 - Contaminação da água	3	2	6	3	2	1	6	36
P8 - Proliferação de insetos	2	2	4	2	2	3	7	28
P9 - Geração de empregos	3	2	6	2	2	2	6	36
P10 - Remuneração	1	3	3	2	1	3	6	18
P11 - Saúde pública	3	3	9	3	2	3	8	72
P12 - Escala de produção	3	3	9	2	2	2	6	54
P13 - Custo de instalação	1	-2	-2	1	3	1	5	-10
P14 - Custo de manutenção	1	-2	-2	1	3	1	5	-10
P15 - Qualidade dos produtos	1	3	3	2	3	2	7	21

Tabela 15 - Análise através da matriz RIAM dos impactos ambientais e valoração dos impactos - Alternativa 3: Sistema integrado de lagoas de estabilização

Critérios	A1	A2	At	B1	B2	B3	Bt	ES
P1 - Solos	2	3	6	2	2	3	7	42
P2 - Temperatura	2	0	0	1	2	1	4	0
P3 - Recursos Hídricos	3	3	9	2	3	3	8	72
P4 - Diversidade Biológica	3	-1	-3	2	3	1	6	-18
P5 - Contaminação do Ar	2	-1	-2	3	3	2	8	-16
P6 - Contaminação do solo	3	1	3	3	3	3	9	27
P7 - Contaminação da água	3	2	6	3	3	3	9	54
P8 - Proliferação de insetos	2	-1	-2	2	2	2	6	-12
P9 - Geração de empregos	3	2	6	2	3	2	7	42
P10 - Remuneração	1	2	2	2	1	3	6	12
P11 - Saúde pública	3	3	9	1	2	3	6	54
P12 - Escala de produção	3	3	9	3	2	2	7	63
P13 - Custo de instalação	1	-3	-3	1	3	1	5	-15
P14 - Custo de manutenção	1	-2	-2	1	3	1	5	-10
P15 - Qualidade dos produtos	1	3	3	2	3	3	8	24

4.4. avaliação final das alternativas

Através da fórmula abaixo, serão calculados valores gerais para cada um dos sistemas de tratamento, que serão comparados entre si para chegar à tomada de decisão final.

$$V(a_k) = \sum_{j=1}^4 \sum_{i=1}^{15} w^j \cdot w_i^j \cdot es_i^j$$

onde:

$V(a_k)$ - Alternativa de tratamento K

w^j - é o peso do grupo de impactos j

w_i^j - é o peso do impacto i, do grupo de impactos j

es_i^j - é o valor do impacto i do grupo de impactos j

Tabela 16 - Determinação do valor de cada alternativa

Grupo Imp.(j)	Impacto (i)	wj	wij	ES(1)	V(1)	ES(2)	V(2)	ES(3)	V(3)
F/Q	P1	0,288	0,487	-14	-1,964	42	5,891	42	5,891
	P2	0,288	0,078	0	-	0	-	0	-
	P3	0,288	0,435	-42	-5,262	72	9,020	72	9,020
B/E	P4	0,338	0,243	-27	-2,218	-15	-1,232	-18	-1,478
	P5	0,338	0,192	-24	-1,558	24	1,558	-16	-1,038
	P6	0,338	0,192	-42	-2,726	36	2,336	27	1,752
	P7	0,338	0,243	-63	-5,174	36	2,957	54	4,435
	P8	0,338	0,130	-36	-1,582	28	1,230	-12	-0,527
S/C	P9	0,169	0,333	-18	-1,013	36	2,026	42	2,364
	P10	0,169	0,097	0	-	18	0,295	12	0,197
	P11	0,169	0,570	-72	-6,936	72	6,936	54	5,202
E/O	P12	0,205	0,133	-63	-1,718	54	1,472	63	1,718
	P13	0,205	0,117	0	-	-10	-0,240	-15	-0,360
	P14	0,205	0,101	0	-	-10	-0,207	-10	-0,207
	P15	0,205	0,650	-7	-0,933	21	2,798	24	3,198
Totais					-31,082		34,840		30,165

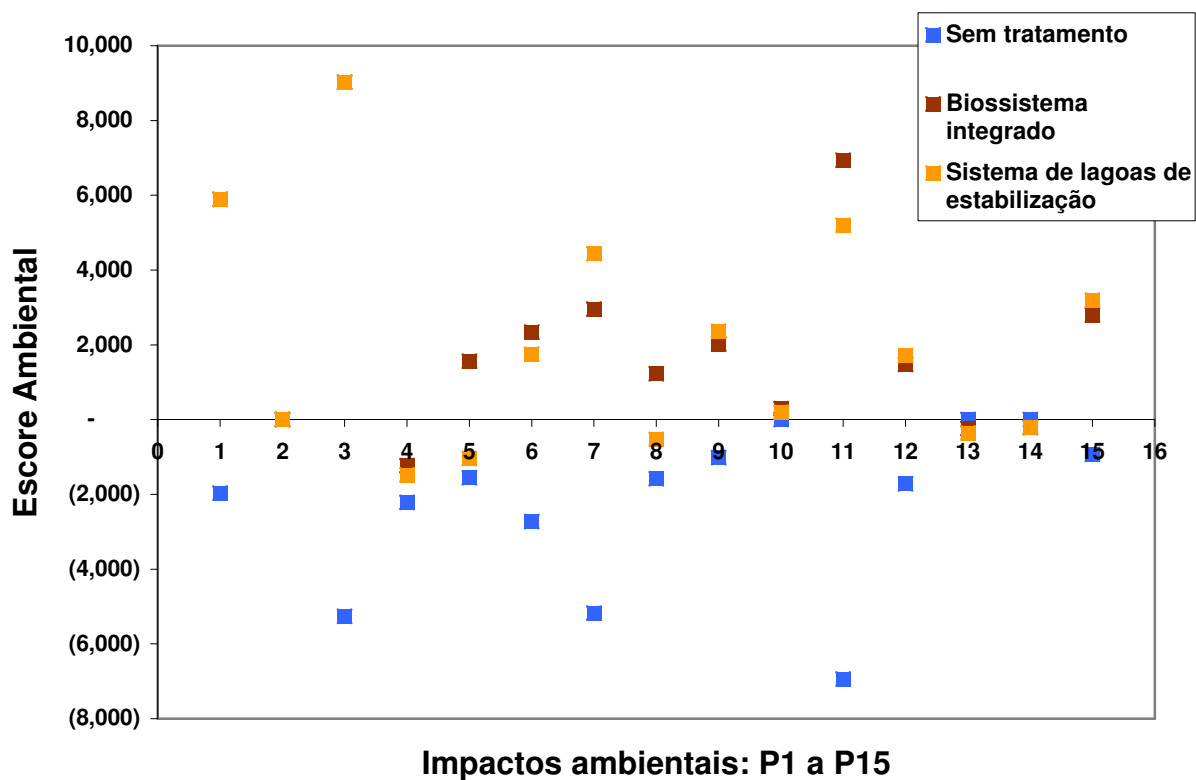
Os cálculos de valor para cada alternativa resultaram nos seguintes valores totais:

$$V(a_1) = -31,082 \quad V(a_2) = 34,840 \quad V(a_3) = 30,165,$$

onde $V(a_1)$ é a alternativa da ausência de sistema de tratamento, $V(a_2)$ é a alternativa Biosistema Integrado e $V(a_3)$ é a alternativa de sistema integrado de lagoas de estabilização.

Com os dados obtidos da análise ambiental e multicriterial do problema plotados em gráfico consegue-se um panorama geral desta análise (Gráfico 1).

Gráfico 1: Comparação entre impactos ambientais e valores das alternativas analisadas



Os dados obtidos através da avaliação demonstram que a alternativa biossistema integrado tem maior aplicabilidade em relação ao sistema integrado de lagoas e grande diferença em relação à ausência de tratamento.

De um modo geral, ao plotar os dados em gráfico percebe-se a grande diferença entre a implantação de um sistema de tratamento e a ausência dele. A alternativa V1, a ausência de tratamento, tem uma performance ambiental inferior aos outros sistemas, exceto no custo de instalação e manutenção. Sob parâmetros estritamente econômicos pode parecer interessante não tratar os dejetos gerados pelo sistema. No entanto, o tratamento dos dejetos permite inclusive um aumento da produtividade e a obtenção de certificados de gestão que agregam valor ao produto.

A comparação entre os sistemas de tratamento apresenta em oito pontos do gráfico valores próximos, nos seguintes impactos:

P1: Composição de solos: Os sistemas analisados promoveram a mesma proteção aos solos, em contraposição à ausência de sistemas

P2: Influência de temperatura nos sistemas de tratamento: Os sistemas de tratamento podem apresentar maior eficiência no Centro Oeste do que no Sul, pois as médias de temperatura são maiores, favorecendo o metabolismo das bactérias que degradam a matéria orgânica durante todo o ano.

P3: Disponibilidade Hídrica: O tratamento dos dejetos suínos e a devolução da água utilizada em condições adequadas permitiram que os sistemas de tratamento tivessem o mais alto escore neste item. Em quadro de estresse hídricos localizado na bacia do Rio Preto a devolução deste recurso para reutilização ganhou grande importância.

P4: Perda da diversidade biológica: em todos os casos há perda de diversidade biológica causada pela expansão da atividade econômica e ocupação

de espaços com monoculturas de soja ou milho.

P5: Contaminação do ar: A canalização dos gases para sistemas de armazenamento respondeu pelo maior escore da alternativa 2, enquanto os outros sistemas ficaram bem abaixo da sua avaliação.

P6: Contaminação do solo: A alternativa 2 permite uma maior proteção ao solo pois os dejetos são direcionados para biodigestor, que não permite o contato com o solo. Só após passar pelas etapas do tratamento é que existe a possibilidade de contato, na etapa do tanque de piscicultura. A alternativa 3 precisa de impermeabilização de tanques de tratamento para que impeça a contaminação do solo.

P7: Contaminação da água: As alternativas tiveram alto escore ambiental que eliminam a contaminação ambiental causada pelos dejetos.

P8: Proliferação de insetos: A alternativa 2 não permite a proliferação de insetos no sistema de tratamento pois as larvas não podem concluir o seu ciclo de desenvolvimento devido às estruturas de impedimento do ciclo, que são o tratamento fechado do dejetos e os tanques protegidos lateralmente. A alternativa 3 pode ainda permitir esta proliferação, a menos que haja investimento em impermeabilização do solo e proteção lateral dos tanques para impedir o desenvolvimento das larvas.

P9: Empregos gerados pela implantação dos sistemas: A implantação dos sistemas de tratamento de dejetos permite o emprego de mais pessoas para a sua operacionalização.

P10: Remuneração proporcionada pela cadeia produtiva: Nas alternativas analisadas a remuneração teve pequenas diferenças. Mesmo assim, vemos que sob esta perspectiva o produtor consegue melhor remuneração pela implantação dos

sistemas de tratamento, de acordo com a tabela 16.

P11: Saúde pública: Neste impacto as alternativas alcançaram grandes escores positivos pois a sua implantação permite ganhos significativos na qualidade dos recursos hídricos, à semelhança do fato da implantação dos sistemas de tratamento de esgoto humano permitir economias na saúde pública.

P12: Escala de produção: As escalas de produção são maiores quando os impactos ambientais são controlados. Os sistemas de tratamento aumentam os custos de gerenciamento mas propiciam melhor qualidade ambiental de recursos hídricos, aumentando as economias de escala e assegurando maior produtividade por mais tempo.

P13: Custos de instalação dos sistemas de tratamento: O alto custo de instalação dos sistemas pode funcionar como inibidor de sua implantação. Este fator promove uma aproximação entre os valores gerais das três alternativas analisadas. A adequação aos padrões de performance ambiental exige investimentos que podem restringir a participação do pequeno produtor e pode ser um fator que explique a implantação de grandes indústrias de produção de suínos em vez da concentração em pequenas unidades de produção, tal como no Sul do país.

P14: Custos de manutenção do sistema de tratamento: A manutenção dos sistemas também influencia a escolha do sistema. A aparente ausência de custo em não tratar o dejetos suíno pode comprometer a viabilidade do sistema produtivo quando se analisa a longo prazo. No entanto, o custo de manutenção dos sistemas mais uma vez aproxima os valores das três alternativas.

P15: Qualidade dos produtos: A implantação de sistemas de tratamento permite uma maior qualidade do adubo gerado pelo tratamento, pois reduz a quantidade de contaminantes presentes no material orgânico. Além disso, permite a

conquista de certificados de sistemas de produção tais como a ISO14000 ou certificados de produção diferenciada.

Nos certificados de gestão são observados no mínimo o cumprimento da lei. Todo o processo produtivo deve enquadrar-se em preceitos ambientais e deve-se observar os impactos ambientais causados pela cadeia produtiva e como mitigá-los. Estes certificados permitem agregar valor aos produtos e conquistar mercados onde o diferencial está no modo de produzir e não apenas na quantidade produzida.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A questão ambiental e a manutenção das atividades econômicas dependem essencialmente do planejamento das ações integradas de conscientização, adequação de processos produtivos e análises do ciclo de vida de produtos.

A suinocultura brasileira, apesar da sua posição privilegiada em produção, ainda não universalizou os sistemas de tratamento de dejetos, causando impactos ambientais que estão acima da capacidade de assimilação dos resíduos pelo meio ambiente. Estes impactos ambientais oneram o poder público, na medida que aumentam o custo com saúde pública e sistemas de tratamento de água.

Com a emergência das questões ambientais nos últimos 30 anos, a poluição vem sendo considerada como parte do processo produtivo, causando mudanças no modo de encarar os produtos advindos dos processos econômicos. Estas mudanças vêm sendo amplamente estudadas nas linhas de pesquisa de análise de ciclo de vida dos produtos e podem ser medidas através da criação de diversos certificados de gestão ambiental criados pelo mercado com vistas a atestar o seguimento de padrões de produção ambientalmente e socialmente sustentáveis.

A análise da cadeia produtiva da suinocultura brasileira demonstra que o retorno econômico foi privilegiado em relação à questão do tratamento da poluição gerada e a sustentabilidade da produção a longo prazo.

A proposição da utilização do método da Matriz Rápida de Impactos Ambientais (RIAM), de Pastakia, foi feita neste trabalho com o objetivo de testá-lo em cenário que aparece como provável causador de impactos ambientais no Centro-

Oeste: A introdução da cadeia produtiva da suinocultura em moldes industriais de produção de carne.

A cadeia produtiva da suinocultura, em que pese a sua importância econômica para o Brasil, está baseada em uso intenso de insumos, tais como milho e soja, dos quais o Centro Oeste é grande produtor.

Esta produção de proteína animal de modo intensivo promove os diversos impactos listados neste trabalho, no capítulo 4. A mitigação do impacto ambiental causado pela atividade econômica deve ser objeto de planejamento das ações preventivas que possa orientar os tomadores de decisão e a classe política sobre a conveniência ou não da implantação desta cadeia produtiva na região.

A situação crítica da questão dos dejetos suínos nos municípios da região Sul exigiu a adoção de termos de ajuste de conduta entre o poder público e os produtores rurais para diminuição da contaminação ambiental e ajuste da capacidade de produção. Este problema motivou a busca por uma solução para o Distrito Federal, onde a ocupação de espaços para produção acontece em grande ritmo e é estimulada por programas governamentais de aumento de produtividade, na grande maioria das vezes por grandes projetos de intensificação de produção suinícola.

O poder político revela-se propenso a adotar a visão economicista da ocupação, relegando os fatores ambientais ou sociais como de menor importância com relação ao benefício da implantação.

A manutenção de padrões de produção e consumo de acordo com a capacidade suporte do ambiente é uma discussão que vem sendo proposta e da qual não se pode negligenciar. O meio ambiente não é apenas uma questão técnica. Os instrumentos de tomada de decisão devem ser ajustados às novas necessidades

da sociedade, como a de um ambiente equilibrado, de acordo com os preceitos do artigo 225 da Constituição Federal.

Na preservação dos processos ecológicos, o poder público deve incentivar a internalização dos custos ambientais da produção ao processo produtivo da empresa e inclusive ajustar a produção à capacidade de manutenção da estabilidade do ambiente para a sociedade, utilizando o poder de comando e controle inerente ao estado.

A utilização de sistemas de tratamento de dejetos suínos permite uma adequação do processo produtivo às especificidades ambientais, porém um controle do que produzir e como produzir é necessário para que as escalas de produção obedeçam a princípios que visem a manutenção da sociedade como um todo e que não comprometam a estabilidade geral do ecossistema.

O avanço da sociedade se dá em direção à incorporação de valores cada vez mais voltados à valorização do meio ambiente como espaço de convívio, onde os diversos atores sociais devem dialogar e estabelecer os princípios pelos quais as sociedades direcionarão seus investimentos.

O Distrito Federal e a sua situação fundiária preocupam quanto à incorporação de mais uma cadeia produtiva. As áreas de produção de suínos estão situadas à margem do Rio Preto, que abastece diversas cidades mineiras a jusante e recebe água de baixa qualidade a montante, devido à ausência de sistemas de tratamento de esgoto humano em algumas cidades de Goiás.

A estratégia de abordagem ao produtor rural passa pela sua conscientização dos problemas associados à geração de resíduos pela cadeia produtiva, pela disponibilização de recursos para conversão/adequação das

estruturas produtivas aos parâmetros ambientais e a posterior fiscalização desta adequação.

Os sistemas de análise de concessão de crédito das instituições bancárias devem incorporar as variáveis de desempenho ambiental aos projetos de investimento, pois também são instrumentos de gestão ambiental que podem direcionar ações em prol da melhoria da qualidade ambiental. Todo grande projeto de produção de suínos deve, além de ser analisado pelo órgão ambiental da região, ser analisado pela instituição bancária sob a ótica ambiental.

A utilização do método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), conjugado ao método RIAM (*Rapid Impact Assessment Matrix*) para seleção do melhor método de tratamento de dejetos suínos considerando as condições sociais, econômicas, ambientais e culturais do Distrito Federal é apenas um passo inicial nos estudos das estruturas dos ciclos de produção econômica aos conceitos do desenvolvimento sustentável.

Os resultados demonstraram que, ao contrário do que vem sendo adotado em todo país, onde 85% das propriedades suinícolas não têm preocupação com tratamento de dejetos, os métodos de tratamento possibilitam um ganho de qualidade ambiental efetivo, padrões produtivos mais adequados à capacidade de suporte do ambiente e maior retorno financeiro.

Trabalhos posteriores deverão acontecer em campo para determinar a eficiência produtiva das alternativas de tratamento de dejetos suínos, além de estender a análise para outras cadeias produtivas que promovem impactos ambientais e tem potencial para diminuir a qualidade de vida do habitante da capital.

Os métodos multicriteriais são importantes instrumentos de planejamento que podem ser usados para a construção de cenários, que servem para subsidiar a

conveniência ou não da implantação de cadeias econômicas na região e em qual escala elas poderiam ser implantadas. Uma das funções do planejamento ambiental é estabelecer áreas, de acordo com suas características físico-químicas, biológico-ecológicas, sócio-culturais e econômico-operacionais, onde serão produzidos os bens e serviços necessários à sociedade e como serão produzidos.

A conexão intrínseca existente entre os processos econômicos e ecológicos, que foram negadas ou relegadas a um segundo plano pela concepção econômica utilitarista vigente tem levado freqüentemente a estados de emergência ambiental. Os custos ambientais desta concepção revela um paradoxo onde o benefício da produção é incorporado de forma privada e os custos são socializados.

A não-incorporação destes custos à produção levam às desagregações sociais e desigualdades emergem da incorporação do meio ambiente apenas como mais um bem econômico e não como um sistema que permite as trocas de energia e matéria, que modifica e é modificado pelos seres que o habitam. A socialização das "externalidades" ambientais representadas pelos detritos e dejeções pelos produtores de bens e serviços não representam uma visão realista do que seja o meio ambiente e o papel de cada um nele.

A incorporação do meio ambiente apenas como bem econômico pode levar a uma situação onde a fruição dos serviços ambientais será permitida apenas por aqueles que podem pagar por produtos e serviços ambientais de qualidade, reduzindo a possibilidade da sociedade de adotar uma visão integrada e uma abordagem sistêmica dos sistemas que tem por objetivo suportar a vida na Terra.

Neste trabalho o objetivo foi demonstrar que para o Planejamento e a Gestão Ambiental existem diversos sistemas de apoio à tomada de decisão através

da análise multicriterial de sistemas voltados para a descontaminação ambiental causada pelos dejetos orgânicos.

Do mesmo modo, análises podem ser feitas para quaisquer sistemas de tratamento de resíduos, comparando-os de acordo com critérios que insiram componentes ambientais, culturais, sociais e econômicos, subsidiando o processo de planejamento de ações voltadas para a produção e consumo e, uma vez adotadas suas conclusões, tornando os processos econômicos mais eficientes sob o ponto de vista ecológico e econômico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIPECS - Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína. **Relatório Anual ABIPECS 2001**. São Paulo: 2001.

AGÊNCIA BRASIL. Meio Ambiente lança Programa para Reduzir Poluição. **Terra Notícias**. Brasília, 29.03.2002. Disponível em <<http://www.terra.com.br/noticias/Brasil/2002/03/29/069.htm>>. Acessado em 29.03.2002.

AGENDA 21. **Ministério do Meio Ambiente**. Brasília, 30.06.2002. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/se/agen21/cap18.html>>. Acessado em 30.06.2002.

_____. _____. Brasília, 30.06.2002. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/se/agen21/cap21.html>>. Acessado em 30.06.2002

ALMEIDA , Josimar R. *et al.* Capítulo 1: Metodologia de Planejamento Ambiental. In: **Planejamento Ambiental: Caminho para Participação Popular e Gestão Ambiental para Nosso Futuro Comum. Uma Necessidade, Um Desafio**. Rio de Janeiro: Thex Editora, 1999.

BASTOS Ana Christina B.; FREITAS, Antonio Carlos. Capítulo 1: Agentes e Processos de Interferência, Degradação e Dano Ambiental. In: CUNHA, Sandra; GUERRA, Antônio. **Avaliação e Perícia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.

BASTOS Ana Christina B.; ALMEIDA, Josimar R. Capítulo 2: Licenciamento Ambiental Brasileiro no Contexto da Avaliação de Impactos Ambientais. In: CUNHA, Sandra; GUERRA, Antônio. **Avaliação e Perícia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.

BAVARESCO, Angelita. **Lagoas de Aguapé no Tratamento Terciário de Dejetos de Suínos**. 1998. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

BELLIA, Vitor. **Introdução à economia do Meio Ambiente**. Brasília: IBAMA: 1996.

BRANCO, Samuel M. Capítulo 7: Água, Meio Ambiente e Saúde In: REBOUÇAS, Aldo; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José G. **Águas Doces no Brasil. Capital Ecológico, Uso e Conservação**. São Paulo: Escrituras, 1999.

BRASIL. **Lei n.º 6938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

BRASIL. Resolução CONAMA n.º 001, de 23 de janeiro de 1986. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, de 17.02.86.

CLEMENTE, Ademir e FERNANDES, Elton. Capítulo 1: Planejamento e Projetos. In: CLEMENTE, Ademir. **Projetos Empresariais e Públicos**. São Paulo: Atlas, 1998.

CRESCO, Telson. **Planeta Água: Um guia de educação ambiental para conservação dos Recursos Hídricos**. Rio de Janeiro: Papel Virtual, 1998.

EMATER -DF. **Informações básicas sobre suinocultura no DF**. Brasília: EMATER, 2002.

FAMINOW, Merle. Capítulo 12: Os projetos e o Meio Ambiente. In: CLEMENTE, Ademir. **Projetos Empresariais e Públicos**. São Paulo: Atlas, 1998.

GARTNER, Ivan R. Capítulo 3: Avaliação Ambiental de Projetos. In: _____. **Avaliação Ambiental de projetos em Bancos de Desenvolvimento nacionais e multilaterais: Evidências e Propostas**. Brasília: Universa, 2001.

GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL: SECRETARIA DE AGRICULTURA. **Pró-rural: Relatório de Atividades**. Brasília, 2001.

GUERRA, Antônio J. T et al. **Dicionário Brasileiro de Ciências Ambientais**. Rio de Janeiro: Thex Editora, 1999.

HESPANHOL, Ivanildo. Capítulo 8: Água e Saneamento Básico – Uma Visão Realista In: REBOUÇAS, Aldo, BRAGA, Benedito; TUNDISI, José G. **Águas Doces no Brasil. Capital Ecológico, Uso e Conservação**. São Paulo: Escrituras, 1999.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Ministério da Agricultura: Tabela Rebanho Suíno Brasileiro: Efetivo por Estado, posição em 2000.**

Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em 22.02.2002.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DO PARANÁ. Manual do Curso de Biosistemas Integrados à Suinocultura. TECPAR, 2001.

KURT JENSEN, Hanne K. B et al. **Initial Impact Evaluation of a Tourism Development Project in Malaysia.** Disponível em <<http://www.dhi.dk/Products/RIAM/RIAM%20publication/riammala.pdf>>. Acesso em 10.10.2002.

LAKATOS, Eva M.; MARCONI, Marina A. Capítulo 1: Ciências Sociais e Sociologia. In: **Sociologia Geral**. São Paulo: Atlas, 1999. p.19-41.

MAGRINI, Alessandra. Capítulo 4: A Avaliação de impactos Ambientais. In: **Meio Ambiente: Aspectos Técnicos e Econômicos**. Brasília: PNUD, 1990.

NICOLAIEWSKY et al. Capítulo 1: Sistemas de produção de suínos. In: **Suinocultura Intensiva: Produção, Manejo e Saúde do Rebanho**. Brasília: Embrapa, 1998.

ODUM, Eugene P. Capítulo 4: Ciclos Biogeoquímicos. **Ecologia Geral**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988.

PASTAKIA, C.M.R. The Rapid Impact Assesment Matrix (RIAM). A new tool for Environmental Impact Assesment. Disponível em <<http://www.dhi.dk/Products/RIAM/RIAM%20publication/riamintr.pdf>>. Acesso em 10.10.2002.

PERDOMO, Carlos C. Sugestões para o manejo, tratamento e utilização de dejetos suínos. **Instrução Técnica para o Suinocultor n.12**. Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 1999.

PERDOMO, Carlos C. e LIMA, Gustavo J. M. M. Considerações sobre a Questão dos Dejetos e do Meio Ambiente. In: **Suinocultura Intensiva: Produção, Manejo e Saúde do Rebanho**. Brasília: EMBRAPA, 1998.

PERDOMO, Carlos C., LIMA, Gustavo J. M. M.; NONES, Katia. Produção de Suínos e Meio Ambiente. **9.º Seminário Nacional de Desenvolvimento da Suinocultura**. 25 a 27 de abril de 2001, Gramado, RS.

REATTO, Adriana, CORREIA, João R. e SPERA, Sílvio T. Capítulo 2: Solos do Bioma Cerrado: Aspectos pedológicos. In: SANO, Sueli M.; ALMEIRA, Semíramis P. **Cerrado: Ambiente e Flora**. Brasília: EMBRAPA Cerrados, 1998.

REZENDE, Gervásio Castro. Ocupação Agrícola e Estrutura Agrária no Cerrado: O papel do Preço da Terra, dos Recursos Naturais e da Tecnologia. **Texto para Discussão nº 913**. Brasília: IPEA, 2002.

SACHS, Ignacy. **Caminhos para o desenvolvimento Sustentável**. Brasília: GARAMOND, 1999.

SEGANFREDO, Milton A. **Comunicado técnico n.º 268**. Análise dos riscos de poluição do ambiente quando se usam dejetos suínos como adubo no solo. EMBRAPA-CNPSA, Dez-2000.

_____. **Comunicado técnico n.º 292**. Os dejetos de animais podem causar poluição também nos solos de baixa fertilidade e nos solos profundos, como aqueles da região dos Cerrados. EMBRAPA-CNPSA, Nov-2001.

SILVEIRA E SANT'ANNA. Capítulo 3: Poluição Hídrica. In: **Meio Ambiente: Aspectos Técnicos e Econômicos**. Brasília: PNUD, 1990. p. 57-83.

TAKITANE, I.C. e Souza, M. C. M. Produção de Suínos no Brasil: Impactos Ambientais e Sustentabilidade. **Anais do XXXVIII Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural - X Congresso Mundial de Sociologia Rural**. Disponível em <<http://gipaf.cnptia.embrapa.br/itens/publ/sober2000/takitane/paper0778.pdf>>. Acessado em 12.05.2002.

TELLES, Dirceu D. Capítulo 9: Água na Agricultura e Pecuária. In: REBOUÇAS, Aldo, BRAGA, Benedito e TUNDISI, José G. **Águas Doces no Brasil. Capital Ecológico, Uso e Conservação**. São Paulo: Escrituras, 1999. p. 305-338.

TUCCI, Carlos E. M., Hespanhol, I.; Netto, O. **A Gestão da Água no Brasil: Uma Primeira Avaliação da Situação Atual e das Perspectivas para 2025**. Brasília, 2000.

WWF. **Living Planet Report 2002**. Disponível em <http://www.wwf.org.br/nforma/doc/livingplanet_2002.pdf>. Acessado em 12.08.2002.