

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**ANÁLISE ECONÔMICA DE DOIS SISTEMAS NATURAIS DE
TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUÁRIA NA SUINOCULTURA**

SAMIR PAULO JASPER

Dissertação apresentado à Faculdade de Ciências
Agronômicas do Campus de Botucatu - UNESP,
para obtenção do título de Mestre em
Agronomia, Área de Concentração Energia na
Agricultura.

BOTUCATU-SP

Junho – 2006

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**ANÁLISE ECONÔMICA DE DOIS SISTEMAS NATURAIS DE
TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUÁRIA NA SUINOCULTURA**

SAMIR PAULO JASPER

Orientador: Marco Antônio Martin Biaggioni

Co-orientadora: Ana Beatriz Rocha de Castro Lopes

Dissertação apresentado à Faculdade de Ciências
Agronômicas do Campus de Botucatu - UNESP,
para obtenção do título de Mestre em
Agronomia, Área de Concentração Energia na
Agricultura..

BOTUCATU-SP

Junho – 2006

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E
TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO
UNESP - FCA - LAGRADO - BOTUCATU (SP)

Jasper, Samir Paulo, 1982-
J39a Análise econômica de dois sistemas naturais de trata-
mento de água residuária na suinocultura / Samir Paulo
Jasper . - Botucatu : [s.n.], 2006.
vi, 81 f. : il. color. , tabs.

Dissertação (mestrado)-Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2006
Orientador: Marco Antonio Martin Biaggioni
Co-Orientador: Ana Beatriz de Castro Lopes
Inclui bibliografia.

1. Suino - Criação. 2. Lagoas de estabilização. 3. Águas
residuais - Purificação - Tratamento. 4. Suinocultura -
Aspectos econômicos. I. Biaggioni, Marco Antonio Martin.
II. Lopes, Ana Beatriz de Castro. III. Universidade
Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de
Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "ANÁLISE ECONÔMICA DE DOIS SISTEMAS NATURAIS DE TRATAMENTO
DE ÁGUA RESIDUÁRIA NA SUINOCULTURA"


ALUNO: SAMIR PAULO JASPER

ORIENTADOR: PROF. DR. MARCO ANTÔNIO MARTIN BIAGGIONI
CO-ORIENTADOR: PROF^a DR^a ANA BEATRIZ R. DE CASTRO LOPES

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. MARCO ANTÔNIO MARTIN BIAGGIONI



PROF^a DR^a MAURA S. T. ESPERANCINI



PROF^a DR^a MARIA ELIZABETH A. DE OLIVEIRA

Data da Realização: 05 de junho de 2006.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	IV
LISTA DE FIGURAS	V
LISTA DE ANEXOS	VI
1. RESUMO	1
2. SUMMARY	3
3. INTRODUÇÃO.....	5
4. REVISÃO DE LITERATURA	8
4.1. Suinocultura e Seus Números.....	9
4.2. Dejetos Provenientes da Suinocultura	11
4.2.1. Produção Quantitativa	11
4.2.2. Potencial Poluidor	13
4.2.3. Legislação Ambiental.....	14
4.3. Sistemas Naturais de Tratamento de Águas Residuárias	16
4.3.1. Alagados Construídos (“Constructed Wetlands”).....	17
4.3.1.1. Alagados Construídos com Plantas Aquáticas Flutuantes.....	19
4.3.1.2. Alagados Construídos com Plantas Aquáticas Emergentes	20
4.3.1.3. Alagados Construídos com Plantas Aquáticas Fixas Submersas	22
4.3.1.4. Sistema de Alagados Construídos com Solos Filtrantes	23
4.3.1.5. Sistemas Combinados de Alagados Construídos.....	24
4.3.2. Lagoas de Estabilização.....	26
4.4. Custos de Produção	29
4.4.1. Custos Fixos na Suinocultura	30
4.4.1.1. Depreciação	30
4.4.1.2. Demais Custos Fixos	30
4.4.2. Custos Variáveis na Suinocultura.....	31
4.4.3. Custos dos Sistemas de Tratamentos de Águas Residuárias	31
4.4.4. Custo Total da Suinocultura com Sistemas de Tratamentos de Águas Residuárias	32
4.5. Modelos Aplicados às Análises de Risco.....	32

5	METODOLOGIA.....	34
5.1	Módulo I.....	36
5.1.1	Estimativa do Tamanho das Granjas de Suinocultura.....	36
5.1.2	Estimativa dos Manejos Aplicados aos Dejetos dos Suínos.....	36
5.1.3	Dimensionamento dos Sistemas Naturais de Tratamento de Água Residuária.....	36
5.1.3.1	Alagados Construídos.....	36
5.1.3.2	Lagoas de Estabilização.....	39
5.2	Módulo II.....	40
5.2.1	Custo de Implantação dos Sistemas.....	40
5.2.2	Custo de Implantação por Suíno.....	40
5.2.3	Custo de Anual do Sistema.....	41
5.2.4	Custo de Anual do Sistema por Quilograma de Carne.....	43
5.3	Módulo III.....	44
5.3.1	Receita Bruta do Sistema Produtivo.....	44
5.3.2	Custo Total de Produção.....	44
5.3.3	Receita Líquida do Sistema Produtivo.....	45
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
6.1	Área para Implantação dos Sistemas.....	46
6.2	Custo dos Sistemas Naturais de Tratamento de Água Residuária.....	47
7	CONCLUSÕES.....	58
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Produção Mundial de Carne Suína (em mil toneladas).	10
Tabela 2. Produção média diária de dejetos nas diferentes fases produtivas dos suínos.	12
Tabela 3. Equivalentes populacionais de várias espécies animais.	14
Tabela 4. Resumo das principais características dos diferentes sistemas de alagados construídos, para o tratamento de esgoto.....	25
Tabela 5. Resumo das principais características dos diferentes sistemas de lagoas de estabilização, para o tratamento de esgoto.	27
Tabela 6. Área necessária para implantação dos sistemas naturais de tratamento de dejetos para suinocultura.....	46
Tabela 7. Custo para implantação dos sistemas naturais de tratamento de dejetos para suinocultura.	48
Tabela 8. Custo para implantação dos sistemas naturais de tratamento de dejetos, por suíno..	50
Tabela 9. Custo anual do sistema de alagados construídos combinado e para lagoa facultativa, por propriedade e manejo.	52
Tabela 10. Custos anuais dos sistemas de tratamento de dejetos, por kg de carne suíno e porcentagem desse custo em relação ao custo total de produção.	54
Tabela 11. Variação da receita líquida obtida pelo produtor nas quatro hipóteses simuladas em função do preço mínimo do quilograma da carne de suíno de R\$ 2,44 (IEA, 2006).	55
Tabela 12. Variação da receita líquida obtida pelo produtor nas quatro hipóteses simuladas em função do preço modal do quilo da carne de suíno de R\$ 3,03 (IEA, 2006).....	55
Tabela 13. Variação da receita líquida obtida pelo produtor nas quatro hipóteses simuladas em função do preço máximo do quilograma da carne de suíno de R\$ 3,76 (IEA, 2006).	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Desenho esquemático de um sistema de alagados construídos utilizando plantas aquáticas flutuantes. Fonte: Salati (2000).	20
Figura 2. Desenho esquemático de um sistema de alagados construídos utilizando plantas emergentes com fluxo superficial. Fonte: Salati (2000).....	21
Figura 3. Desenho esquemático de um sistema de alagados construídos utilizando plantas emergentes com fluxo horizontal sub-superficial. Fonte: Salati (2000).....	21
Figura 4. Desenho esquemático de um sistema de alagados construídos utilizando plantas emergentes com fluxo vertical. Fonte: Salati (2000).....	22
Figura 5. Desenho esquemático de um sistema de alagados construídos com macrófitas fixa e submersas. Fonte: Salati (2000).	23
Figura 6. Desenho esquemático de um solo filtrante com fluxo descendente. Fonte: Salati (2000).	23
Figura 7. Desenho esquemático de um solo filtrante com fluxo ascendente. Fonte: Salati (2000).	24
Figura 8. Desenho esquemático de uma Lagoa Facultativa. Fonte: Von Sperling (1996).	28
Figura 9. Desenho esquemático de um sistema utilizando lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa. Fonte: Von Sperling (1996).	28
Figura 10. Desenho esquemático de uma lagoa aerada facultativa. Fonte: Von Sperling (1996).	28
Figura 11. Desenho esquemático de uma lagoa aerada de mistura completa seguida de uma lagoa de decantação. Fonte: Von Sperling (1996).....	29
Figura 12. Esquema da estruturação metodológica do trabalho.	35
Figura 13. Desenho esquemático do primeiro sistema de alagados construídos com plantas emergentes com fluxo vertical.....	38
Figura 14. Desenho esquemático do segundo sistema de alagados construídos com plantas emergentes com o fluxo horizontal.	38

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 - ORÇAMENTO DE ALAGADOS CONSTRUÍDOS – MODELO COMBINADO	68
ANEXO 2 - ORÇAMENTO DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO – LAGOA FACULTATIVA	76

1. RESUMO

O grande desenvolvimento obtido pela suinocultura brasileira deve-se, principalmente, à intensificação dos sistemas produtivos implicando em aumento da densidade, restrição de espaço, da movimentação, além da melhoria genética e nutricional. Animais com elevadas taxas de ganho de peso e eficiência alimentar são, cada vez mais, confinados e alimentados com dietas contendo maior densidade de nutrientes.

A adoção de sistemas confinados de produção tem trazido, entretanto, graves problemas operacionais como a concentração de dejetos e o considerável aumento do uso de água para limpeza das instalações.

Para solucionar tal problema é importante a utilização de técnicas simples e com baixo custo de instalação, como por exemplo, o sistema inovador de alagados construídos para o tratamento de águas residuárias provenientes da suinocultura. Por outro lado, há técnicas difundidas há bastante tempo, como exemplo, as lagoas de estabilização, pioneiras no Brasil.

A composição e o volume das águas residuárias oriundas da suinocultura têm relação direta com o manejo dos dejetos adotado. A adoção de sistemas de manejo de resíduos de forma mais racional evita a perda de água, permitindo uma produção ambiental mais justa com baixo custo.

Este trabalho teve por objetivo desenvolver uma análise econômica detalhada entre os sistemas de alagados construídos, tipo combinado e lagoas de estabilização, do modelo facultativa, em função de seis tamanhos de granjas de terminação e dois manejos aplicados nos dejetos (manejo úmido x manejo seco).

Os resultados mostraram que o sistema de alagados construído combinado, operando com manejo seco dos dejetos, foram as hipóteses que apresentaram os melhores índices econômicos, ou seja, os menores custos de implantação, anual, por suíno e por quilograma de carne produzida, além da menor recomendação de área.

Nas granjas de terminação que adotaram o manejo úmido dos dejetos, os menores custos de implantação, anual, por suíno e por quilograma de carne, foram encontrados nas alternativas que operavam com as lagoas facultativas, porém esta técnica necessita de maiores áreas para sua implantação.

Palavras-chave: Alagados construídos, lagoas de estabilização, suinocultura, suínos, análise econômica.

ECONOMICAL ANALISYS OF TWO NATURAL WASTE WATER TREATMENT SYSTEM FROM PIG BREEDING. Botucatu, 2006. XX p. Dissertacao (Mestrado em Agronomia / Energia na agricultura) Faculdade de Ciencias Agronomicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: SAMIR PAULO JASPER

Adviser: MARCO ANTONIO MARTIN BIAGGIONI

2. SUMMARY

The great Brazilian pig breeding development was done due to the intensification of productive systems with density increase, space restriction and movement, and also genetic and nutritional improvement. Animals with high weigh gain rate and feed efficiency are restricted and feed with high density nutrient diet.

However, a restricted production system has brought severe operational problems such as dregs concentration and an increase necessity to use water to keep the installations clean.

In order to solve this problem, is important to use simple techniques and low cost installations, for example the innovator system called combine wetlands, to treat the pig breeding waste water. On the other side, techniques used for a long time such as facultative pond was pioneer in Brazil.

The components and volume of waste dreg water from pig breeding have a direct relation with the adopted dreg management system. The adoption of a rational dreg management system avoids water waste allowing an environmental fair production with low production cost.

This work developed a detailed economical analysis between the constructed wetland system, model combine and stabilization pond, type facultative, in

Keywords: *constructed wetland, stabilization pond, pig breeding, swine, analysis economical.*

function of six pig end raising grange size and two dreg management systems (alternative x conventional).

The results showed the constructed wetlands working with dried dejects management system the hypothesis with best economic indexes, such as a lower implementation cost, annual cost, cost per animal and per kilogram of produced meat and also required the smaller recommended area.

At pig end raising granges with wet dejects management, lower implementation cost, annual cost, cost per animal and per kilogram of produced meat was found on stabilization ponds type facultative, however this technique requires big areas to be used.

3. INTRODUÇÃO

A suinocultura brasileira vem crescendo rapidamente nos últimos anos, porém aumentar a produção não é o suficiente. Essa expansão deve estar alicerçada na sanidade dos rebanhos, nas boas práticas de manufatura, na atualização tecnológica dos processos produtivos, enfim, nas etapas inerentes a segurança e na qualidade dos produtos suínos. Essas características serão essenciais para consolidação da suinocultura brasileira e nos permitirão atender com eficiência os mercados interno e externo.

No Brasil, o consumo interno é responsável pela demanda de 81,05% da carne suína produzida, enquanto 18,95% destinam-se à exportação. Hoje, o consumo *per capita* anual está em torno de 12,0 kg, quando a média do consumo *per capita* mundial é de 15,0 kg. Nos países mais desenvolvidos do mundo, principalmente da Europa, chega próximo a 70 kg por habitante por ano (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE SUÍNO – ABCS, 2006).

No curso da expansão das exportações, a estrutura produtiva do Brasil vem se modernizando de forma gradativa. À medida que esta estrutura se prepara para exportar ganham os consumidores nacionais, pois a segurança alimentar é a mesma. Em 2005 não foi diferente, as exportações continuaram a indicar o rumo da manutenção da qualidade do produto brasileiro. Esta qualidade aliada à política de comercial das empresas associadas garantiu que as exportações em 2005 atingissem 625 milhões de toneladas, consubstanciando

um crescimento de 23,1% sobre 2004. Estes volumes poderiam ter sido superiores. As dificuldades de negociação com os principais clientes no primeiro trimestre, o surgimento de febre aftosa e a greve dos Fiscais Federais foram os principais fatores que influíram, no último trimestre do ano, na quebra dos volumes exportados (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA – ABIPECS, 2006).

O grande desenvolvimento obtido pela suinocultura brasileira deve-se, principalmente, à intensificação dos sistemas produtivos com o aumento da densidade, restrição de espaço e movimentação, além da melhoria genética e nutricional. Animais com elevadas taxas de ganho de peso e eficiência alimentar são, cada vez mais, confinados e alimentados com dietas com maior densidade em nutrientes.

Tem-se verificado na suinocultura brasileira uma mudança para o caráter intensivo da produção primária, na busca de economias de escala e especialização da produção, procurando aumentar a competitividade da produção. Entretanto, esta estratégia vem provocando uma discussão acerca da questão ambiental e da sustentabilidade da produção da carne suína, causado pelo apreciável volume de dejetos produzido. A sustentabilidade da produção de suínos está no aproveitamento racional dos dejetos, seja pelo aspecto ambiental, seja pelo econômico, com relação à redução de custos do próprio suinocultor. Em alguns países Europeus, o problema dos dejetos suínos é tão grave que a única solução encontrada é a redução do plantel, devido à dificuldade do manejo ambiental destes dejetos.

Além disso, os produtores de carne suína são forçados pelos seus próprios consumidores a tratarem destes problemas ambientais, já que muitos vêm valorizando e preferindo consumir carne com o “selo verde”, este retratando um mecanismo de sustentabilidade ambiental.

A sustentabilidade, de acordo com a Comissão Mundial sobre o 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.

Torna-se importante, assim, o estudo de um sistema de produção de suínos que contemple, além do emprego de dietas alternativas com menor poder poluidor, sistemas de tratamentos de dejetos.

Dentre os sistemas de tratamento de dejetos suínos, mostra-se promissor o uso dos sistemas de alagados construídos, pois tanto na implantação como na manutenção, estes sistemas se sobressaem pela simplicidade conceitual, pela pouca mecanização, pela economia e por se tratarem de processos naturais. De acordo com Brix (1993), os sistemas de alagados construídos podem ser considerados filtros biológicos em que microorganismos aeróbios e anaeróbios são fixados à superfície do meio suporte nos quais as plantas estão estabelecidas ou fixadas com a rizosfera e outras partes submersas das plantas que são os principais responsáveis pelas reações de purificação da água.

Outro sistema de tratamento de dejetos que merece destaque são as lagoas de estabilização, que, além de constituir-se na forma mais simples para o tratamento de dejetos, também é uma alternativa de baixo custo, fácil implantação e relativa eficiência para redução dos impactos ambientais gerados por dejetos suínos.

Tendo em vista o estágio atual em que se encontra a suinocultura industrial brasileira, cuja intensificação da produção tem criado demandas importantes relacionadas à investigação dos diversos processos que compõem um sistema de produção, o presente trabalho teve por objetivo desenvolver uma análise econômica de um sistema de terminação de suínos, levando em consideração duas alternativas de tratamento adequado de dejetos: os sistemas de alagados construídos e as lagoas de estabilização. Por meio de simulação identificaram-se as melhores alternativas para o tratamento dos dejetos dos suínos, segundo seis tamanhos de granjas de terminação e dois manejos aplicados aos dejetos (manejo úmido x manejo seco).

4. REVISÃO DE LITERATURA

A preocupação com um modelo de desenvolvimento ligado às questões ambientais aparece muito recentemente na história da humanidade, e tem suas primeiras manifestações na década de 60 do século XX.

Na década de 1950 o desenvolvimento era considerado, para as sociedades capitalistas, sinônimo de crescimento econômico. Seu modelo de desenvolvimento era baseado nas idéias de Keynes, sendo que os níveis de poupança e investimento eram representados como força central do crescimento econômico.

Para Domar (1957), o crescimento econômico é determinado pela estrutura básica da sociedade. Tomando como base teórica, o modelo de H. Domar, na década de 50, Rostow (1961) formulou uma teoria de desenvolvimento econômico, publicada em 1961 que ficou conhecida como etapista e foi bastante importante durante os anos 60.

O elemento chave dessa teoria é a formação do capital. Segundo a proposta da teoria, para alcançar o desenvolvimento a sociedade deveria passar por cinco etapas consecutivas. O ponto de partida seria a sociedade tradicional; na segunda etapa seriam removidas as características da sociedade tradicional com mudanças econômicas e sociais. Tais mudanças removeriam os obstáculos para o desenvolvimento econômico, e a sociedade estaria apta para a decolagem (terceira fase). Nessa, haveria intensa industrialização e o investimento líquido e a poupança aumentariam. A quarta seria a fase da maturidade e a quinta a do consumo de massas, que seriam direcionados para os bens duráveis e para os serviços.

Rostow (1961), ao propor sua teoria, partiu da seqüência histórica observando as sociedades que são hoje países desenvolvidos da sociedade ocidental, tais como: Estados Unidos, Grã-Bretanha, França, Alemanha, dentre outros. Esses modelos de desenvolvimento propostos não tinham a questão ambiental em seu enfoque central. Para Domar (1957), uma teoria de crescimento econômico compreensiva poderia incluir o meio ambiente físico, além de outros aspectos a considerar como estrutura política, incentivos, métodos educacionais etc.

No final dos anos 60 e durante os anos 70 a emergência de movimentos ambientalistas trouxe uma crítica ao modelo de desenvolvimento econômico vigente, mostrando o conflito entre crescimento econômico e preservação dos recursos naturais.

A partir do evento da Revolução Industrial houve intensificação na exploração dos recursos naturais, tanto em relação às matérias-primas, quanto em relação aos recursos energéticos.

Os modelos de desenvolvimento adotados pelas sociedades capitalistas a partir da Revolução Industrial, enfocavam a natureza com seus frágeis e diversificados ecossistemas, como fonte de lucro, cuja exploração e transformação levariam ao progresso ou ao crescimento. Os modelos econômicos atuais são aqueles que podem ser quantificados; as dimensões qualitativas são excluídas destes modelos, mas elas são fundamentais "para o entendimento das dimensões ecológicas, sociais e psicológicas da atividade econômica" (CAPRA, 1982).

Diante de tal quadro, é proposto um desenvolvimento sustentável que não deve ser "um estado fixo de harmonia, mas sim um processo de mudança no qual a exploração de recursos, o gerenciamento dos investimentos, a orientação e as mudanças institucionais são compatíveis com o futuro, bem como com as necessidades do presente (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1991)".

4.1. Suinocultura e Seus Números

A carne suína é a principal fonte de proteína animal consumida no mundo, de acordo com os dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA)

citados pela Associação Brasileira da Indústria e Exportadora de Carne Suína (ABIECS, 2006).

No ano 2005 foram produzidos cerca de 91,71 milhões de toneladas de carne, sendo a China o maior produtor mundial, com uma produção 47,50 milhões de toneladas. O Brasil aparece como quarto produtor mundial de carne suína, sendo que a produção nacional cresceu 3,4% em 2005, atingindo pouco mais de 2,7 milhões de toneladas, ou seja, 29 milhões de toneladas a mais do que 2004 (Tabela 1).

Tabela 1. Produção Mundial de Carne Suína (em mil toneladas).

País	2000	2001	2002	2003	2004	2005
China	40.314	41.845	43.266	45.186	47.170	47.500
União Européia	20.717	20.427	20.938	21.243	21.001	21.108
Estados Unidos	8.596	8.691	8.929	9.056	9.332	9.512
Brasil	2.556	2.730	2.872	2.696	2.679	2.708
Canadá	1.640	1.731	1.854	1.882	1.900	1.935
Rússia	1.500	1.560	1.630	1.710	1.740	1.790
Japão	1.269	1.245	1.236	1.259	1.270	1.265
Filipinas	1.008	1.064	1.095	1.145	1.175	1.220
México	1.035	1.065	1.085	1.100	1.150	1.175
Coréia do Sul	1.004	1.077	1.153	1.149	1.100	1.170
Taiwan	921	962	935	893	895	895
Outros	1.805	1.681	1.765	1.776	1.540	1.409
TOTAL	82.365	84.078	86.758	89.097	90.952	91.711

Fonte: (USDA/ABIECS, 2006).

As exportações brasileiras de carne suína somaram US\$ 1,176 bilhão no ano de 2005, um avanço de 50,36% sobre 2004, quando foram exportados US\$ 740 milhões. Em volumes as vendas brasileiras para cerca de 70 países somaram 625,075 mil toneladas, 22,62% mais que em 2004. Em 2006, deve haver um crescimento menor em volume e receita, devido a suspensão de exportação de carne suína para Rússia, por conta do ressurgimento da aftosa no Brasil em outubro de 2005.

Com crescimento acelerado da exportação e o aumento da produtividade nos últimos anos, novas áreas têm sido incorporadas à produção industrial de suínos, principalmente as grandes áreas produtoras de grãos no cerrado, além do Estado de São Paulo.

O aumento de área de produção tende a aumentar a contaminação ambiental por dejetos suínos, uma vez que os perfis dos investidores em criação de suínos no Centro Oeste são de grandes empresas, com projetos de suinocultura intensiva, práticas de alta eficiência, rendimento e tecnologia, buscando aproveitar a grande disponibilidade de soja e milho na área (TAKITANE, 2001).

A suinocultura intensiva, em que pese os ganhos de produtividade e qualidade de produção, tem sido responsável por um grave quadro de contaminação ambiental que atinge diversos municípios na região Sul, além de, segundo Takitane (2001), excluir diversos pequenos suinocultores desta cadeia produtiva, devido ao não acompanhamento das inovações requeridas para o aumento da produtividade.

4.2. Dejetos Provenientes da Suinocultura

4.2.1. Produção Quantitativa

De acordo com Godinho (1995), o dejetos tem custo operacional relativamente elevado para sua remoção das instalações em geral, mas as técnicas de reciclagem do mesmo podem mudar esta situação criando uma renda adicional às criações de suínos, aves, etc.

O mesmo autor comenta que os dejetos de suínos na agricultura só eram utilizados incorporados ao solo, ou misturados com adubos químicos, ou puros na forma líquida, ou ainda curtido e seco na horticultura. Entretanto, já vem sendo empregado com excelentes resultados na geração de energia em biodigestores e na criação de minhocas, além de atuar na implantação do equilíbrio ambiental, promovendo assim melhoria do bem estar dos produtores. Isso, necessariamente, não requer técnicas caras, sendo assim acessíveis a todos os agricultores.

Nas criações brasileiras, toneladas de dejetos são desperdiçados: Estima-se que uma granja com mil suínos produza cerca de 2.000 kg de dejetos e de 4.000 a 5.000 litros de urina por dia (GODINHO, 1995).

Baseado em estimativas como a de Oliveira (1994) segundo qual, a produção nacional de suínos gera de 32 a 51 milhões de toneladas de dejetos ao ano, ou a argumentação de Konzen (1980) que os suínos nas fases de crescimento ou terminação produzem em média 7 litros de dejetos por dia, justifica-se assim a preocupação com o destino final de todo esse resíduo.

Conforme citação de Silva (1979), a diluição de resíduos utilizada numa suinocultura é variável de acordo com o tipo de instalação, disponibilidade de água e hábitos do criador. O consumo de água por suíno ao dia está entre 5 a 10 litros. O uso da água tem como finalidade diluir a concentração das fezes e urina produzidas recentemente e tratá-las como resíduo líquido. Esta diluição pode ocasionar dificuldade em tratar este resíduo, uma vez há um aumento no volume e pode representar dificuldades no tratamento.

A quantidade de água usada nas instalações, o tipo de alimento e a idade dos animais interferem na composição dos dejetos suínos. A Tabela 2 apresenta as variações das quantidades de dejetos líquidos produzidos nas diferentes fases do sistema de criação de suínos.

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

Categoria de Suínos	Esterco (kg/animal/dia)	Esterco + urina kg/animal/dia)	Dejetos Líquidos (l/animal/dia)
Suínos de 25-100 kg	2,30	4,90	7,00
Porcas em Gestação	3,60	11,00	16,00
Porcas em Lactação	6,40	18,00	27,00
Machos	3,00	6,00	9,00
Leitões Desmamados	0,35	0,95	1,40
Média	2,35	5,80	8,60

Fonte: Konzen (1980).

O consumo de água para a limpeza em sistema de produção de suínos é de 6 litros/porca/dia e 2 litros/animal/dia na terminação, segundo Sobestiansky et al (1981).

Esse consumo é considerado elevado, aumentando significativamente o volume de dejetos. Uma das soluções alternativas é a limpeza a seco e o uso de piso ripado, nesse caso a frequência da limpeza é mínima e o uso da água se faz necessário somente na saída dos animais.

4.2.2. Potencial Poluidor

A elevada quantidade de dejetos produzidos numa granja representa um alto risco poluidor ao local. Para minimizar este problema as granjas lançam os dejetos em riachos, rios ou lagos, promovendo assim a diluição dos mesmos. O lançamento de águas residuárias tratadas ou não necessita de uma demanda de oxigênio, resultando na diminuição de quantidade de oxigênio dissolvido (SILVA et al, 1979).

Os organismos patogênicos e a decomposição da matéria orgânica instável provocam a falta de oxigênio e, conseqüentemente, a morte dos peixes. Há também a presença de ácidos, óleos e outros materiais tóxicos que são responsáveis por tornarem a água imprópria para o consumo e à vida de seres aquáticos.

Os dejetos de suínos possuem elevadas concentrações de DBO, de sólidos em suspensão e de nutrientes (Nitrogênio e Fósforo), representando assim uma fonte alternativa de fertilização. Mas, também, é uma fonte de grande potencial poluidor quando não tratado ou manejado incorretamente. Este resíduo vem sendo apontado como uma das maiores fontes da poluição de mananciais e solos (CAVALCANTI, 1984).

Derisio (1992) argumenta que os excrementos de animais e fertilizantes, embora sejam fatores de importância quanto ao problema da poluição, são poucos considerados. O levantamento sanitário, relacionando excremento de animais, caracteriza-se, basicamente, na quantificação de sua carga poluidora, que é quase sempre realizada em termos de equivalente populacional (EP), Tabela 3.

Tabela 3. Equivalentes populacionais de várias espécies animais.

Origem de Dejetos	Equivalente Populacional (EP)
Homem	1,00
Vaca	16,40
Cavalo	11,30
Galinha	0,14
Ovelha	2,45
Suíno	3,00

Fonte: Derisio (1992).

Equivalente populacional ou população equivalente é uma unidade que indica a força poluidora de resíduos agroindustriais, em relação ao poder poluente de uma pessoa (DERISIO, 1992). Na Tabela 3 verifica-se que, a capacidade poluidora dos dejetos suínos, em termos comparativos, é muito superior em relação à espécie humana, sendo reforçado através dos dados apresentados por Sobestianky et al (1998), que afirma que a DBO₅ per capita de um suíno, com 85 kg de peso vivo, varia entre 189 a 208 g/animal/dia, enquanto que a doméstica é de apenas 45 a 75 g/habitante/dia.

A composição química e física dos dejetos de suínos está associada ao sistema de manejo adotado e aos aspectos nutricionais, apresentando assim grandes variações na concentração dos elementos componentes, além de depender também da diluição a qual foram submetidos.

Os problemas de poluição ocasionados pelos dejetos suínos podem ser evitados ou diminuídos com a utilização de sistemas de tratamentos eficientes e baratos. Atualmente, no Brasil apenas de 10 a 15% dos suinocultores possuem um sistema de tratamento ou de aproveitamento desses dejetos (OLIVEIRA, 1993).

4.2.3. Legislação Ambiental

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 (BRASIL, 1981):

- 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 estabelecidos.

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

A poluição por dejetos animais não tratados, lançados no solo e nos mananciais de água pode causar desequilíbrio ambientais, dificultando a vida do homem no 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 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 têm 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 as fiscalizações mais freqüentes. No caso da suinocultura industrial na região sul, com a terceirização da produção, torna-se difícil o controle das emissões de efluente, devido a 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).

A expansão da suinocultura industrial nas últimas três décadas, à medida que proporcionou ganhos de produtividade e renda posicionou o Brasil como um grande exportador, também fez com que o problema de gestão da produção de dejetos

impactasse de modo negativo o meio ambiente, promovendo desconforto e contaminação ambiental.

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 9.433/97), 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 incentivado a racionalização do uso deste recursos, reduzindo o impacto ambiental adverso surgido desta atividade econômica e direcionando o desenvolvimento da atividade para patamares de controle ambiental satisfatórios.

4.3. Sistemas Naturais de Tratamento de Águas Residuárias

O termo “sistemas naturais”, apesar de controverso, vem sendo utilizado por diversos pesquisadores e projetistas no mundo todo para designar processos de tratamento de águas residuárias que são considerados “não convencionais” e que tenham como principais componentes a força gravitacional, os microrganismos, as plantas e também algumas espécies de animais. Podem-se incluir bombas e tubulações, mas não há dependência exclusiva de fontes externas de energia para a realização do tratamento (REED et al., 1995).

Metcalf e Eddy (1991) classificam os sistemas naturais como aqueles que fazem uso dos processos físicos, químicos e biológicos, provenientes da interação entre água, solo, planta, microrganismo e a atmosfera, para realizar o tratamento da água residuária. Já Valentim (1999) afirma que os sistemas naturais de tratamento de águas residuárias são mecanismos que visam simular e aperfeiçoar o processo de depuração que ocorre na natureza.

Nestes sistemas, estão presentes muitos dos processos de remoção de poluentes que ocorrem nos sistemas convencionais como, por exemplo, a sedimentação, a filtração, a transferência de gases, a adsorção, a precipitação química e a degradação biológica, além de processos exclusivos como a fotossíntese, a fotoxidação e a assimilação de nutrientes

por parte das plantas. Entretanto, ao contrário dos sistemas convencionais, em que os processos ocorrem seqüencialmente e com taxas aceleradas em razão da utilização de energia elétrica, nos sistemas naturais estes processos tendem a ocorrer simultaneamente e com taxas mais lentas (METCALF E EDDY 1991).

Devido às suas características, os sistemas naturais de tratamento têm, em geral, um baixo custo de construção e operação associado a uma alta eficiência, o que atende a uma das recomendações da Agenda 21 (1996), segundo a qual, deve-se, sempre que possível, buscar meios tecnológicos e científicos de tratamento de resíduos a baixo custo.

Além disso, os sistemas naturais de tratamento, em geral, não necessitam de mão de obra especializada para sua operação e manutenção, o que se mostra como mais um aspecto positivo na utilização desta tecnologia, mais uma vez, de acordo com Agenda 21 (1996).

A operação e manutenção sustentadas de instalações destinadas à proteção dos recursos hídricos são alguns dos principais problemas de hoje e para o futuro. Neste contexto, considera-se que é de fundamental importância o desenvolvimento de sistemas de tratamento de águas servidas simples, baratos e de fácil construção e operação.

4.3.1. Alagados Construídos (“Constructed Wetlands”)

Desde os anos cinquenta, os “Alagados Construídos” vêm sendo utilizados para a purificação de águas em diferentes partes do mundo, devido às suas propriedades de remoção e retenção de nutrientes, processamento de matéria orgânica e resíduos químicos, além da redução das cargas de sedimentos descartados nos corpos receptores.

Preocupações ambientais com a insuficiente eficiência individual de sistemas sépticos, assim como os altos custos envolvidos na construção de sistemas concentrados de tratamento de dejetos, incitaram investigações sobre a possibilidade do uso de ecossistemas de áreas alagadas para este propósito (COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO

PAULO/FUNDAÇÃO BRASILEIRA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2000).

Segundo Marques (1999), os objetivos dos Sistemas de Alagados Construídos envolvem principalmente a otimização das propriedades relativas às funções de ciclagem de nutrientes, remoção de matéria orgânica, princípios ativos e metais e a elevação de pH do líquido efluente. Além disso, Mitsch e Gosselink (1994) constataram a redução do custo energético, já que se trata de sistemas que utilizam tanto energia solar como energia potencial interna para retro-alimentar o próprio sistema.

Estes sistemas utilizam plantas aquáticas em substratos de areia, pedregulho ou solo, sendo ação purificadora decorrente da: a) absorção de nutrientes (P e N) e metais pelas plantas, b) da adsorção de partículas pelas raízes, c) transferência de oxigênio para rizosfera proporcionando um ambiente oxidante próximo às raízes, c) criação de condições que promovem a precipitação e sedimentação de poluentes e d) pela rizosfera constituir um suporte para formação de biofilme que agrega uma diversificada população de microrganismos (BRIX, 1993).

Existem várias técnicas de sistemas de alagados construídos, que segundo Salati (2000), são utilizados conforme as características do efluente a ser tratado, da eficiência final desejada, do interesse da utilização da biomassa produzida e do interesse paisagístico, sendo que maior parte destes sistemas constituem-se de canais retangulares de tamanho variável e pouca profundidade.

De acordo com Companhia Energética de São Paulo/Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (2000), dentre as técnicas principais estão os alagados construídos de fluxo superficial, nas quais as águas poluídas fluem horizontalmente sobre o sedimento; e o sistema de áreas alagadas de infiltração, nas quais as águas poluídas fluem verticalmente por um sedimento altamente permeável, onde o efluente é coletado por drenos. Para estes tipos de sistemas, faz necessário o tratamento primário do afluente para a remoção de material grosseiro.

Brix (1993) elaborou uma síntese dos sistemas de alagados construídos, classificando em quatro tipos de sistemas que variam de acordo com o tipo de plantas utilizadas (flutuantes, emergentes, submersas ou sistemas combinados). Existe também

o sistema de Despoluição Hídrica dos Solos (Patente Pi 850.3030), projetado por Salati (1987). A seguir uma breve descrição destas técnicas.

4.3.1.1. Alagados Construídos com Plantas Aquáticas Flutuantes

Conforme Becatto (2004), este sistema consiste em canais rasos (aproximadamente 0,70 m de profundidade), geralmente longos e estreitos, que podem conter apenas uma espécie de macrófitas ou uma combinação de espécie. A espécie mais estudada, segundo a autora é a *Eichrnia crassipes* da família das pontederiaceas, também conhecida como aguapé, baroneza, mururé, pavoá, rainha do lago, uapé e uapê.

Salati (2000) afirma que esta planta vem recebendo muita atenção pelas suas características de robustez associada a uma grande capacidade de crescimento vegetativo, além da resistência a águas altamente poluídas com grandes variações de nutrientes, pH, substância tóxica, metais pesados e variações de temperatura.

De acordo com Brix (1993), alguns projetos que utilizam esta técnica envolvem áreas com superfície livre de água para que o oxigênio atmosférico seja difundido no meio líquido e para que possa ocorrer a produção de oxigênio pelas algas, semelhantes a alguns processos que ocorrem em lagoas de estabilização. A maior parte dos sólidos em suspensão é removida por sedimentação ou por adsorção do sistema radicular das plantas, sendo que o restante pode ser acumulado na superfície do sedimento (DEBUSK et al, 1989).

Para Brix (1993), sistemas que utilizam aguapé apresentam bastante sucesso em regiões tropicais e subtropicais, já que sua produtividade é seriamente afetada por temperaturas abaixo de 10°C. A eficiência do sistema na remoção de matéria orgânica e estabelecimento para nitrificação são decorrentes da capacidade de transporte de oxigênio das folhas para as raízes e do extenso material suporte proporcionado por estas últimas para os microrganismos decompositores. A Figura 1 apresenta o esquema de um alagado construído com plantas aquáticas flutuantes.

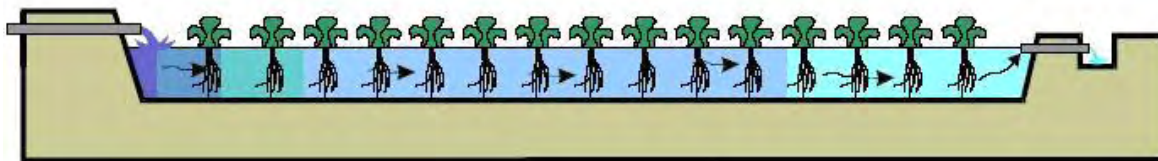


Figura 1. Desenho esquemático de um sistema de alagados construídos utilizando plantas aquáticas flutuantes. Fonte: Salati (2000).

4.3.1.2. Alagados Construídos com Plantas Aquáticas Emergentes

Nesta técnica, são utilizadas plantas que possuem o sistema radicular preso ao sedimento, e o caule e as folhas parcialmente submersos. As espécies típicas de macrófitas aquáticas emergentes são conhecidas popularmente como juncos, e caracterizam-se como plantas herbáceas de diversas famílias. Segundo Salati (2000), as espécies mais utilizadas em alagados construídos são a *Phragmites australis*, a *Typha latifolia* e a *Scirpus lacustris*, sendo que todas são capazes de se adaptar em ambientes de sedimentos inundados devido aos grandes volumes de espaço interno que apresentam, capazes de transportar oxigênio para o sistema radicular (ARMSTRONG et al, 1991).

Reed et al (1988) e Brix (1993) afirmam que parte deste oxigênio pode sair do sistema radicular para a área em torno da rizosfera, criando condições de oxidação para os sedimentos geralmente anaeróbicos, além de proporcionar a decomposição de matéria orgânica por processos aeróbicos, e promover um ambiente propício ao crescimento de bactérias nitrificantes. A profunda penetração das raízes no sedimento, dependendo da espécie, permite uma considerável exploração do mesmo, já que estas plantas podem se desenvolver em situações nas qual o nível de lençol freático situa-se a 50 centímetros abaixo do nível do solo ou em situações nas qual o nível de água esta 150 centímetros acima do nível do solo. Conforme Brix (1993) e Salati (2000), está técnica com macrófitas aquáticas emergentes pode se desenvolver através de três formas, apresentadas a seguir:

a) Macrófitas Emergentes com fluxo superficial

Trata-se de um dos mais antigos sistemas de alagados construídos, com mais de 30 anos de operação na Holanda (Greiner e De Jong, 1984). De acordo com Brix

(1994) e Salati (2000), um projeto deste envolve um canal com 3 a 5 metros de largura e 100 metros de comprimento, no qual no substrato é cultivado com plantas típicas de alagados, mantendo-se uma lâmina de água de 10 a 40 centímetros sobre a superfície do solo. A purificação da água ocorre por diversos mecanismos de ação de microrganismos que se fixam na superfície do solo e na parte submersa do caule das plantas. Eventualmente - se faz a impermeabilização do canal para evitar contaminação de aquíferos. A Figura 2 ilustra um desenho esquemático deste tipo de sistema.

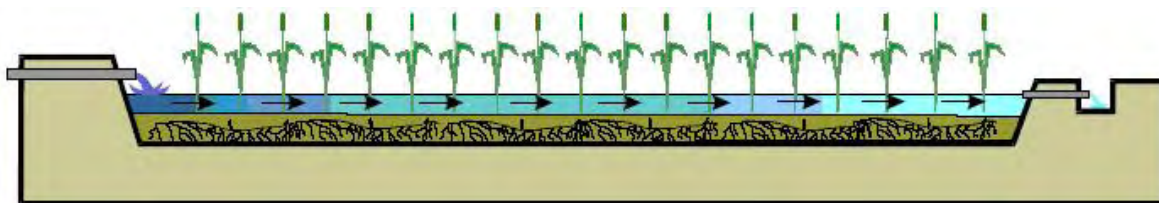


Figura 2. Desenho esquemático de um sistema de alagados construídos utilizando plantas emergentes com fluxo superficial. Fonte: Salati (2000).

b) Macrófitas Emergentes com Fluxo Horizontal Sub-Superficial

Este método envolve um canal longo, estreito e impermeabilizado diferenciando-se do sistema anterior pelo fato das plantas serem cultivadas sobre uma camada de pedrisco, na qual o efluente a ser purificado é conduzido através de um fluxo horizontal. De acordo com Brix (1994), centenas de sistemas deste tipo foram construídos e estão em operação nos Estados Unidos da América e Europa. Para Brix (1993), conforme o efluente passa pela zona de raízes, a matéria orgânica é decomposta pelos microrganismos, o nitrogênio pode ser nitrificado, e o fósforo e os metais pesados se fixam nos sedimentos. A Figura 3 ilustra um desenho esquemático deste tipo de sistema.

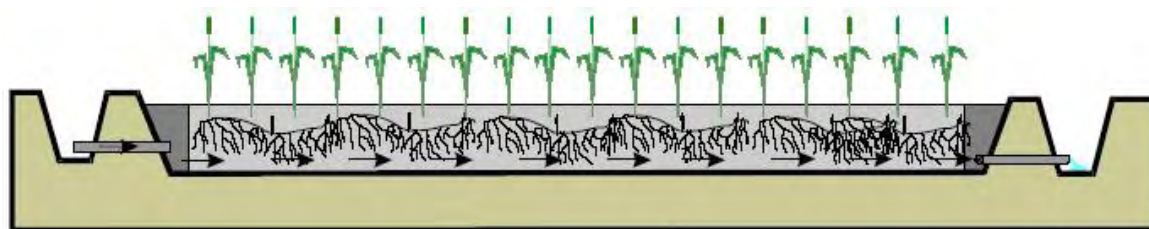


Figura 3. Desenho esquemático de um sistema de alagados construídos utilizando plantas emergentes com fluxo horizontal sub-superficial. Fonte: Salati (2000).

c) Macrófitas Emergentes com Fluxo Vertical

Este sistema apresenta um desenho variável, embora geralmente sejam utilizados canais longos com pouca profundidade. O mecanismo de distribuição do afluente assemelha-se em alguns aspectos com valas de filtração já que o mesmo é lançado sobre uma camada de solo ou areia, onde transpassa através de um fluxo vertical, sendo o efluente tratado coletado por drenos localizados na porção inferior dos sistemas. Conforme Nogueira (2003), estes sistemas têm sido considerados o “estado da arte” dentro das técnicas de alagados construídos, devido a sua alta capacidade de purificação relacionada à redução de carga orgânica e ao favorecimento dos processos de nitrificação. A Figura 4 ilustra um desenho esquemático de um canal com plantas aquáticas emergentes e fluxo vertical.

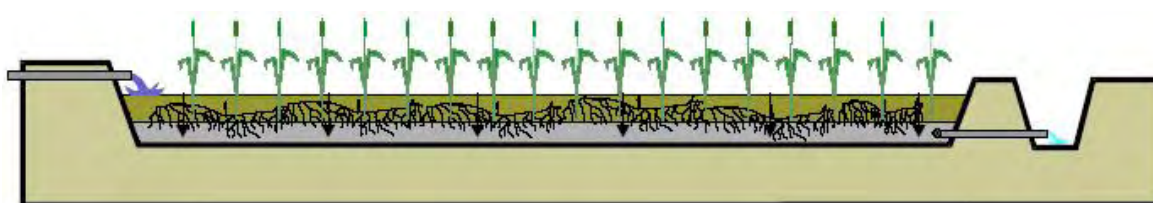


Figura 4. Desenho esquemático de um sistema de alagados construídos utilizando plantas emergentes com fluxo vertical. Fonte: Salati (2000).

4.3.1.3. Alagados Construídos com Plantas Aquáticas Fixas Submersas

Este método envolve canais longos e estreitos com profundidade variável nos quais são cultivadas plantas aquáticas submersas que apresentam adaptações fisiológicas e anatômicas para estas condições. As macrófitas são cultivadas em um substrato com solo especial. A lamina de água varia em torno de 1 metro. Segundo Esteves (1988), a produtividade primária líquida destas plantas é geralmente baixa devido a alta relação volume peso seco, ao baixo desenvolvimento radicular e a disponibilidade de radiação solar em menor grau. A Figura 5 apresenta um desenho esquemático de alagados construídos com macrófitas submersas.

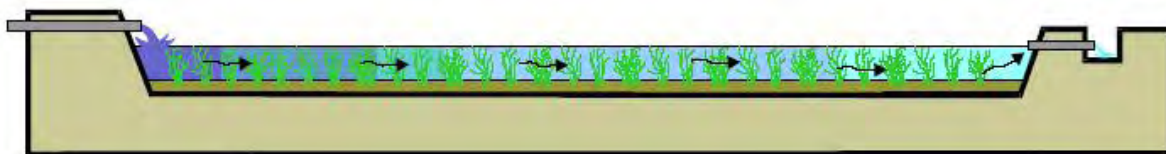


Figura 5. Desenho esquemático de um sistema de alagados construídos com macrófitas fixa e submersas. Fonte: Salati (2000).

4.3.1.4. Sistema de Alagados Construídos com Solos Filtrantes

Este sistema de tratamento através de solos filtrantes é denominado DHS (Despoluição Hídrica com Solos – Patente PI 850.3030) e foi projetado por Salati (1987). Trata-se de uma técnica onde o processo de tratamento se dá através de ações físico-químicas, biológicas e mecânicas proporcionadas por este tipo de solo, que é formado por camadas superpostas de britas, pedriscos e solo cultivado com arroz (*Oriza sativa*) – uma macrófita aquática. Segundo Salati et al (1996), os sistemas com solos filtrantes, dependendo da qualidade do efluente a ser tratado, podem funcionar com fluxo descendente ou ascendente conforme ilustram as Figuras 6 e 7.

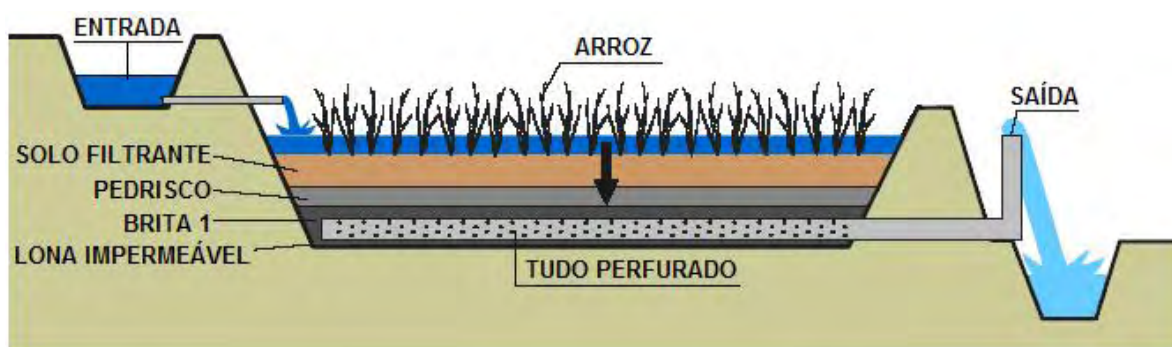


Figura 6. Desenho esquemático de um solo filtrante com fluxo descendente. Fonte: Salati (2000).

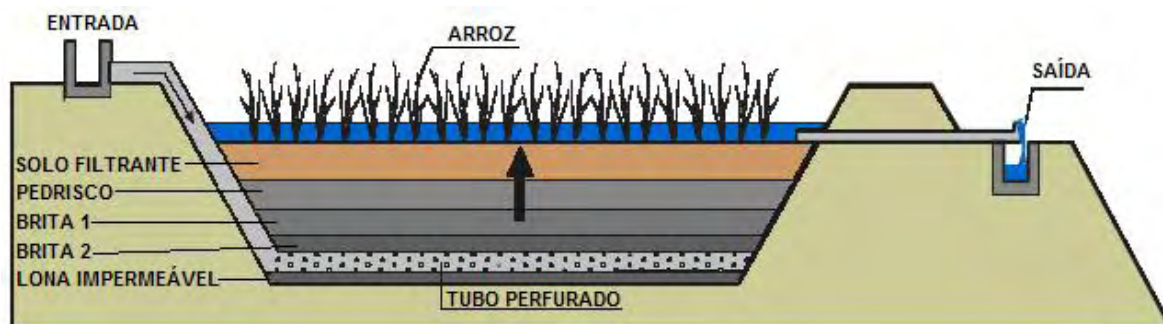


Figura 7. Desenho esquemático de um solo filtrante com fluxo ascendente. Fonte: Salati (2000).

4.3.1.5. Sistemas Combinados de Alagados Construídos

Conforme Brix (1993), projetos que utilizam a combinação das diferentes técnicas de alagados construídos anteriormente descritas permitem a intensificação da performance dos sistemas e do dimensionamento dos mesmos, de acordo com as condições locais e especificações requeridas. Segundo Salati (2000), a combinação destes métodos depende do problema a ser resolvido, da qualidade do efluente a ser tratado, da eficiência final desejada na remoção de poluentes e contaminantes, da área disponível, do interesse da utilização da biomassa produzida e do interesse paisagístico. A Tabela 4 apresenta as principais características dos diferentes sistemas de alagados construídos.

Tabela 4. Resumo das principais características dos diferentes sistemas de alagados construídos, para o tratamento de esgoto.

Sistemas de Tratamento	Eficiência de Remoção (%)				Requisito	Custo de Implantação	Grau de Operação
	DBO	N	P	Colif Totais	Área (m ² hab ⁻¹)	(U\$ hab ⁻¹)	
Alagados Construídos com Plantas Flutuantes	50 - 80	60 - 90	70 - 90	80 - 96	0,4 - 1,0*	1 - 5	Simple
Alagados Construídos com Plantas Emergentes – Fluxo Superficial	50 - 95	40 - 70	30 - 90	> 90	*	*	Simple
Alagados Construídos com Plantas Emergentes – Fluxo Horizontal Sub-Superficial	40 - 90	40 - 70	30 - 70	80 - 90	*	*	Simple
Alagados Construídos com Plantas Emergentes – Fluxo Vertical Sub-Superficial	30 - 60	25 - 60	23 - 98	40 - 70	0,6 - 1,0	1 - 5 **	Simple
Alagados Construídos com Plantas Fixas Submersas	*	*	*	*	*	*	Simple
Sistemas DHS com solos filtrantes	40 - 60	30 - 80	30 - 80	> 90	0,3 - 1,0 **	5 - 10 **	Simple
Sistemas Combinados de Alagados Construídos	50 - 98	30 - 98	20 - 99	> 99	0,7 - 2,0	15 - 25 **	Simple

Fontes: adaptado de Beccato (2004), pág 73-75.

* Não há informações.

** Com base em dimensionamento de anteprojeto para 265 pessoas.

4.3.2. Lagoas de Estabilização

As lagoas de estabilização foram descobertas acidentalmente em 1901 após a construção de uma lagoa de armazenamento de esgotos em San Antônio, no estado de Texas (EUA), no qual se verificou que os efluentes possuíam melhor qualidade que os afluentes (SILVA E MARA, 1979).

A primeira instalação na América do Norte projetada para o tratamento de esgotos foi em Maddok, Dakota do Norte, em 1948. Nesta mesma época eram realizadas pesquisas sobre a depuração dos esgotos nas lagoas de estabilização na Austrália, onde surgiram as primeiras lagoas em serie, conhecidas até hoje como “Lagoas Australianas”.

No Brasil, a primeira lagoa de estabilização foi construída em São José dos Campos, SP, por volta de 1960. Desde então, muitas lagoas para o tratamento de esgotos, tanto urbano como rural, têm sido construídas no território nacional, assim como muitas pesquisas sobre os processos de tratamento nesses sistemas têm sido desenvolvidas.

Em literatura especializada encontram-se vários conceitos para as lagoas de estabilização: “... sistema de tratamento biológico em que a estabilização da matéria orgânica é realizada pela oxidação bacteriológica (oxidação aeróbia ou fermentação anaeróbia) e/ou redução fotossintética das algas” (PESSÔA e JORDÃO, 1982). Von Sperling (1996), assim como outros autores, incluem as lagoas aeradas mecanicamente entre as lagoas de estabilização e as define como: “... a forma mais simples para o tratamento de dejetos. Há diversas variantes dos sistemas de lagoas de estabilização, com diferentes níveis de simplicidade operacional e requisitos de área”.

O tratamento de dejetos nas lagoas de estabilização ocorre naturalmente por meio de processos físicos, biológicos e bioquímicos regulados por fatores ambientais, especialmente a temperatura e a intensidade de luz solar.

De acordo com Von Sperling (1996), as lagoas de estabilização são bastante indicadas para as condições brasileiras, devido aos seguintes aspectos:

- Suficiente disponibilidade de área em grande número de localidades;
- Clima favorável (temperatura e insolação elevada);

- Operação simples;
- Necessidade de poucos ou de nenhum equipamento.

Outra importante vantagem das lagoas de estabilização em relação aos métodos convencionais de tratamento de dejetos é a baixa produção de lodo. Obviamente para isso ocorrer há necessidade de adequada operação e manutenção das unidades, incluindo as que compõem o tratamento preliminar.

As desvantagens das lagoas de estabilização referem-se ao requerimento de extensas áreas para implantação dos sistemas, a possibilidade de geração de maus odores decorrentes da liberação de gases durante a digestão anaeróbia, as elevadas concentrações de nutrientes e sólidos em suspensão nos efluentes das lagoas facultativas.

Existe uma imensa variedade de tipos e arranjos de lagoas de estabilização, proporcionando diferentes níveis de tratamento, sendo os mais comumente citados em literatura: as lagoas facultativas, lagoas anaeróbia-facultativa, lagoas aeradas facultativas e lagoas aeradas de mistura completa. A Tabela 5 apresenta as principais características desses sistemas.

Tabela 5. Resumo das principais características dos diferentes sistemas de lagoas de estabilização, para o tratamento de esgoto.

Item Geral	Item Específico	Sistema de Lagoas			
		Facultativa	Anaeróbica - Facultativa	Aerada Facultativa	Aerada de Mistura Completa
Eficiência	DBO (%)	70 – 85	70 – 90	70 – 90	70 – 90
	Nitrogênio (%)	30 – 50	30 – 50	30 – 50	30 – 50
	Fósforo (%)	20 – 60	20 – 60	20 – 60	20 – 60
	Coliformes Totais (%)	60 – 99	60 – 99,9	60 – 96	60 – 99
Requisitos	Área (m ² hab ⁻¹)	2,0 – 5,0	1,5 – 3,5	0,3 – 0,6	0,2 – 0,5
	Potência (W hab ⁻¹)	0	0	1,0 – 1,7	1,0 – 1,7
Custos	Implantação (US\$ hab ⁻¹)	10 – 30	10 – 25	10 – 25	10 – 25

Fontes: Von Sperling (1996), pág 12.

As Figuras 8, 9, 10 e 11 ilustram, respectivamente, desenhos esquemáticos de sistemas de tratamento através de lagoa facultativa, anaeróbia, aerada facultativa e aerada de mistura completa seguida de uma lagoa de decantação.

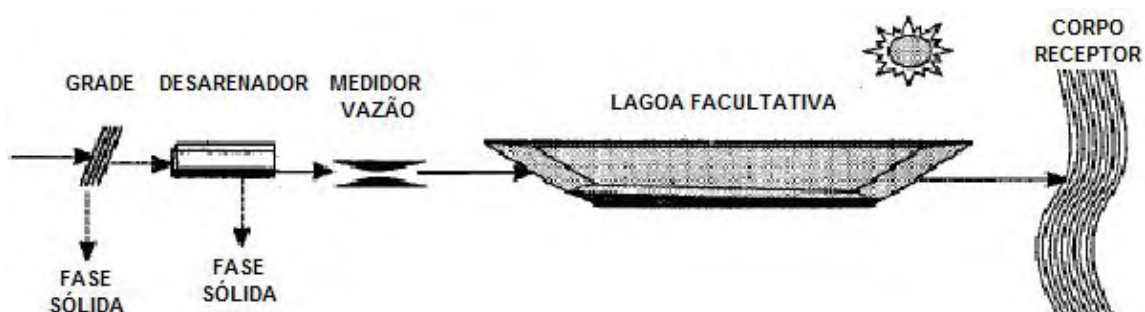


Figura 8. Desenho esquemático de uma Lagoa Facultativa. Fonte: Von Sperling (1996).

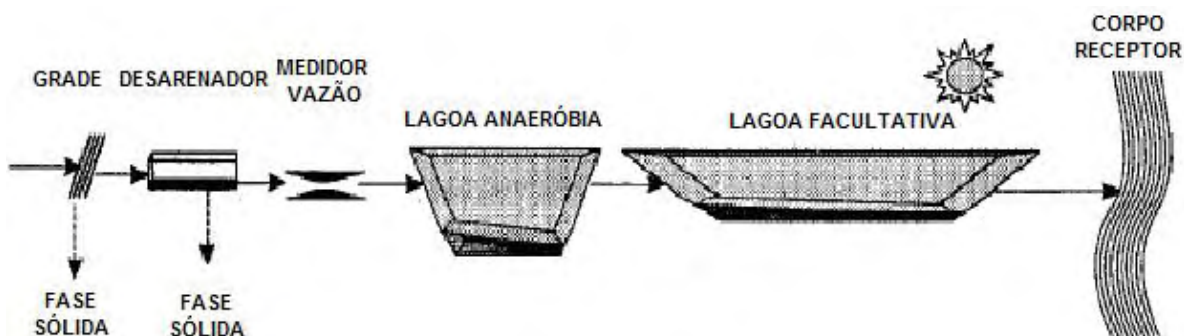


Figura 9. Desenho esquemático de um sistema utilizando lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa. Fonte: Von Sperling (1996).

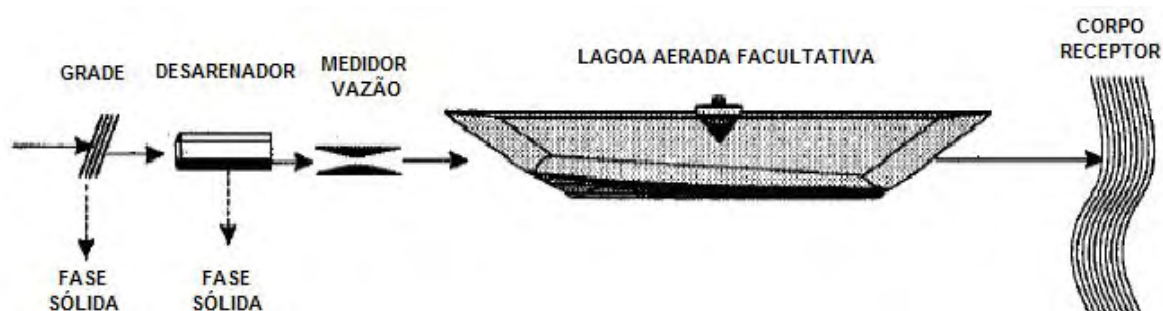


Figura 10. Desenho esquemático de uma lagoa aerada facultativa. Fonte: Von Sperling (1996).



Figura 11. Desenho esquemático de uma lagoa aerada de mistura completa seguida de uma lagoa de decantação. Fonte: Von Sperling (1996).

4.4. Custos de Produção

A expressão custo possui vários significados sendo que, para fins de análise econômica, Hoffmann et al. (1978) definem que custo significa a compensação que os donos dos fatores, utilizados por uma firma para produzir determinado bem, devem receber para que eles continuem fornecendo esses fatores à mesma. O mesmo autor comenta que os custos podem ser classificados como fixos e variáveis. São fixos, os custos que não variam com as quantidades produzidas, e variáveis, os custos que se alteram de acordo com o nível de produção da empresa.

Turra (1990), analisando os métodos e critérios de cálculos de custos em 33 estudos de custos de produção, identificou três estruturas distintas de cálculos nos trabalhos analisados: custo total, custo operacional e custo variável. A estrutura do custo total foi o mais utilizado nos diferentes estudos, perfazendo um total de 87,88%.

O mesmo autor comenta, ainda, que a planilha de custos obtida com a aplicação de teoria de investimento em bens de produção inclui os ativos fixos e variáveis, podendo ser considerada como custo total de produção anual. No entanto, quando se comparam os valores de custos de produção obtidos aplicando-se a teoria de investimento com os dados obtidos pelo método convencional (custo total), encontram-se diferenças. As distorções verificadas, geralmente, não chegam a ser significativas e devem-se, basicamente, ao uso de metodologias diferentes. O autor ressalta o fato do uso da teoria de investimento em bens de produção estar restrita, praticamente, aos estudos elaborados por agentes econômicos ligados ao ensino e pesquisa.

4.4.1. Custos Fixos na Suinocultura

Custos fixos são aqueles que não estão ligados às decisões de curto prazo sobre a produção a ser realizada, são também chamados de custos inevitáveis, já que o agricultor arca com os mesmos executando, ou não, o processo produtivo (FILHO E GONZAGA, 1991). De acordo com os dados da Embrapa Suínos e Aves (2006), os custos fixos da suinocultura são constituídos, principalmente, pela depreciação das instalações e remuneração do capital neles investido. Turra (1990), trabalhando com uma análise de diferentes métodos de cálculos de custos de produção na agricultura brasileira, afirma que podem ser considerados custos fixos a depreciação, a mão-de-obra fixa, os seguros, taxas, impostos e os juros sobre os fatores fixos de produção como, capital investido em terras e em outros ativos fixos.

4.4.1.1. Depreciação

A depreciação é o custo necessário para substituir os bens de capital de longa duração, quando estes se tornam inutilizáveis em decorrência do desgaste físico e perdem valor com o passar dos anos devido às inovações tecnológicas e, ou, a capacidade de gerar receitas (HOFFMANN et al, 1978; FRIZZONE, 1999).

Conforme Francisco (1991), o cálculo da depreciação pode ser realizado por intermédios de uma série de métodos, que são denominados em Linear, Taxa Constante, Taxas Variáveis e Anuidades. Frizzone (1999) comenta que, de modo geral, os métodos de cálculo de depreciação podem ser agrupados em duas categorias. Uma que não considera a variação do valor do dinheiro com o tempo (método de depreciação linear) e outra que considera a existência de uma taxa de juros (métodos da anuidade).

4.4.1.2. Demais Custos Fixos

Para remuneração do capital investido, a taxa de juros a considerar varia de caso para caso, de acordo com o que se passa no respectivo mercado financeiro. Para determinação do valor de seguro, taxas e impostos, é possível utilizar os procedimentos

constantes nas normas tributárias (TURRA, 1990). Os encargos pertinentes aos seguros e às taxas, geralmente, são reduzidos quando comparados a outras despesas. Assim, verificou-se que em algumas situações eles são considerados, em outras não (TURRA, 1990; FILHO E GONZAGA, 1991; MELO, 1993; BRASIL, 1996).

4.4.2. Custos Variáveis na Suinocultura

Dentre os diversos itens que compõem os custos variáveis de produção de suínos, a nutrição com valores sempre superiores a 70%, é o de maior peso. A nutrição, portanto, é um item que requer atenção particularizada. Segundo Turra (1990), em seu trabalho de análise de custos de produção na agricultura brasileira, dispõe que podem ser considerados como variáveis as despesas com equipamentos (energia e manutenção), implementos, animais de trabalho, manutenção de benfeitorias, mão-de-obra temporária, insumos, transportes externos, vacinas, suplementação mineral, assistência técnica, custos financeiros e despesas gerais.

4.4.3. Custos dos Sistemas de Tratamentos de Águas Residuárias

Os sistemas de tratamentos de águas residuárias não visam em aumentar a produtividade do lote da suinocultura, tendo como principal função reduzir os níveis de impactos ambientais gerado por esta atividade, garantindo, assim, a permanência deste setor.

Sendo este tema atual, têm-se poucas informações sobre os custos de instalação dos sistemas naturais de tratamentos de águas residuárias, mas, como descrito anteriormente, são sistemas de simples condução, sendo, provavelmente, os custos fixos os mais onerosos no setor produtivo da suinocultura.

4.4.4. Custo Total da Suinocultura com Sistemas de Tratamentos de Águas Residuárias

Os critérios econômicos para avaliar se há viabilidade ou não do sistema de tratamento de águas residuárias na suinocultura em uma determinada região ainda são muito vagos. Alguns autores (SEGANFREDO E GIROTTI, 2004; KUNZ et al., 2005) recomendam a adoção do sistema de tratamento de águas residuárias levando em consideração apenas os custos de implantação, desconsiderando os custos com a suinocultura ao longo de uma série de anos. Por outro lado, são poucas as informações disponíveis sobre os aspectos econômicos do sistema de tratamento de águas residuárias, conforme analisado no trabalho destes próprios autores, que tiveram muitas dificuldades para realizar uma análise desta natureza para as condições de Santa Catarina, com os mais diversos sistemas de tratamentos de águas residuárias.

Os estudos encontrados na literatura, tratando do custo total da suinocultura com sistema de tratamento de água residuária e sua viabilidade, são pouquíssimos. A maioria dos poucos trabalhos encontrados são incompletos, por não considerarem todos os custos envolvidos na atividade ao longo de sua vida útil, além de não incorporarem os riscos em suas análises.

4.5. Modelos Aplicados às Análises de Risco

Sob condições de incerteza em uma análise de investimento, Casarotto Filho e Kopittke (1996) observaram que existe basicamente três alternativas para a solução dos problemas: uso de regras de decisão à matrizes de decisões; análise de sensibilidade, quando se dispõe de qualquer informação sobre a distribuição de probabilidade; e simulação, quando se dispõe de algumas informações para que ela possa transformar a incerteza em risco. Segundo Frizzone (1999), a técnica de sensibilidade é um tratamento essencialmente prático, enquanto a simulação faz um tratamento mais sofisticado de uma análise de investimento.

A técnica de simulação pode ser empregada em estudos de análise de risco para a avaliação de investimentos em projetos e de custo de produção (AZEVEDO FILHO, 1988; BRUNELLI, 1990; TAKITANE, 1988; PERES E MATTOS, 1990). As

simulações podem ser realizadas através de um modelo determinístico, onde o resultado ocorre em função apenas dos parâmetros de entrada. Elas podem ser realizadas, também, através de modelo estocástico, onde as variáveis aleatórias são introduzidas a cada simulação, fornecendo resultados diferentes (ASSIS et al. 1996; SOUZA, 1999). A simulação de dados por meio de modelo estocástico permite a realização de diferentes combinações de cálculo que probabilisticamente podem ocorrer, obtendo-se como resultado, não apenas um valor, mas sim, uma distribuição de frequência (FRIZZONE, 1999).

O objetivo principal em se adotar a técnica da simulação está em obter uma representação realista da resposta de um sistema, sendo essencial fazer as seguintes verificações para cada componente: primeiro – verificar se o componente analisado ocorre de forma determinística ou estocástica; segundo – se sua ocorrência for aleatória, verificar se ele é importante na composição do sistema; terceiro – se ele for aleatório é importante estabelecer uma função de distribuição de probabilidade $f(x)$ que representa a sua ocorrência dentro do sistema.

Para verificar se uma função de distribuição, previamente escolhida, ajusta-se bem ou não aos dados observados de uma variável em estudo, é necessária a realização de um teste estatístico de aderência, considerando-se para isso, certo nível de significância do ajuste. Assis et al. (1996) comentam que os testes de Qui-quadrado e Kolmogorov-Smirnov são os testes estatísticos mais utilizados para estabelecer uma determinada distribuição de probabilidade específica, conhecida, está ou não se ajustando bem a um conjunto de dados com distribuição de probabilidade desconhecida. Alguns autores como Campos (1979) e Souza (1999), preferiram utilizar o teste de Kolmogorov-Smirnov em suas análises por entenderem que ele apresenta algumas vantagens em relação ao teste Qui-quadrado, como a possibilidade de ser aplicado sem restrições em pequenas amostras, e não perderem informações devido ao agrupamento de dados.

5 METODOLOGIA

Para facilitar a compreensão da metodologia utilizada no trabalho, apresenta-se, primeiramente, um esquema gráfico da mesma, esta sendo dividida em módulos para facilitar o entendimento das fases envolvidas no trabalho, que são descritas a seguir:

- I. Determinação do tamanho das granjas de terminação e do manejo aplicados aos dejetos dos suínos. Análise das informações da recomendação de área dos sistemas de alagados construídos e da lagoa de estabilização.
- II. Após determinação da área necessária para implantação de cada sistema de tratamento em razão dos tamanhos das granjas e dos manejos aplicados aos dejetos, definiu-se o custo de implantação dos mesmos, posteriormente o custo por suíno e custo anual do sistema, este também sendo determinado por quilograma de carne produzida.
- III. Estabelecido o custo dos sistemas de tratamento por quilograma de carne produzida, calculou-se a receita líquida dos mesmos.

A seguir na Figura 12 apresenta-se o esquema gráfico da metodologia utilizado no trabalho, contendo os três módulos descritos anteriormente com maiores detalhes.

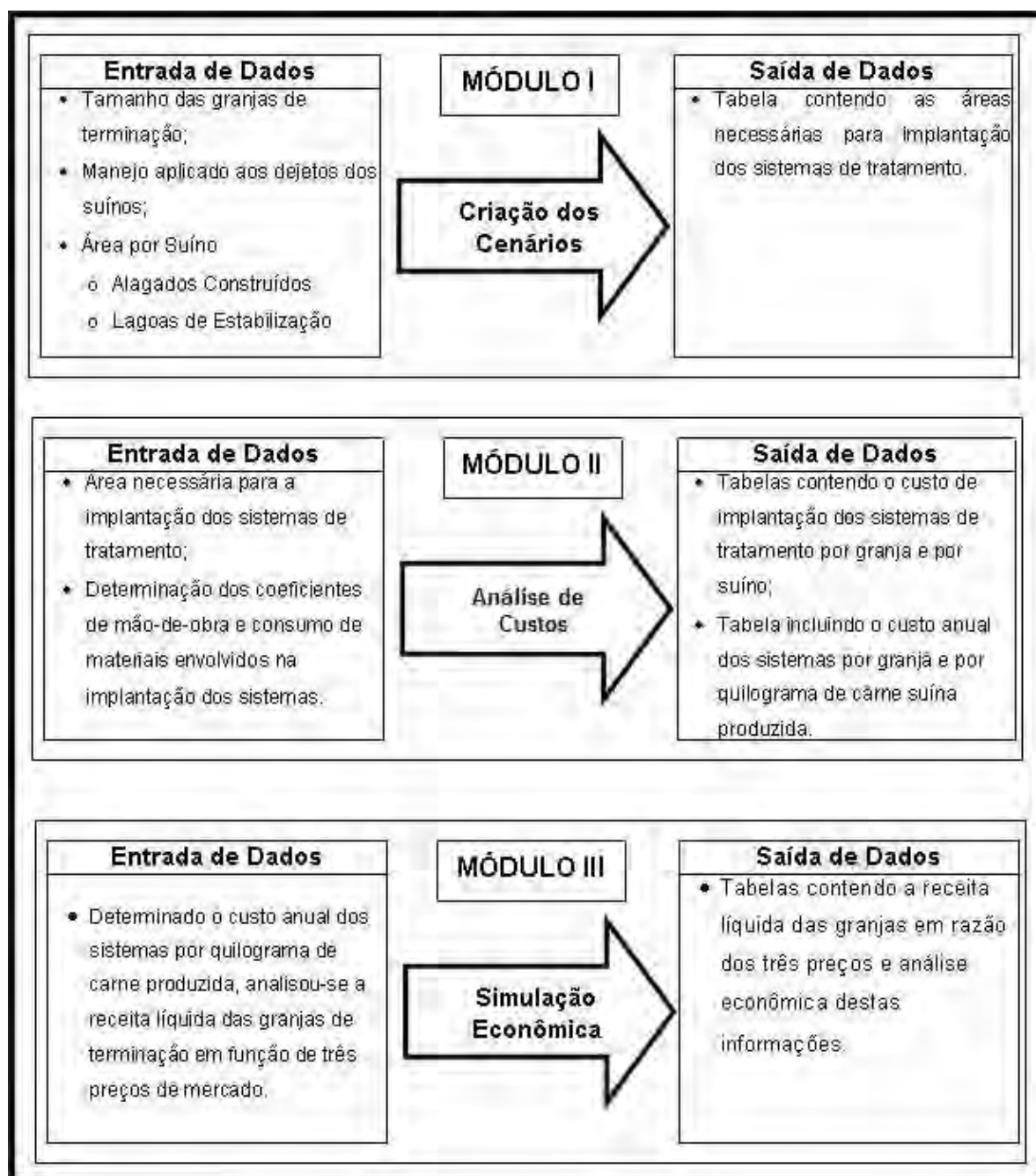


Figura 12. Esquema da estruturação metodológica do trabalho.

5.1 Módulo I

5.1.1 Estimativa do Tamanho das Granjas de Suinocultura

O tamanho das granjas de terminação de suínos é variável, dependendo da região, da disponibilidade de insumos para fabricação de ração (principalmente milho) e da oferta de mão-de-obra especializada para o serviço. Para abranger todos esses fatores, no estado de São Paulo, adotaram-se granjas entre 100 e 1000 animais, com intervalos de 200 suínos (Início do intervalo em zero).

5.1.2 Estimativa dos Manejos Aplicados aos Dejetos dos Suínos

A composição e a quantidade de resíduos produzidos numa granja de suinocultura têm relação direta com o manejo aplicado nos dejetos. Para contemplar tal problema adotaram-se dois manejos: manejo seco (menor recomendação de área) e manejo úmido (maior recomendação área). O manejo seco pressupõe a retirada da parte sólida dos dejetos (raspagem) antes da lavagem da granja; já no manejo úmido, a parte sólida não é retirada separadamente.

5.1.3 Dimensionamento dos Sistemas Naturais de Tratamento de Água Residuária

5.1.3.1 Alagados Construídos

O sistema de alagados construídos analisado no trabalho é do tipo combinado. Adotou-se esse modelo, principalmente, por utilizar a combinação das diferentes técnicas de alagados construídos permitindo, assim, à intensificação da performance do sistema. Na literatura nacional não existe recomendações sobre dimensionamento dos alagados construídos, enquanto a internacional baseia-se em países europeus, não retratando a realidade climática do nosso país.

O dimensionamento do sistema de alagados construídos combinado, visando à suinocultura, foi obtido a partir dos ajustes dos dados:

- I) Para o sistema de alagados construídos combinados recomenda-se uma área de 0,70 a 2,00 m² por habitante;
- II) O poder poluente do dejetos suíno, em relação ao esgoto doméstico, é três vezes superior, conforme Derisio (1992);
- III) Relacionando esses dados encontrou-se uma área variando de 2,10 (manejo seco) a 6,00 (manejo úmido) m² por suíno.

O sistema de alagados construídos combinados, considerado nos cálculos, é constituído por um sistema de decantação e dois sistemas de tratamento, propriamente dito (alagados construídos). O sistema de decantação foi determinado pela equação 1 (MERKEL, 1981; GREEN E KRAMER, 1979):

$$A = \frac{Q}{V_s} \quad (1)$$

Em que:

A - Área do tanque (m²);

Q - Vazão do afluente (m³ hora⁻¹);

V_s - Velocidade de sedimentação (m h⁻¹), variando de 0,1 a 0,3 de acordo com dejetos diluídos a concentrados, respectivamente.

O comprimento e a largura do tanque devem obedecer à relação de $L = 0,30C$, em que L é a largura e C o comprimento. A altura de 0,5 m.

Em seguida os dejetos são encaminhados ao primeiro alagado construído, com plantas emergentes com fluxo vertical, formado por camadas superpostas de britas, pedriscos e areia cultivada com *Typha sp.* (Taboa).

Adotou-se uma altura de 1,20 m, com taludes de 45.º, sendo as camadas de baixo para cima compostas de 0,15 m de pedra número três, 0,20 m de pedra número um, 0,15 m de pedrisco e 0,30 m de areia grossa, sobrando uma altura de 0,40 m para manter o nível de água residuária do sistema (Figura 13). Este primeiro alagado ocupou um

terço da área total. As demais dimensões, como largura e comprimento, variam de acordo com cada granja para atender as necessidades de área.

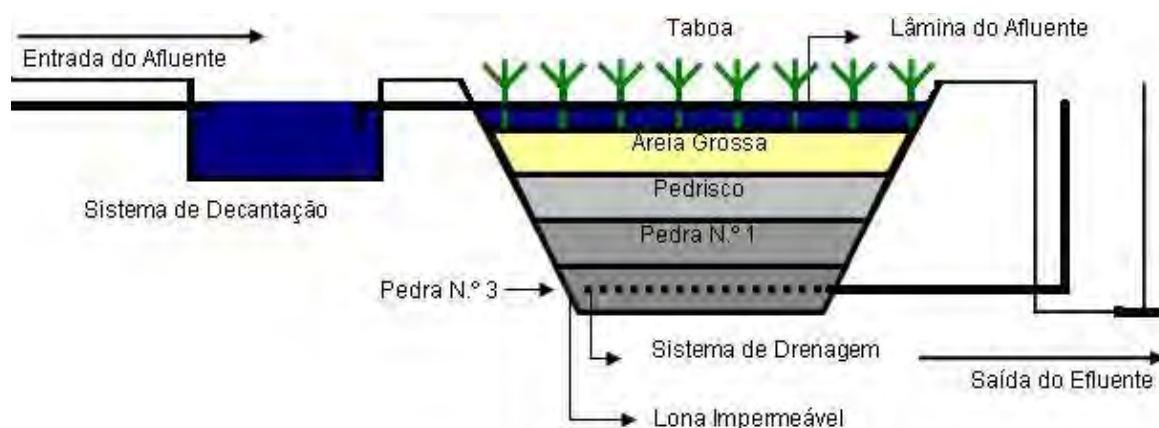


Figura 13. Desenho esquemático do primeiro sistema de alagados construídos com plantas emergentes com fluxo vertical.

Após o afluyente passar pelo primeiro sistema de alagados construídos, foi conduzido ao segundo sistema, formado por plantas emergentes com fluxo horizontal. Este alagado, responsável por dois terços da área total, teve sua altura média fixada em 0,60 m, preenchendo-se 0,50 m com areia grossa, também cultivada com Taboa (Figura 14) e taludes de 45°.

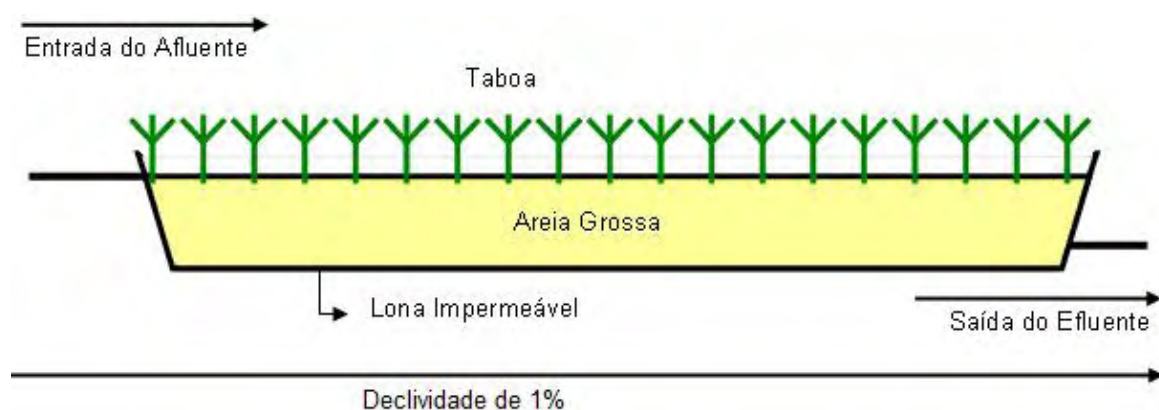


Figura 14. Desenho esquemático do segundo sistema de alagados construídos com plantas emergentes com o fluxo horizontal.

5.1.3.2 Lagoas de Estabilização

Com base nas informações pesquisadas, decidiu-se pela utilização da lagoa de estabilização facultativa, como testemunha, em virtude de o sistema apresentar simplicidade de funcionamento aliada a uma boa eficiência, além de ter um custo de implantação baixo, não consumir energia em seu funcionamento e não apresentar problemas com odores.

O dimensionamento destas lagoas foi realizado pelo mesmo método dos alagados construídos, em que:

- I) Para as lagoas facultativas recomenda-se uma área de 2,00 a 5,00 m² por habitante (VON SPERLING, 1996);
- II) O poder poluente do dejetos suíno, em relação ao esgoto doméstico, é três vezes superior, conforme Derisio (1992);
- III) Relacionando esses dados encontrou-se uma área variando de 6,00 (manejo seco) a 15,00 (manejo úmido) m² por suíno.

A lagoa facultativa, considerado nos cálculos, é constituída por um sistema de decantação e por uma única lagoa. O sistema de decantação foi determinado pela equação 1, já demonstrada anteriormente.

Após os dejetos passarem pelo sistema de decantação, é encaminhado para lagoa facultativa, para essa adotou-se uma altura de 2,00 m (Figura 15). As demais dimensões, como largura e comprimento, variam de acordo com cada granja para atender as necessidades de área.

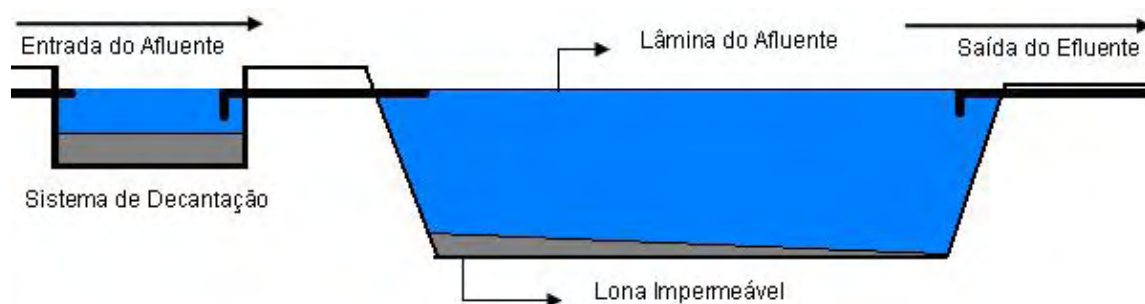


Figura 15. Desenho esquemático da lagoa facultativa.

5.2 Módulo II

5.2.1 Custo de Implantação dos Sistemas

Os custos de implantação dos sistemas de tratamentos de águas residuárias foram determinados com auxílio da Tabela de Composição de Preços para Orçamentos (TCPO, 1986). Através desses coeficientes identificou-se o volume de material consumido e quantidade de mão-de-obra para cada sistema de tratamentos, chegando a equação 2:

$$CI = DMAT + DMAO \quad (2)$$

Onde:

CI – Custo de Implantação (R\$);

DMAT – Despesas com materiais (R\$);

DMAO – Despesas com mão-de-obra (R\$).

5.2.2 Custo de Implantação por Suíno

Para o cálculo do custo de implantação por suíno utilizou-se um método direto, ou seja, simplesmente dividiu-se o custo de implantação do sistema pelo número de suínos da granja (equação 3).

$$CIS = \frac{CI}{NS} \quad (3)$$

Em que:

CIS – Custo de Implantação por Suíno (R\$);

CI – Custo de Implantação (R\$);

NS – Número de Suínos na Granja (adimensional).

5.2.3 Custo de Anual do Sistema

A implantação de um sistema de tratamento de dejetos para uma granja de terminação de suínos é um investimento de longa duração, cujos retornos ocorrem somente a partir de um determinado ponto da vida útil do empreendimento. São diversos os métodos de análises de investimento citados na literatura, mas, além dessas análises, ainda são necessários para cada ano da vida útil do sistema.

Foram considerados os seguintes componentes como custo anual do sistema de tratamento: depreciação, juros sobre o capital fixo, manutenção e custo de oportunidade da terra.

a) Depreciação

Para cálculo da depreciação utilizou-se o método linear, para tanto considerou que os alagados construídos como as lagoas facultativas, uma vida útil de 20 anos, sem valor residual. A consideração de todos os itens que participam do cálculo esta representado na equação 4:

$$DEP = \frac{Vi + Vr}{Vu} \quad (4)$$

Onde:

DEP – Custo da depreciação anual do sistema (R\$ ano⁻¹);

Vi – Valor inicial (R\$);

Vr – Valor residual (R\$);

Vu – Vida útil do sistema (anos).

b) Juros Sobre o Capital Fixo

Segundo Turra (1990), o valor da taxa de juros é polêmica entre as diferentes entidades que utilizam, podendo variar de 4% até 15% ao ano. A taxa modal encontrada nos estudos do autor corresponde 6% ao ano, sendo que alíquotas de 10% e 12% ao ano também são muito utilizadas. Na Associação Brasileira dos Criadores de Suínos (ABCS, 2006) recomenda uma taxa de 12% ao ano, aplicada sobre o valor médio. A equação 5 utilizada para obtenção dos juros sobre o capital fixo foi:

$$JUR = \left(\frac{Vi + Vr}{2} \right) \cdot j \quad (5)$$

Sendo:

JUR – Custo do juro anual do sistema (R\$ ano⁻¹);

Vi – Valor inicial (R\$);

Vr – Valor residual (R\$);

j – Taxa de juro aplicado sobre o capital.

c) Manutenção

A manutenção, que consiste na conservação e reparos, aplica-se a instalações, veículos, máquinas e equipamentos. Seu cálculo foi realizado pela equação 6, sendo que de manutenção varia de 2% a 6%, sobre o valor inicial, de acordo com o nível complexidade (HOFFMANN et al, 1978). Neste caso adotou-se 2% do valor inicial ao ano, por trata-se de um sistema operacionalmente simples.

$$MAN = Vi \cdot Tm \quad (6)$$

Onde:

MAN – Custo da manutenção anual do sistema (R\$ ano⁻¹);

Vi – Valor inicial (R\$);

Tm – Taxa de manutenção.

d) Custo de Oportunidade da Terra

O custo de oportunidade da terra é opcional e foi calculado pela expressão 7:

$$COT = AC \cdot Pha \quad (7)$$

Onde:

COT – Custo de oportunidade da terra anual do sistema (R\$ ano⁻¹);

AC – Área ocupada (ha);

Pha – Preço do hectare arrendado (R\$ ha⁻¹).

O custo de arrendamento aos produtores no estado de São Paulo, no ano de 2004, foi em média de R\$ 353,36 ha⁻¹ ano⁻¹ (IEA, 2006). O custo anual resulta na somatória dos resultados das equações 4 a 7, e simbolicamente, foi representado pela expressão 8:

$$CAS = DEP + JUR + MAN + CO \quad (8)$$

Em que:

CAS – Custo anual do sistema (R\$ ano⁻¹);

5.2.4 Custo de Anual do Sistema por Quilograma de Carne

O cálculo do custo anual do sistema por quilograma de carne, também, utilizou-se o método direto. Simplesmente dividiu-se o custo anual do sistema pelo número de quilogramas de carne produzido ao longo de um ano, em uma granja de terminação (equação 3).

$$CASQC = \frac{CAS}{QC} \quad (9)$$

Em que:

CASQC – Custo anual do sistema por quilograma de carne produzida (R\$ kg⁻¹);

CAS – Custo anual do sistema (R\$ ano⁻¹);

QC – Total de quilogramas de carne produzido por ano (kg ano⁻¹).

As criações de suínos são afetadas nas suas diversas fases de desenvolvimento por uma série de fatores desde as condições climáticas, manejo, instalações e qualidade da ração. Para minimizar a interferência desses fatores foi considerado peso ao abate de 118 kg (peso vivo), com idade de 120 dias que, somados aos 10 dias de vazão sanitário, permite produzir 2,8 lotes por ano (TALIMINI, 2005).

5.3 Módulo III

5.3.1 Receita Bruta do Sistema Produtivo

Após determinar a produtividade de quilogramas de carne de cada granja ao longo de um ano, faltava contemplar a rentabilidade bruta da mesma. Sendo assim, o processo utilizado para cálculos advindos com a venda do produto passou por alguns ajustes e simplificações chegando à seguinte equação 10:

(10)

$$RB = PCS \cdot NS \cdot PRS$$

Onde:

RB – Receita bruta (R\$ ano⁻¹);

PCS – Produtividade de carne suína (kg);

PRS – Preço da carne suína (R\$ kg⁻¹).

A fim de contemplar as variações que normalmente ocorrem no preço da carne suína, considerou-se o comportamento ao longo de sessenta meses, utilizando-se o preço mínimo (R\$ 2,44), o máximo (R\$ 3,76) e modal (R\$ 3,03) no período de janeiro de 2001 a setembro de 2005. Estes preços foram obtidos junto ao Instituto de Economia Agrícola do Estado de São Paulo, sendo corrigidos através do Índice Geral de Preços da Fundação Getúlio Vargas (IGP/FGV).

5.3.2 Custo Total de Produção

Os custos de produção da suinocultura para o estado de São Paulo foram obtidos junto a Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária (EMBRAPA, 2005), considerando o desempenho dos custos nos meses de maio a outubro de 2005, determinando o custo médio de R\$ 2,45/kg. Esse valor foi acrescido do custo anual do sistema por quilograma de carne produzida representado na equação 11:

$$CT = PCS \cdot (CASQC + 2,45) \quad (11)$$

Sendo:

CT – Custo total (R\$ ano⁻¹);

PCS – Produtividade de carne suína (kg);

$CASQC$ – Custo anual do sistema por quilograma de carne produzida (R\$ kg⁻¹).

5.3.3 Receita Líquida do Sistema Produtivo

A receita líquida do sistema produtivo foi calculada, simplesmente, subtraindo-se da rentabilidade bruta os custos totais envolvidos no processo produtivo, conforme apresentado na expressão 12 a seguir:

$$RL = RB - CT \quad (12)$$

Onde:

RL – Receita líquida (R\$ ano⁻¹);

RB – Receita bruta (R\$ ano⁻¹);

CT – Custo total (R\$ ano⁻¹).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Área para Implantação dos Sistemas

A Tabela 6 apresenta a recomendação de área dos sistemas de tratamento de dejetos analisados em função da capacidade da granja e da concentração da carga orgânica.

Tabela 6. Área necessária para implantação dos sistemas naturais de tratamento de dejetos para suinocultura.

Capacidade da Granja (N.º de suínos)	Área dos Sistemas de Tratamento de Dejetos			
	Alagados Construídos (ha)		Lagoas Facultativas (ha)	
	Manejo Úmido	Manejo Seco	Manejo Úmido	Manejo Seco
100	0,075	0,026	0,188	0,075
200	0,150	0,053	0,375	0,150
400	0,300	0,105	0,750	0,300
600	0,450	0,158	1,125	0,450
800	0,600	0,210	1,500	0,600
1000	0,750	0,263	1,875	0,750

Entre os manejos analisados, nota-se que o aumento da área foi proporcional à capacidade da granja, havendo maior demanda para os manejos convencionais. A diferença na recomendação do manejo seco para o manejo úmido esteve entre 2,5 a 2,8 vezes, ou seja, para a mesma capacidade de granja a área necessária para o manejo seco foi um terço do manejo úmido. Para granjas de suinocultura que não tenham disponibilidade de grandes áreas, a adoção do manejo úmido pode ser inviável, pois além da necessidade de água em abundância, o espaço exigido para o tratamento de dejetos é significativo.

Ainda pela análise da Tabela 6, verifica-se que o sistema de alagados construídos combinado necessitou de uma área três vezes menor do que a lagoa facultativa, corroborando com Coraucci Filho et al. (2001) que afirmou que a área recomendada pelo sistema combinado de alagados construídos torna-se pequena, quando comparada a outros sistemas naturais de tratamento de água residuária.

Comparativamente, uma granja de mesma capacidade adotando o sistema de alagados construídos, com o manejo seco, precisaria do equivalente a sétima parte da área necessária para a propriedade que adotar a lagoa facultativa, com o manejo úmido.

6.2 Custo dos Sistemas Naturais de Tratamento de Água Residuária

6.2.1 Custos de Implantação

Os custos de implantação para cada sistema de tratamento de dejetos analisado são apresentados na Tabela 7, em função da capacidade da granja e da carga orgânica (manejo).

Tabela 7. Custo para implantação dos sistemas naturais de tratamento de dejetos para suinocultura.

Capacidade da Granja (N.º de suínos)	Custo de Implantação dos Alagados Construídos (R\$)					
	Manejo Úmido			Manejo Seco		
	Mão-de-Obra	Materiais	Total	Mão-de-Obra	Materiais	Total
100	1.670,18	14.014,24	15.684,42	592,89	5.085,90	5.678,79
200	3.296,44	27.637,20	30.933,64	1.163,00	9.906,74	11.096,74
400	6.532,44	54.755,09	61.287,53	2.295,45	19.472,68	21.768,12
600	9.759,17	81.801,06	91.560,23	3.423,54	28.996,07	32.419,61
800	12.981,10	108.809,80	121.790,90	4.549,37	38.497,44	43.046,81
1000	16.199,97	135.794,75	151.994,72	5.673,77	47.984,73	53.658,50

Capacidade da Granja (N.º de suínos)	Custo de Implantação da Lagoa Facultativa (R\$)					
	Manejo Úmido			Manejo Seco		
	Mão-de-Obra	Materiais	Total	Mão-de-Obra	Materiais	Total
100	2.931,50	12.836,11	15.767,61	1.183,83	6.031,66	7.215,49
200	5.797,32	23.442,20	29.239,52	2.330,88	10.630,71	12.961,59
400	11.504,58	43.755,74	55.260,32	4.612,57	19.260,44	23.873,01
600	17.198,14	63.564,48	80.762,62	6.887,28	27.570,92	34.458,19
800	22.884,61	83.111,92	105.996,54	9.158,37	35.716,13	44.874,51
1000	28.566,55	102.492,38	131.058,94	11.427,17	43.755,74	55.182,90

Os custos de implantação das lagoas, basicamente, incluíram movimentação da terra, lonas para revestimento e mão-de-obra para instalação, sendo que os materiais corresponderam em 80% e mão-de-obra em 20% do custo. Nota-se nas lagoas facultativas que com o aumento da capacidade da granja houve uma redução da participação dos custos dos materiais, em virtude da mão-de-obra.

Já os custos dos alagados construídos envolveram os materiais (areia grossa, pedra, pedrisco, lona de revestimento, etc.) para formação do filtro artificial, que respondem em torno de 90% do custo, além da mão-de-obra de movimentação da terra,

transporte do material, colocação da lona que esteve na ordem de 10% do custo de implantação.

Verifica-se, também, pela análise da Tabela 7, que o custo de implantação para manejo úmido dos dejetos foi superior ao manejo seco, em todas as situações. Nos sistemas de alagados construídos, a diferença do custo de implantação do manejo seco para o úmido foi de, aproximadamente, 3 vezes mais (2,76 a 2,83). Já para lagoas facultativas a diferença do custo de implantação ficou próxima a 2 vezes mais (2,18 a 2,37), do manejo seco para o úmido.

Houve uma maior participação das despesas com mão-de-obra na formação do custo de implantação nas lagoas facultativas, devido ao volume de terra movimentada na mesma, lembrando que as unidades de volume são ao cubo. O único material necessário nas lagoas facultativas é a lona de revestimento, sendo a relação dessa expressa em área.

Entre os sistemas de tratamentos, nota-se o maior custo de implantação do sistema de alagados construídos, operando no manejo úmido, sendo necessário em torno de 5,8 a 16% mais recursos, em relação às lagoas facultativas com manejo úmido. Isso só não foi obtido nas granjas com 100 animais, onde os custos de implantação ficaram muito próximos.

As lagoas facultativas apresentaram, no geral, os maiores custos de implantação quando se optou pelo manejo seco dos dejetos, sendo necessário na granja com 100, por exemplo, 27,06% mais recursos. Para granjas com 1000 suínos a necessidade de recursos caiu para 2,84%.

Ainda pela análise da Tabela 7, observa-se que o custo de implantação do sistema de alagados construídos aumentou, praticamente, de forma linear com o número de animais da granja. Nas lagoas facultativas, o aumento do custo de implantação não foi proporcional, em virtude das despesas com materiais, que foram reduzindo sua participação no custo de implantação com o aumento do número de suínos. As despesas com a mão-de-obra foram proporcionais à capacidade das granjas, tanto para as lagoas facultativas como para os alagados construídos.

Tabela 8. Custo para implantação dos sistemas naturais de tratamento de dejetos, por suíno.

Capacidade da Granja (N.º de suínos)	Sistemas de Tratamento de Dejetos			
	Custo de Implantação dos Alagados Construídos (R\$/suíno)		Custo de Implantação da Lagoa Facultativa (R\$/suíno)	
	Manejo Úmido	Manejo Seco	Manejo Úmido	Manejo Seco
100	156,84	56,79	157,68	72,15
200	154,67	55,35	146,20	64,81
400	153,22	54,42	138,15	59,68
600	152,60	54,03	134,60	57,43
800	152,24	53,81	132,50	56,09
1000	151,99	53,66	131,06	55,18

A Tabela 8 apresenta os custos de implantação dos sistemas naturais de tratamento de dejetos, por suíno. Verifica-se que com o aumento da capacidade da granja o custo por suíno do sistema de alagados construídos combinado reduziu em torno de 3,20% e 5,83% no manejo úmido e seco, respectivamente. Nas lagoas facultativas a redução do custo de implantação por suíno foi de 20,31% para o manejo úmido e 30,75% para o seco, devido a menor participação dos custos dos materiais na composição do custo de implantação, ou seja, os custos diluíram-se facilmente com o aumento da capacidade da granja.

De acordo com Beccato (2004), o custo de implantação do sistema de alagados construídos combinado está entre US\$ 15 a 25 por habitante. Partindo das indicações de Derisio (1992) que afirma o poder poluente do suíno ser três vezes superior ao do homem, pode-se extrapolar o custo de implantação do sistema numa faixa de US\$ 45 a 75 por suíno (R\$ 99,00 e 165,00 por suíno – US\$ 1,00 = R\$ 2,20). Para as condições deste trabalho, o custo de implantação do alagado construído ficou dentro desta faixa nas propriedades que operam com cargas orgânicas elevadas (manejo úmido), no manejo seco dos dejetos o custo de implantação ficou bem abaixo, sendo o custo médio por suíno de R\$ 54,23.

Para Von Sperling (1996) o custo de implantação da lagoa facultativa é de US\$ 10 a 30 por habitante, ou US\$ 30 a 90 por suíno (R\$ 66,00 a 198,00 por suíno). Para

as condições do trabalho, o custo de implantação da lagoa facultativa no manejo úmido esteve dentro da faixa de preço recomenda pelo autor. No manejo seco, o custo para propriedades com 100 animais, também, ficou dentro da faixa, mas, para propriedades acima de 100 suínos o custo de implantação passou a ser menor.

6.2.2 Custo Anual

A Tabela 9 apresenta o custo anual, em função do número de animais e da carga orgânica, para os alagados construídos e para a lagoa facultativa, respectivamente.

Tabela 9. Custo anual do sistema de alagados construídos combinado e para lagoa facultativa, por propriedade e manejo.

Capacidade da Granja (N.º de suínos)		Custo Anual dos Alagados Construídos (R\$)									
		Manejo Úmido				Manejo Seco					
		Deprec.	Juros	M. C.*	C. O.**	Total	Deprec.	Juros	M. C.*	C. O.**	Total
100		784,22	941,07	313,69	26,50	2.065,48	283,94	340,73	113,58	9,28	747,52
200		1.546,68	1.856,02	618,67	53,00	4.074,38	553,49	664,18	221,39	18,55	1.457,62
400		3.064,38	3.677,25	1.225,75	106,01	8.073,39	1.088,41	1.306,09	435,36	37,10	2.866,96
600		4.578,01	5.493,61	1.831,20	159,01	12.061,84	1.620,98	1.945,18	648,39	55,65	4.270,20
800		6.089,55	7.307,45	2.435,82	212,02	16.044,83	2.152,34	2.582,81	860,94	74,21	5.670,29
1000		7.599,74	9.119,68	3.039,89	265,02	20.024,33	2.682,92	3.218,51	1.073,17	92,76	7.068,36
Capacidade da Granja (N.º de suínos)		Custo Anual da Lagoa Facultativa (R\$)									
		Manejo Úmido				Manejo Seco					
		Deprec.	Juros	M. C.*	C. O.**	Total	Deprec.	Juros	M. C.*	C. O.**	Total
100		788,38	946,06	315,35	66,26	2.116,04	360,77	432,93	144,31	26,50	964,52
200		1.461,98	1.754,37	584,79	132,51	3.933,65	648,08	777,70	259,23	53,00	1.738,01
400		2.763,02	3.315,62	1.105,21	265,02	7.448,86	1.193,65	1.432,38	477,46	106,01	3.209,50
600		4.038,13	4.845,76	1.615,25	397,53	10.896,67	1.722,91	2.067,49	689,16	159,01	4.638,58
800		5.299,83	6.359,79	2.119,93	530,04	14.309,59	2.243,73	2.692,47	897,49	212,02	6.045,70
1000		6.552,95	7.863,54	2.621,18	665,55	17.700,21	2.759,15	3.310,97	1.103,66	265,02	7.438,80

* M. C. – Custo de Manutenção e Conservação.

** C. O. – Custo de Oportunidade da Área.

Verifica-se que os altos valores encontrados nos custos anuais, nos sistemas com o manejo úmido, são reflexos dos custos de implantação dos sistemas, principalmente, devido a depreciação e aos juros. Os menores custos anuais foram encontrados nos alagados construídos e lagoas facultativas, que operavam com o manejo seco. Em todas as situações analisadas os menores custos anuais foram apresentados no sistema de alagados construídos que operava com manejo seco.

O custo de oportunidade da área foi mais elevado para as lagoas facultativas, devido a este sistema necessitar de maiores áreas para sua instalação. O custo de oportunidade da área se iguala com a lagoa facultativa que operava com o manejo seco com os alagados construídos que utilizavam o manejo úmido, confirmando, assim, a mesma necessidade de área dos dois.

Os custos anuais são formados, basicamente, apenas pelos custos fixos (depreciação, juros, etc.), uma vez que estes sistemas não necessitem de nenhum reparo ou equipamento durante o funcionamento em sua vida útil. Nas lagoas facultativas, por exemplo, haverá necessidade de remoção do lodo após períodos superiores a 20 anos (VON SPERLIN, 1996). Já nos sistemas de alagados construídos, segundo Duncan (2004), não há necessidade de fazer nenhuma poda ou reparo no sistema após seu funcionamento.

A Tabela 10 apresenta os custos anuais do sistema, por kg de carne do suíno, em função da capacidade da granja (2,8 lotes ano⁻¹ e 118 kg suíno no abate⁻¹) e do manejo.

Tabela 10. Custos anuais dos sistemas de tratamento de dejetos, por kg de carne suíno e porcentagem desse custo em relação ao custo total de produção.

Produção de Carne de Suíno ao Ano (kg)	Sistemas de Tratamentos de Dejetos							
	Custo Anual dos				Custo Anual da			
	Alagados Construídos (R\$/kg)				Lagoa Facultativa (R\$/kg)			
	Manejo Úmido		Manejo Seco		Manejo Úmido		Manejo Seco	
33.040,00	0,0625	2,49%	0,0226	0,91%	0,0639	2,54%	0,0291	1,17%
66.080,00	0,0616	2,45%	0,0220	0,89%	0,0594	2,37%	0,0262	1,06%
132.160,00	0,0610	2,43%	0,0217	0,88%	0,0562	2,24%	0,0242	0,98%
198.240,00	0,0608	2,42%	0,0215	0,87%	0,0548	2,19%	0,0233	0,94%
264.320,00	0,0606	2,41%	0,0214	0,87%	0,0540	2,16%	0,0228	0,92%
330.400,00	0,0605	2,41%	0,0214	0,87%	0,0534	2,13%	0,0225	0,91%

Comparando o custo por quilograma de carne produzida entre os manejos, nota-se que o manejo úmido necessitou, em relação ao seco, em torno de 2 a 3 vezes mais recursos para custear o sistema de tratamento. Entre os sistemas, o custo é muito parecido, alterando somente nas últimas casas decimais (economia em escala). Os menores custos prevaleceram no sistema de alagados construídos que adotaram o manejo seco, sendo maiores também, nesse sistema com manejo úmido, exceto na produtividade de 33.040,00 kg.

6.2.3 Receita Líquida

Nas Tabelas 11, 12 e 13 são apresentados os resultados das análises de sensibilidade econômica para as situações hipotetizadas.

Analisando os valores apresentados, observa-se, primeiramente, que a receita líquida, na Tabela 11, foi negativa em todas as hipóteses simuladas, ou seja, o preço de R\$ 2,44/kg não pagou nem as despesas com a engorda do suíno. A condição menos favorável gerou um déficit líquido de R\$ 23.328,33, que ocorreu, na maior propriedade, utilizando o sistema de alagados construídos com manejo úmido (Tabela 11), enquanto, a mais favorável,

pagou R\$ 425.755,64 sendo na maior propriedade, com o sistema de alagados construídos com o manejo seco (Tabela 13).

Tabela 11. Variação da receita líquida obtida pelo produtor nas quatro hipóteses simuladas em função do preço mínimo do quilograma da carne de suíno de R\$ 2,44 (IEA, 2006).

Produção de Carne de Suíno ao Ano (kg)	Sistemas de Tratamentos de Dejetos			
	Receita Líquida dos Alagados Construídos (R\$/ano)		Receita Líquida da Lagoa Facultativa (R\$/ano)	
	Manejo Úmido	Manejo Seco	Manejo Úmido	Manejo Seco
33.040,00	-2.395,88	-1.077,92	- 2.446,44	-1.294,92
66.080,00	-4.735,18	-2.118,42	- 4.594,45	-2.398,81
132.160,00	-9.394,99	-4.188,56	- 8.770,46	-4.531,10
198.240,00	-14.044,24	-6.252,60	- 12.879,07	-6.620,98
264.320,00	-18.688,03	-8.313,49	- 16.952,79	-8.688,90
330.400,00	-23.328,33	-10.372,36	- 21.004,21	-10.742,80

Tabela 12. Variação da receita líquida obtida pelo produtor nas quatro hipóteses simuladas em função do preço modal do quilo da carne de suíno de R\$ 3,03 (IEA, 2006).

Produção de Carne de Suíno ao Ano (kg)	Sistemas de Tratamentos de Dejetos			
	Receita Líquida dos Alagados Construídos (R\$/ano)		Receita Líquida da Lagoa Facultativa (R\$/ano)	
	Manejo Úmido	Manejo Seco	Manejo Úmido	Manejo Seco
33.040,00	17.097,72	18.415,68	17.047,16	18.198,68
66.080,00	34.252,02	36.868,78	34.392,75	36.588,39
132.160,00	68.579,41	73.785,84	69.203,94	73.443,30
198.240,00	102.917,36	110.709,00	104.082,53	110.340,62
264.320,00	137.260,77	147.635,31	138.996,01	147.259,90
330.400,00	171.607,67	184.563,64	173.931,79	184.193,20

Tabela 13. Variação da receita líquida obtida pelo produtor nas quatro hipóteses simuladas em função do preço máximo do quilograma da carne de suíno de R\$ 3,76 (IEA, 2006).

Produção de Carne de Suíno ao Ano (kg)	Sistemas de Tratamentos de Dejetos			
	Receita Líquida dos Alagados Construídos (R\$/ano)		Receita Líquida da Lagoa Facultativa (R\$/ano)	
	Manejo Úmido	Manejo Seco	Manejo Úmido	Manejo Seco
33.040,00	41.216,92	42.534,88	41.166,36	42.317,88
66.080,00	82.490,42	85.107,18	82.631,15	84.826,79
132.160,00	165.056,21	170.262,64	165.680,74	169.920,10
198.240,00	247.632,56	255.424,20	248.797,73	255.055,82
264.320,00	330.214,37	340.588,91	331.949,61	340.213,50
330.400,00	412.799,67	425.755,64	415.123,79	425.385,20

Comparando as diferentes rentabilidades entre os sistemas de tratamento naturais de dejetos, em função dos manejos, nota-se uma superioridade da receita líquida no sistema de alagados construídos combinado, com a utilização do manejo seco, em todos os tamanhos de propriedades. A lagoa facultativa, dimensionada para o manejo seco, apresentou-se como segunda alternativa, em função dos seus rendimentos.

Nas simulações com o manejo úmido, observam-se as menores rentabilidades para o sistema de alagados construídos do que a lagoa facultativa, o que pode ser explicado pelos altos custos fixos dos alagados que não se diluem facilmente.

Com base na análise dos dados, nota-se que os sistemas naturais de tratamento, tanto no manejo úmido ou seco, não são um fator que restringe o crescimento da granja, desde que o preço cubra as despesas com a terminação do suíno. Trata-se, também, de uma ferramenta que possibilita aos produtores garantir (ou aumentar com diferenciação do preço) suas receitas, devido à diferenciação do produto produzido (selo verde). As vantagens podem acentuar-se para aqueles produtores que trabalham com altas cargas orgânicas (manejo úmido), passarem a adotar um manejo mais racional (manejo seco), reduzindo significativamente os custos de instalação e necessidade de área para implantação.

Vale destacar, o manejo seco apresentou as menores recomendações de áreas, como os menores custos de implantação, anual e por suíno, além das melhores receitas nos diferentes preços analisados, porém não foram considerados os custos para retirada, separadamente, dos dejetos, como os custos de formação da compostagem, ou outro sistema de tratamento da parte sólida (sistema de cama sobreposta, etc.).

No trabalho desenvolvido por Kunz et al. (2005) o custo de implantação da esterqueira de PVC por suíno foi em média de R\$ 56,60. Assim, mesmo, compensaria adotar nas propriedades o manejo seco do dejetos.

7 CONCLUSÕES

Quatro alternativas de sistemas naturais de tratamento de dejetos foram analisadas no trabalho. O primeiro refere-se ao sistema de alagados construídos com manejo úmido, o segundo o alagado construído com manejo seco, o terceiro a lagoa facultativa com manejo úmido, e o quarto a lagoa facultativa com manejo seco. Grandes diferenças de necessidade de área e custo foram observadas entre esses sistemas.

De acordo com os resultados obtidos e as discussões apresentadas neste trabalho, as seguintes conclusões podem ser destacadas:

1. O sistema de alagados construídos, adotando um manejo seco, necessita da menor área para implantação do sistema, além dos menores custos de implantação, anual e por suíno;
2. A lagoa facultativa é alternativa mais indicada aos produtores de suínos que trabalham sem a retirada prévia dos dejetos sólido (manejo úmido);
3. Os sistemas naturais de tratamento, tanto no manejo úmido ou seco, não são um fator que restringe o crescimento da granja, nem a receita anual da mesma;
4. Os sistemas de tratamentos de dejetos na suinocultura devem levar em conta a realidade cultural e econômica dos produtores e as características da suinocultura e agricultura local.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENDA 21. **Proteção da Qualidade e do Abastecimento dos Recursos Hídricos: aplicação de critérios integrados no desenvolvimento, manejo e uso dos recursos hídricos.** Rio de Janeiro, 1996.

ARMSTRONG, W. et al. Connective gas-flows in wetland plant aeration. In: **Plant Life Under Oxygen Deprivation.** Academic Publishing bv, The Hague, The Netherlands, 283p. 1991

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE SUÍNO. **Consumo.** 2006. Disponível: www.abcs.com.br. Acesso em 23 de janeiro de 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA. **Mercado externo.** 2006. Disponível www.abipecs.org.br/mercadoexterno.php. Acesso em 25 de janeiro de 2006.

ASSIS, F. N.; ARRUDA, H. V.; PEREIRA, A. R. **Aplicações de estatística a climatologia: teoria e prática.** Pelotas: Universitária/UFPel, 1996. 161p.

AZEVEDO FILHO, A. J. de B. V. de. **Análise econômica de projetos “software” para situações deterministas e de risco envolvendo simulação.** 1988. 127p. Dissertação

(Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

BECATTO, M. A. B. Elaboração participativa de uma proposta de reestruturação do sistema de tratamento de esgoto da comunidade do Moruja – Parque Estadual da Ilha do Cardoso/SP. 2004. 292 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Custo de produção agrícola CONAB.** Brasília: CONAB, 1996. 67p.

BRASIL. **Lei n.º 6.938, de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e da outras providências.

BRIX, H. Constructed Wetlands for municipal wastewater treatment in Europe. In: **Constructed Wetlands for Water Quality Improvement.** Moshiri, G.A. (Ed.) Lewis Publisher, Florida, 1994.

BRIX, H. Wastewater treatment in constructed wetlands: system design, removal process and treatment performance. In: **Constructed wetlands in water pollution control.** Oxford, 1993.

BRUNELLI, G. M. **Simulação do custo de produção de laranja no Estado de São Paulo.** 1990. 99p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CAMPOS, H. **Estatística experimental não paramétrica.** Piracicaba: ESALQ, 1979. 343p.

CAPRA, F. **O Ponto de mutação.** São Paulo: Editora Cultrix Ltda., 1987. 447p.

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKE, B. H. **Análise de investimento:** matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial. 7. ed. São Paulo: Atlas, 1996. 448p.

CAVALCANTI, S. S. **Produção de suínos**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1984.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO/FUNDAÇÃO BRASILEIRA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. 13º Relatório Parcial. **Núcleo de Estudos de Plantas Aquáticas**. Piracicaba, SP. 2000.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 2a. edição, 1991. 430 p.

CORAUCCI FILHO, B. et al. Pós tratamento de efluentes de reatores anaeróbicos por sistema de aplicação no solo. In: **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbicos**. Belo Horizonte: Projeto PROSAB. 2001.

CRESPO, T. **Planeta água: Um guia de educação ambiental para conservação dos recursos hídricos**. Rio de Janeiro: Papel Virtual, 1998.

DEBUSK, T. A. et al. Performance of a pilot scale water hyacinth-based secondary treatment system. **J. Water Pollution Control Fed.** 1989.

DERISIO, J. C. **Introdução ao controle da poluição ambiental**. São Paulo: CETESB, 1992. 201 p.

DOMAR, E. D. **Essays in the theory of economic growth**. New York: Oxford University Press, 1957. 272 p.

DUNCAN, M. To plant? Questions on the role of plants in constructed wetlands, In: 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON WETLAND SYSTEMS AND 6TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON WASTE STABILISATION PONDS, 2004, Avion (France), IWA International Water Association, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Custo de produção dos suínos**. 2006. Disponível www.cnpsa.embrapa.br. Acesso em 25 de abril de 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Custo de produção dos suínos**. 2005. Disponível www.cnpsa.embrapa.br. Acesso em 25 de janeiro de 2006.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos da Limnologia**. Rio de Janeiro, RJ, 575 p. 1988.

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS. **IGP – Índice Geral de Preços**. Disponível em: <http://www.fgv.br>. Acesso em 23 de abril de 2006.

FILHO, J. P.; GONZAGA, M. L. Análise de custos de lavouras irrigadas. **In: CURSOS DE AGRICULTURA IRRIGADA**, 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1991. p. 27-57.

FRANCISCO, W. de. **Matemática financeira**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 1991. 319p.

FRIZZONE, J. A. **Planejamento de Irrigação: uma abordagem às decisões de investimento**. Piracicaba: ESALQ, 1999. 110p.

GODINHO, J. F. **Tecnologia moderada de formação e manejo de pastagens**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1995. p 30 - 31.

GREEN, J. H.; KRAMER, A. **A foof processing waste management**. Wesport: Avi, 1979. 629p.

GREINER, R. W.; JONG, J. The use of marsh plants for the treatment of wastewater in areas designated for recreation and tourism. **RIJP Report, 225**. Lelystad. The Netherlands, 1984.

HOFFMAN, R.; ENGLER, J. J. de C.; SERRANO, O. et al. **Administração da empresa agrícola**. São Paulo: Pioneira, 1978. 325p.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios. Governo do Estado de São Paulo**. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br>. Acesso em 23 de março de 2006.

KONZEN, E. A. **Avaliação quantitativa e qualitativa dos dejetos suínos em crescimento e terminação, manejados da forma líquida.** 1980. 56 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

KUNZ, A. et al. Comparativo de custos de implantação de diferentes tecnologias de armazenagem/tratamento e distribuição de dejetos suínos. **Circular Técnica**, Concórdia, SC, 2005. 16p.

MARGULIS, S. **Meio ambiente: aspectos técnicos e econômicos.** Brasília: IPEA 1990. 238 p.

MARQUES, D. M. Terras úmidas construídas de fluxo subsuperficial. In: **Tratamento de esgotos sanitários por processos anaeróbios e disposição controlada no solo.** Rio de Janeiro, RJ, 464p, 1999.

MELO, J. F. **Custo da irrigação por aspersão em Minas Gerais.** 1993. 147p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MERKEL, A. J. **Managing livesrock wastes.** Westoon: Avi, 1981. 419p.

METCALF E EDDY. **Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse.** 3ed, McGraw-Hill Inc, 1991,1334p.

MITSCH, W. J.; GOSSELINK, J. G. Wetlands. **Van Nostrand Reinhold Company.** New York. 539p. 1986.

NOGUEIRA, S. F. **Balanço de nutrientes e avaliação de parâmetros biogeoquímicos em áreas alagadas construídas para o tratamento de esgoto.** 2003. 137 p. Dissertação (Mestrado no Centro de Energia Nuclear na Agricultura) – Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

OLIVEIRA, P. A. V. Impacto ambiental causado pelo dejetos de suínos. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS, 1994. Concórdia. **Anais...** Concórdia: CBNA, 1994. p 188.

OLIVEIRA, P. A. V. **Manual de manejo e utilização dos dejetos suínos.** Concórdia: EMBRAPA – CNPSA, 1993. 188 p.

PERDOMO, C. C.; LIMA, G. J. M. M. Consideração sobre a questão dos dejetos e do meio ambiente. In: **Suinocultura intensiva: produção, manejo e saúde do rebanho.** Brasília: EMBRAPA, 1998.

PERES, F. C.; MATTOS, Z. P. de B. Simulação como auxílio à decisão de confinar bovinos de corte. In: SIMPÓSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA: BOVINO CULTURA DE CORTE, Campinas, 1990. **Anais.** Piracicaba: FEALQ, 1990. p.59-70.

PESSÔA, C. A., JORDÃO, E. P. **Tratamento de Esgotos Domésticos.** 2 ed. Rio de Janeiro: ABES-BNH, v. 62, no. 2. 1982.

REED, S. C.; CRITES, R. W.; MIDDLEBROOKS, E. J. **Natural systems for waste management and treatment.** 2.º edição, McGraw-Hill, 1995. 434 p.

REED, S. C. et al. **Natural Systems for Waste Management and Treatment.** McGraw-Hill, New York. 1988.

ROSTOW, W. W. **Etapas do desenvolvimento econômico (um manifesto não comunista).** Rio de Janeiro, 6a. edição 1978. 274p.

SALATI, E. **Relatório técnico para o Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental da Escola de Engenharia de São Carlos.** São Carlos, SP. 2000.

SALATI, E. et al. Secondary and tertiary treatment of urban sewage utilizing the HDS system with upflow transport. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WETLAND SYSTEMS FOR WATER POLLUTION CONTROL, 1996, Viena. **Proceeding.** Viena: IAWO. Volume I p 3-6.

SALATI, E. Edaphic-Phytodepuration: A New Approach to Wastewater Treatment. In: **Aquatic Plants for Water Treatment and Resource Recovery**. Magnólia Publishing Inc. Orlando, Flórida, 1987.

SEGANFREDO, M. A.; GIROTTO, A. F. Tratamento dos dejetos suínos e seu impacto econômico em unidades terminadoras. **Comunicado Técnico**, Concórdia, 2004. 4p.

SILVA, S. A. **Tratamento biológico de águas residuárias**. São Paulo: CETESB, 1979. 50p.

SILVA, S. A.; MARA, D. D. **Tratamentos biológicos de águas residuárias: lagoas de estabilização**. Rio de Janeiro. ABES. 1979.

SOBESTIANSKI, J.; WENTZ, I.; SILVEIRA P. R. da. **Suinocultura intensiva: produção, manejo e saúde do rebanho**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1998. 388p.

SOBESTIANSKI, J.; SILVEIRA P. R. da; WENTZ, I.; PROTAS, J. F. **Limpeza e desinfecção na suinocultura: aspectos técnicos e econômicos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1981. 36p.

SOUZA, S. A. V. **Programa computacional para simulação de ocorrência de veranicos e quedas de produção**. Piracicaba, 1999. 124p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

TABELA DE COMPOSIÇÃO DE PREÇOS PARA ORÇAMENTOS. São Paulo, 1986.

TALAMINI, D. J. D. et al. **Rentabilidade da terminação de suínos no Estado de Santa Catarina**. Comunicado Técnico, Concórdia, 2005. 5p.

TAKITANE, I. C. **Produção de dejetos e caracterização de possibilidades de aproveitamento em sistemas de produção de suínos com alta tecnologia no Estado de São Paulo**. 2001.137 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

TAKITANE, I. C. **Custo de produção de borracha e análise de rentabilidade em condições de risco no Planalto Paulista, SP e no Triângulo Mineiro, MG.** Piracicaba, 1988. 119p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; NETTO, O. **A gestão de água no Brasil: Uma primeira avaliação da situação atual e das perspectivas para 2025.** Brasília, 2000.

TURRA, F. E. **Análise de diferentes métodos de cálculo de custos de produção na agricultura brasileira.** Piracicaba, 1990. 134 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

VALENTIM, M. A. A. **Uso de leitos cultivados no pós-tratamento de tanque séptico modificado.** 1999. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola/Água e Solos) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

VON SPERLING, M. **Lagoas de Estabilização.** Belo Horizonte: Editora UFMG, 1996. 134 p.

ANEXOS

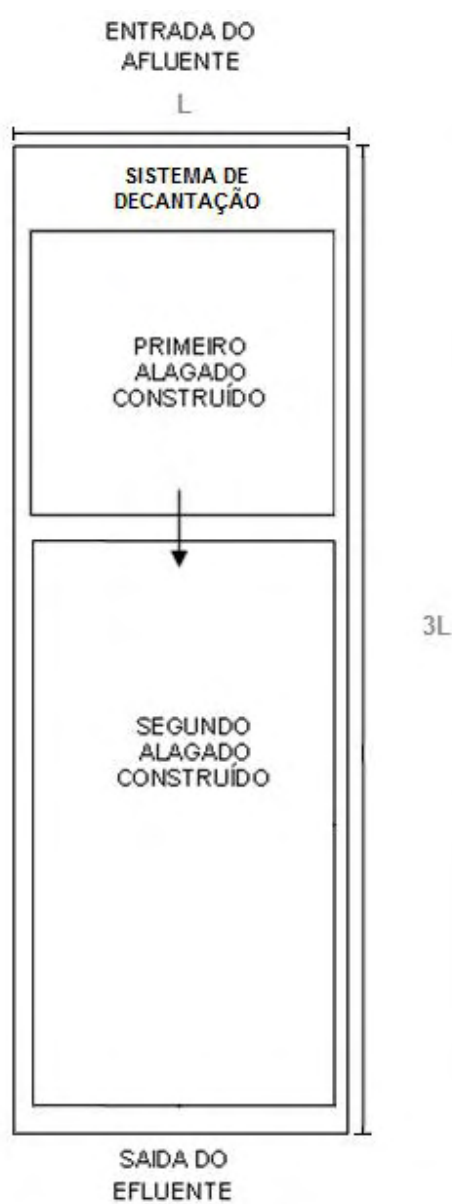
ANEXO 1 - ORÇAMENTO DE ALAGADOS CONSTRUÍDOS – MODELO COMBINADO

1 Área necessária a implantação dos alagados (limpeza do terreno).

Área = Recomendação da Área Média + 25%

Área = $L \times 3L$

L = m



2 Volume de terra a ser escavado.

2.1 Sistema de decantação

O sistema de decantação foi determinado pela seguinte equação:

$$\text{Área do Tanque (m}^2\text{)} = \frac{\text{Vazão do Afluente (m}^3\text{)}}{\text{Velocidade de Sedimentação* (m}^3\text{/h)}}$$

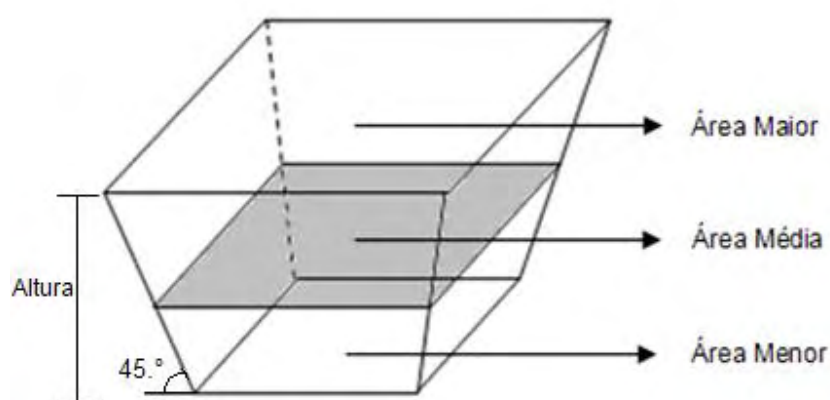
* Variando de 0,1 a 0,3 de acordo com dejetos diluídos a concentrados, respectivamente.

O comprimento e a largura do tanque devem obedecer à relação de $L = 0,30C$, em que L é a largura e C o comprimento. Altura de 0,5 m. Deve adicionar tanto ao comprimento, largura e altura 0,20 m, devido as obras da base e alvenaria.

$$\text{Volume (m}^3\text{)} = \text{Área do Tanque (m}^2\text{)} \times \text{Altura (m)}$$

2.2 Primeiro alagado construído

Com base na recomendação da área média para o primeiro alagado (1/3 da área), dimensionam-se as áreas maior e menor do alagado construído. Para isso basta achar o L (quadrado) da área média e somar com a altura e posteriormente elevar ao quadrado calculando a área maior. Para área menor faz a mesma operação basta subtrair a altura do L da área média. ESSA REGRA VALE SOMENTE PARA ÂNGULO DE 45°.



Após determinadas às áreas para achar o volume basta usar a fórmula do tronco da pirâmide.

$$Volume = \frac{Altura}{3} \left(\text{Área Maior} + \sqrt{\text{Área Maior} \cdot \text{Área Menor}} + \text{Área Menor} \right)$$

2.3 Segundo alagado construído

Aplica-se a mesma metodologia do segundo, lembrando que este alagado corresponde a 2/3 da área média recomendada. Agora se trata de um retângulo é fórmula do mesmo é $A = L \cdot 2L$.

3 Base do sistema de decantação e alvenaria

3.1 Base

O concreto (1 : 3 : 5) com 0,2 m de espessura.

1 m³ de concreto = 250 kg de cimento (5 sacos)

0,53 m³ de areia grosso

0,89 m³ de brita nº. 2

Área da Base = C x 0,3C

Volume de Concreto (m³) = Área da Base (m²) x 0,1 (m)

Cimento = Volume de Concreto (m³) x 208 (kg)

Areia Grossa = Volume de Concreto (m³) x 0,564 (m³)

Brita nº. 1 = Volume de Concreto (m³) x 0,882 (m³)

3.2 Alvenaria

Parede

Tamanho do Tijolo Maciço

Parede de 1 Tijolo = 140 tijolos por metro quadrado

0,054 m³ de argamassa (assentamento)

0,025 m³ de argamassa (revestimento)

A argamassa de assentamento e revestimento (1 : 3)

1 m³ de argamassa = 487 kg de cimento (9,74 sacos)

1,00 m³ de areia média

Área da Parede (m²) = [(Comprimento (m) x Altura (m)) x 2] + [(Largura (m) x Altura (m)) x 2]

N.º de Tijolos = Área da Parede (m²) x 140

Volume de Argamassa (m³)

Assentamento (m³) = Área da Parede (m²) x 0,054

Revestimento (m³) = [Área da Parede (m²) + (C x 2 x 0,2) + (0,3C x 2 x 0,2) x 0,025]

Volume Final de Argamassa (m³) = Assentamento (m³) + Revestimento (m³)

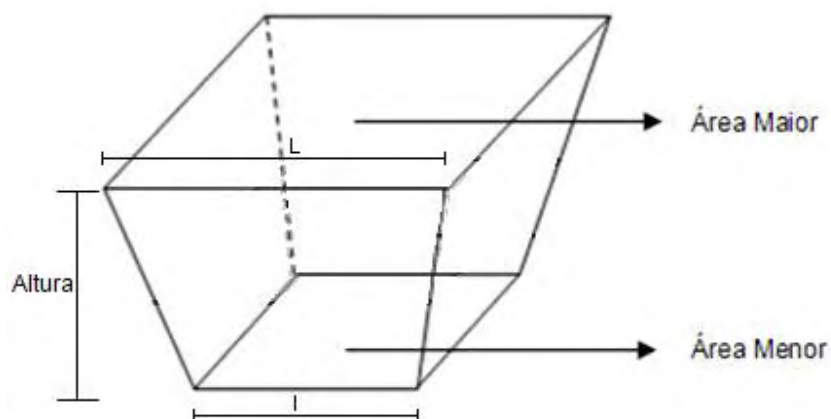
Cimento = Volume Final de Argamassa (m³) x 487 (kg)

Areia Grossa = Volume Final de Argamassa (m³) x 1,00 (m³)

4 Lona impermeabilizante e Material

4.1 Lona impermeabilizante (VMP 0,80 mm)

4.1.1 Primeiro Alagado Construído



Para determinar a área necessária é preciso primeiramente encontrar L e l:

$$\text{Área Maior (m}^2\text{)} = L^2 (m) \therefore L(m) = \sqrt{\text{Área Maior (m}^2\text{)}}$$

$$\text{Área Menor (m}^2\text{)} = l^2 (m) \therefore l(m) = \sqrt{\text{Área Menor (m}^2\text{)}}$$

$$\text{Área Total (m}^2\text{)} = \left\langle \left\{ \left[\frac{(L+l)}{2} \times \text{Altura} \right] \times 4 \right\} + l^2 \right\rangle + 20\%$$

4.1.2 Segundo Alagado Construído

$$\text{Área Total (m}^2\text{)} = \left\langle \left\{ \left[\frac{(L+l)}{2} \times \text{Altura} \right] \times 2 \right\} + \left\{ \left[\frac{(2L+2l)}{2} \times \text{Altura} \right] \times 2 \right\} + 2l^2 \right\rangle + 20\%$$

4.2 Material

4.2.1 Primeiro Alagado Construído

Tubos de Entrada do Afluente e Saída do Efluente

PVC 100 mm = 4 barras com 6 metros

Primeiro Alagado

$$\text{Comprimento} = 3 \times (L - 0,1)$$

Drenagem

$$\text{Comprimento} = 3 \times (l - 0,1)$$

Volume Brita N.º 3

Altura da Camada de Brita N.º 3 = ACB3

$$\text{Volume} = \frac{ACB3}{3} \left[(l + ACB3)^2 + \sqrt{(l + ACB3)^2 \cdot l^2 + l^2} \right]$$

Volume Brita N.º 1

Altura da Camada de Brita N.º 1 = ACB1

$$Volume = \frac{ACB1}{3} \left[(l + ACB1 + ACB3)^2 + \sqrt{(l + ACB1 + ACB3)^2 \cdot (l + ACB3)^2} + (l + ACB3)^2 \right]$$

Volume Pedrisco

Altura da Camada de Pedrisco = ACP

$$Volume = \frac{ACP}{3} \left[(l + ACP + ACB1 + ACB3)^2 + \sqrt{(l + ACP + ACB1 + ACB3)^2 \cdot (l + ACB1 + ACB3)^2} + (l + ACB1 + ACB3)^2 \right]$$

Volume Areia Grossa

Altura da Camada Areia Grossa = ACG

$$Volume = \frac{ACA}{3} \left[(l + ACA + ACP + ACB1 + ACB3)^2 + \sqrt{(l + ACA + ACP + ACB1 + ACB3)^2 \cdot (l + ACP + ACB1 + ACB3)^2} + (l + ACP + ACB1 + ACB3)^2 \right]$$

4.2.2 Segundo Alagado Construído

Volume Areia Grossa

Altura da Camada Areia Grossa = ACG

$$Volume = \frac{ACG}{3} \left[[(l + ACG) \times 2(l + ACG)] + \sqrt{[(l + ACG) \times 2(l + ACG)] + (l \times 2l)} + (l \times 2l) \right]$$

MÃO-DE-OBRA

1 Escavação

1.1 Decantação

Poço

= 2,5 h/m³

Servente = 2,5 h/m³

1.2 Alagados

Trator de Esteira (56 a 65 kW – 75 a 87 HP) = 0,0176 h/m³

2 Serviços com Concreto

Preparo do Concreto

Servente = 10,0 h/m³

Lançamento do Concreto

Pedreiro = 5,2 h/m³

Servente = 8,0 h/m³

3 Serviços com Alvenaria

Alvenaria de Tijolos

Pedreiro = 1,2 h/m³

Servente = 1,2 h/m³

4 Serviços para Colocação da Lona

Técnico = 0,010 h/m²

Auxiliar = 0,015 h/m²

5 Lançamento de Materiais (Areia, Pedra, Pedrisco, etc).

Carga e Descarga em Retroescavadeira (63,75 kW – 85 HP)

Areia

Servente = 0,03 h/m³

Pedra

Servente = 0,02 h/m³

Transporte Manual em Local Plano

Servente = 0,015 h/m³/m (30 metro)

6 Tubulação

1 metro de tudo

Encanador = 0,06 h

Servente = 0,06 h

7 Tubulação

Plantio da Taboa

Jardineiro = 0,10 h/m²

ANEXO 2 - ORÇAMENTO DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO – LAGOA FACULTATIVA

1 Área necessária a implantação da lagoa (limpeza do terreno).

Área = Recomendação da Área Média + 25%

Área = $L \times 0,8L$

$L = m$



2 Volume de terra a ser escavado.

2.1 Sistema de decantação

O sistema de decantação foi determinado pela seguinte equação:

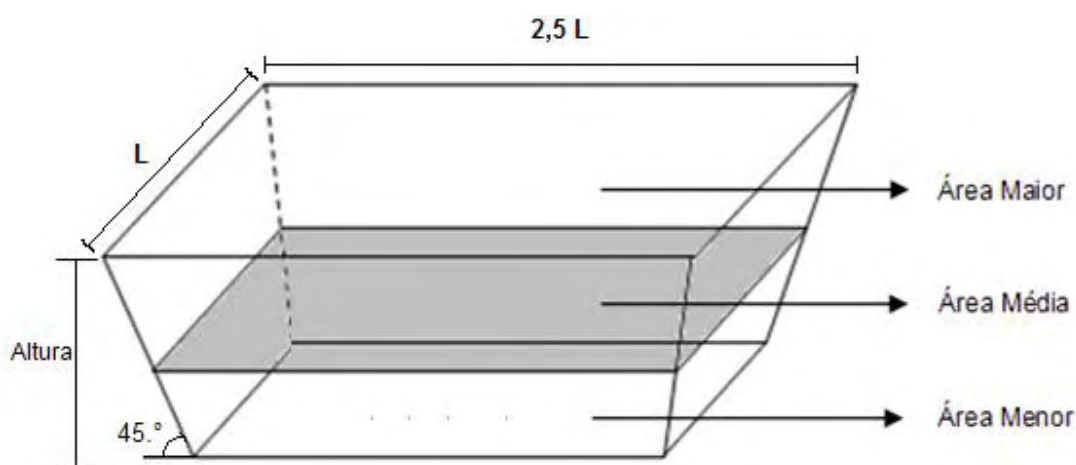
$$\text{Área do Tanque (m}^2\text{)} = \frac{\text{Vazão do Afluente (m}^3\text{)}}{\text{Velocidade de Sedimentação* (m}^3\text{/h)}}$$

* Variando de 0,1 a 0,3 de acordo com dejetos diluídos a concentrados, respectivamente.

O comprimento e a largura do tanque devem obedecer à relação de $L = 0,30C$, em que L é a largura e C o comprimento. Altura de 0,5 m. Deve adicionar tanto ao comprimento, largura e altura 0,20 m, devido as obras da base e alvenaria.

2.2 Lagoa facultativa

Com base na recomendação da área média para lagoas facultativas, dimensionam-se as áreas maior e menor da lagoa. Para isso basta achar o L ($A = L \times 2,5L$) da área média e somar com a altura e posteriormente efetuar o cálculo da área maior. Para área menor faz à mesma operação basta subtrair a altura do L da área média. ESSA REGRA VALE SOMENTE PARA ÂNGULO DE 45°.



Após determinadas às áreas para achar o volume basta usar a fórmula do tronco da pirâmide.

$$Volume = \frac{Altura}{3} \left(Área Maior + \sqrt{Área Maior \cdot Área Menor} + Área Menor \right)$$

3 Base do sistema de decantação e alvenaria

3.1 Base

O concreto (1 : 3 : 5) com 0,2 m de espessura.

1 m³ de concreto = 250 kg de cimento (5 sacos)

0,53 m³ de areia grosso

0,89 m³ de brita nº. 2

Área da Base = C x 0,3C

Volume de Concreto (m³) = Área da Base (m²) x 0,1 (m)

Cimento = Volume de Concreto (m³) x 208 (kg)

Areia Grossa = Volume de Concreto (m³) x 0,564 (m³)

Brita nº. 1 = Volume de Concreto (m³) x 0,882 (m³)

3.2 Alvenaria

Parede

Tamanho do Tijolo Maciço

Parede de 1 Tijolo = 140 tijolos por metro quadrado

0,054 m³ de argamassa (assentamento)

0,025 m³ de argamassa (revestimento)

A argamassa de assentamento e revestimento (1 : 3)

1 m³ de argamassa = 487 kg de cimento (9,74 sacos)

1,00 m³ de areia média

Área da Parede (m²) = [(Comprimento (m) x Altura (m)) x 2] + [(Largura (m) x Altura (m)) x 2]

N.º de Tijolos = Área da Parede (m²) x 140

Volume de Argamassa (m³)

Assentamento (m³) = Área da Parede (m²) x 0,054

Revestimento (m³) = [Área da Parede (m²) + (C x 2 x 0,2) + (0,3C x 2 x 0,2) x 0,025]

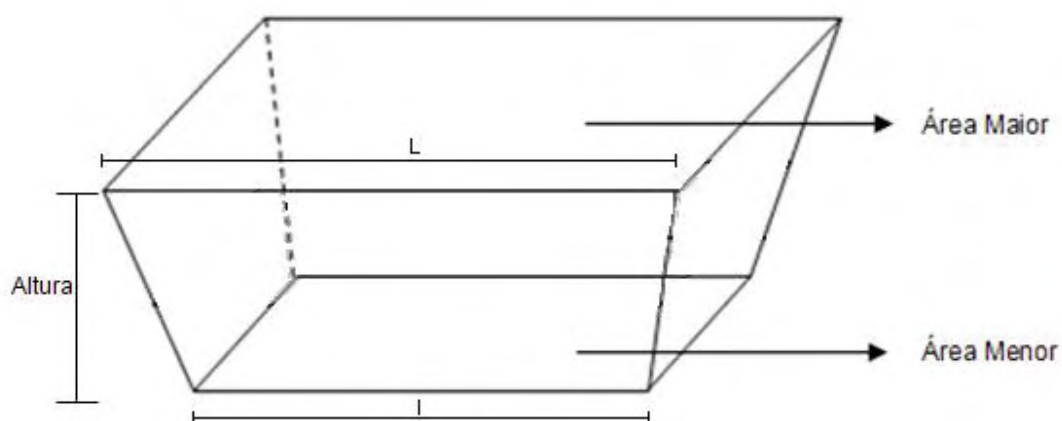
Volume Final de Argamassa (m³) = Assentamento (m³) + Revestimento (m³)

Cimento = Volume Final de Argamassa (m³) x 487 (kg)

Areia Grossa = Volume Final de Argamassa (m³) x 1,00 (m³)

4 Lona impermeabilizante e Material

4.1 Lona impermeabilizante (VMP 0,80 mm)



Para determinar a área necessária é preciso primeiramente encontrar L e l:

$$\text{Área Maior (m}^2\text{)} = L^2 \text{ (m)} \therefore L \text{ (m)} = \sqrt{\text{Área Maior (m}^2\text{)}}$$

$$\text{Área Menor (m}^2\text{)} = l^2 \text{ (m)} \therefore l \text{ (m)} = \sqrt{\text{Área Menor (m}^2\text{)}}$$

$$\text{Área Total (m}^2\text{)} = \left\langle \left\{ \left[\left[\frac{(L+l)}{2} \times \text{Altura} \right] \times 2 \right\} + \left\{ \left[\left[\frac{(2L+2l)}{2} \times \text{Altura} \right] \times 2 \right\} + 2l^2 \right\rangle + 20\%$$

5 Material

5.1 Primeiro Alagado Construído

Tubos de Entrada do Afluente e Saída do Efluente

PVC 100 mm = 4 barras com 6 metros

MÃO-DE-OBRA

1 Escavação

1.1 Decantação

Poceiro = 2,5 h/m³

Servente = 2,5 h/m³

1.2 Lagoas

Trator de Esteira (56 a 65 kW – 75 a 87 HP) = 0,0176 h/m³

2 Serviços com Concreto

Preparo do Concreto

Servente = 10,0 h/m³

Lançamento do Concreto

Pedreiro = 5,2 h/m³

Servente = 8,0 h/m³

3 Serviços com Alvenaria

Alvenaria de Tijolos

Pedreiro = 1,2 h/m³

Servente = 1,2 h/m³

4 Serviços para Colocação da Lona

Técnico = 0,010 h/m²

Auxiliar = 0,015 h/m²