

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**MODELO PARA SELEÇÃO DE SISTEMAS DE
TRATAMENTO DE EFLUENTES DE INDÚSTRIAS DE
CARNES**

Tese de Doutorado

Doutorando: Djalma Dias da Silveira

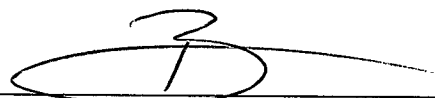
Orientadora: Prof^a Rejane Helena Ribeiro da Costa

Florianópolis, outubro de 1999.

**MODELO PARA SELEÇÃO DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE
EFLUENTES DE INDÚSTRIAS DE CARNES**

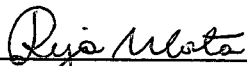
DJALMA DIAS DA SILVEIRA

**Esta Tese foi julgada para a obtenção do título de DOUTOR EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO e aprovada em sua forma final pelo programa de Pós-Graduação**



**Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.
Coordenador do Curso**

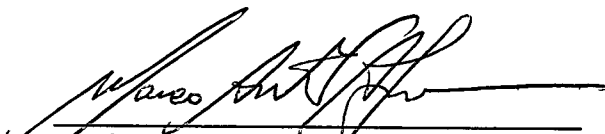
BANCA EXAMINADORA



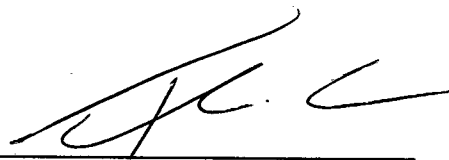
**Prof.ª Rejane H. Ribeiro da Costa, Dr.ª
Orientadora**



Prof. Paulo Belli Filho, Dr.



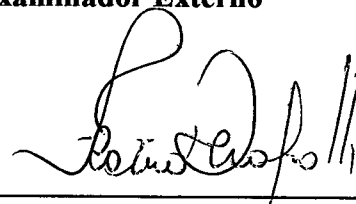
**Prof. Marco A. Almeida de Souza, Dr.
Examinador Externo**



**Prof. Felipe Martins Müller, Dr.
Examinador Externo**



Prof.ª Edis Mafra Lapolli, Dr.ª



**Prof. Flávio R. Lapolli, Dr.
Moderador**

Agradecimento:

Agradeço a Deus por aqui estar,
À minha esposa Liliane por caminharmos juntos,
Aos meus filhos Rodrigo e Luciana por seu desprendimento
aos pais pela compreensão,
aos amigos pelo apoio,
aos colegas pelo companheirismo,
ao curso pelas oportunidades,
aos professores pelos incentivos,
aos orientadores pela compreensão e estímulo,
à todos que contribuíram de alguma forma, e
à Natureza pela inspiração e oportunidade desta pequena contribuição,
Somente não posso a ela agradecer pelos meus danos e
pela insensatez dos homens ...

“A natureza parece estar com febre. O mal somos nós”

William Ruckelshaus (U.S. EPA)

“e a solução está em nós...”

RESUMO

Neste trabalho foram desenvolvidas ferramentas para auxiliar na decisão dos projetistas e profissionais ligados à área ambiental em relação às alternativas tecnológicas a serem usadas nos projetos de sistemas de tratamento em indústrias de carnes. Através de pesquisas e convênios com empresas do setor, foram encontradas uma série de deficiências de projeto tanto em nível de execução e dimensionamento como de escolha dos equipamentos ou tecnologias usadas. Analisou-se diversas indústrias de pequeno e médio porte do interior do Estado do Rio Grande do Sul, as quais possuem abate de bovinos, de suínos, de bovinos e suínos e algumas possuem a alternativa de processamento de carnes. Seus processos e os respectivos sistemas de tratamento de efluentes com a subordinação ao sistema gerencial também foram analisados e constituem a base de dados para o desenvolvimento da metodologia utilizada neste trabalho. Realizou-se análises dos efluentes brutos de diversas indústrias de carne da região central do Rio Grande do Sul obtendo-se parâmetros médios, mais adequados à Região, com a finalidade de projetar os sistemas de tratamento de resíduos líquidos. Foi desenvolvido um sistema computacional usando a metodologia de sistemas especialistas como ferramenta para gerar fatores relativos, derivados de informações de especialistas ou de usuário, para serem usados como forma de comparar diferentes tecnologias de tratamento de resíduos, com diferentes parâmetros operacionais entre si. O modelo de sistema especialista também foi utilizado para identificar e quantificar os dados da empresa que alimentam o processo de escolha entre alternativas técnicas aceitáveis ao tratamento do efluente da indústria, tanto para a indústria nova como à existente. Utilizou-se metodologia heurística para obter as alternativas técnicas à partir de sequenciamento seletivo entre tecnologias de tratamento do tipo primárias, secundárias e terciárias e também de combinações especiais e solicitadas pelo usuário ou projetista. A heurística utilizada inclui a seleção de alternativas técnicas viáveis mediante a aplicação de restrições geradas ou solicitadas pelos módulos de origem especialista. O sistema desenvolvido utiliza a classificação em ordem crescente de custos relativos entre as alternativas técnicas obtidas. A análise de custos pode utilizar duas metodologias: método do custo anual e método do custo inicial (custo de implantação da alternativa no primeiro ano). Foram realizadas simulações considerando indústrias em situação idealizada, mas com variação na sua produção. Foram

simuladas, também, diferentes empresas comparando os sistemas implantados com os sistemas simulados (casos de estudo real), com a finalidade de verificar a adequação da metodologia desenvolvida. Os resultados obtidos nas simulações foram compatíveis com as estruturas existentes. Concluiu-se que a metodologia desenvolvida neste trabalho pode ser utilizada como ferramenta no projeto de sistemas de tratamento de resíduos de indústrias de carne. Com esta aplicação é de se esperar a melhoria da qualidade ambiental neste ramo industrial, acompanhada de soluções isentas de preferências pessoais dos projetistas e com custos compatíveis com a realidade da empresa. O trabalho inicialmente foi desenvolvido para a pequena e média indústria de carnes, podendo ser estendido para outras indústrias mediante modificações nas regras utilizadas. Ao final do trabalho são sugeridas diversas oportunidades de continuidade e melhoria da metodologia desenvolvida.

ABSTRACT

In this work tools were developed to make decisions for planners and other professionals linked to the environmental area. It was related to the technological alternatives that would be used in the projects of treatment systems in meat industries. Through researches and agreements with companies of the sector, there were found a series of deficiencies in several projects from the execution level and to the equipments chosen or technologies used. In this work it was analyzed several small and medium industries in the contrys of the State of Rio Grande do Sul-Brazil. They were slaughterhouses of bovine and/or swine and some of them have the alternative of meat processing. Its processes and the respective systems of effluent treatment with the subordination to the management system were also analyzed and they constitute the base of data for the development of the methodology used in this work. It was accomplished the analyses of the gross efluentes of several meat industries in the central area of Rio Grande do Sul, resulting in medium parameters to the project, more adapted to the local region. A computacional system was developed using the methodology of expert systems as tool to generate relative factors, derived from experts information or users to be used comparison for different technologies of residues treatment and different operational parameters. The model of expert system was also used to identify and to quantify the data of the company that feeds the chosen process among acceptable technical alternatives to the treatment of industry effluent, for the new industry as well as for the existent. One heuristic methodology was used to obtain the technical alternatives starting from selected sequences among primary, secondary and tertiary treatment technologies and also special combinations or requests by the user or planner. The heuristic proposal includes the selection of viable technical alternatives by means of the application of generated restrictions or requested by the modules of expert origin. The developed system uses the classification in increasing order of relative costs among the obtained technical alternatives. The analysis of costs can use two methodologies: annual and initial cost. Simulations were accomplished considering industries in ideal situation, but with variation in its production. Made simulations for different companies comparing the systems implanted with systems simulations (cases of real study), searching of verify the adaptation of the methodology proposed. The results obtained in the simulations were compatible with the existent structures. It was concluded that the

methodology developed in this work can be used as a tool in the project of residues treatment systems of meat industries. With this application it is of waiting the improvement of the environmental quality in this industrial sector, accompanied of exempt solutions of the planners' personal preferences and with compatible costs with the reality of the company. The work was initially developed for small and medium meat industry and it could be extended for other industries by means of modifications in the rules used.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iii
PENSAMENTO	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vii
SUMÁRIO	ix
LISTA DE FIGURAS	xiv
LISTA DE TABELAS	xvi
LISTA DE ANEXOS	xvii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Origem do trabalho	1
1.2. A indústria de carnes e a influência do meio ambiente	6
1.3. Objetivos do trabalho	8
1.4. Linhas de pesquisa	9
1.5. Hipóteses e o problema proposto neste trabalho	9
1.6. Limitações e delimitação do trabalho	10
1.7. Estrutura do trabalho	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1. A Indústria de Carnes Bovina e Suína	12
2.2. Os estabelecimentos de abate de bovinos	15
2.2.1. Recepção	15
2.2.2. Abate	15
2.2.2.1. Insensibilização e sangria	17
2.2.2.2. Remoção do couro	17
2.2.2.3. Evisceração e resfriamento	17
2.2.3. Recuperação de subprodutos	18
2.2.3.1. Processamento de couros	18
2.2.3.2. Processamento do sangue	18

2.2.3.3. Produção de gorduras não comestíveis e farinhas (graxaria)	18
2.2.3.4. Processamento de vísceras brancas	19
2.2.3.5. Processamento de vísceras vermelhas	19
2.2.3.6. Processamento de patas e cabeças	19
2.2.4. Tratamento de resíduos	20
2.3. Os estabelecimentos de abate de suínos	20
2.3.1. Recepção	21
2.3.2. Abate	21
2.3.2.1. Insensibilização e sangria	23
2.3.2.2. Escaldagem, depilação e barbeação	23
2.3.2.3. Evisceração e resfriamento	24
2.3.3. Recuperação de subprodutos	24
2.3.4. Tratamento de resíduos	24
2.4. Os estabelecimentos com fabricação de embutidos	25
2.4.1. Conservação da carne	25
2.4.2. Cura da carne	26
2.4.3. Fabricação de embutidos	26
2.4.4. Os estabelecimentos de embutidos	27
2.5. Os padrões de emissão	29
2.6. Os sistemas de tratamento e o ambiente	29
2.6.1. Poluição	29
2.6.2. A poluição e órgãos de controle	31
2.6.3. O tratamento dos efluentes industriais	32
2.6.3.1. Efluentes líquidos ou águas residuárias	32
2.6.3.2. Características dos efluentes líquidos	33
2.6.3.3. Medida da vazão em processos de tratamento industriais	33
2.6.3.4. Processos de tratamento de efluentes líquidos	34
2.6.4. Efluentes Gasosos	37
2.6.4.1. Alteração de Processo	37
2.6.4.2. Dispersão	38
2.6.4.3. Remoção dos poluentes e posterior dispersão	38
2.6.4.4. Classificação dos efluentes gasosos	38
2.6.4.5. Processos de remoção de emissões aéreas	39

2.6.4.5.1. Partículas	39
2.6.4.5.2. Gases e odores	39
2.6.5. Efluentes sólidos ou resíduos sólidos	40
2.7. Os modelos matemáticos	40
2.7.1. Modelos sobre a água	40
2.7.2. Modelos integrados	47
2.7.3. Inteligência artificial (IA)	48
2.7.3.1. Sistemas especialistas, redes neurais e processamento sub-simbólico	49
2.7.4. Sistema Especialista (SE)	49
2.7.4.1. Arquitetura de um sistema especialista	50
2.7.4.1.1. A base de conhecimentos	51
2.7.4.1.2. A máquina de inferência	51
2.7.4.1.3. O quadro-negro	51
2.7.4.1.4. Sistema de justificação	52
2.7.4.1.5. Mecanismo de aprendizagem	53
2.7.4.1.6. O sistema de aquisição do conhecimento	53
2.7.4.1.7. Sistema de consulta	53
2.7.5. Fases do desenvolvimento de um sistema especialista	54
2.7.5.1. Fase da identificação	54
2.7.5.1.1. Identificação dos recursos	54
2.7.5.1.2. Identificação das características do problema	54
2.7.5.2. Fase da conceituação	54
2.7.5.3. Fase da formalização	55
2.7.5.4. Fase da implementação	55
2.7.5.5. Fase do teste e avaliação	55
2.7.5.6. Fase da revisão	55
2.7.6. Dificuldades e limitações dos sistemas especialistas	56
2.7.7. Aplicações de sistemas especialistas	56
3. A QUESTÃO AMBIENTAL E O PROBLEMA EM PROPOSIÇÃO	57
3.1. Introdução	57
3.2. A situação da pequena e média empresa do setor indústria de carnes	60
3.3. O problema proposto	61

4. O MODELO PROPOSTO PARA A SOLUÇÃO	64
4.1. Introdução	64
4.2. Metodologia	67
4.2.1. O Gerador de alternativas tecnicamente viáveis	69
4.2.2. Avaliação das soluções	70
4.2.2.1. Função de custo	70
4.2.3. Sistema Especialista	70
4.2.3.1. Mecanismo de dedução	71
4.2.3.2. Conhecimento base	71
4.3. Implementação	71
5. O MODELO DO SISTEMA COMPUTACIONAL	73
5.1. Introdução	73
5.2. A estrutura do sistema	73
5.3. O programa gerador de soluções (GERALT)	73
5.3.1. O modelo matemático	74
5.3.2. O algoritmo para a montagem de alternativas técnicas	78
5.3.2. Poda de nós	79
5.3.4. Análise econômica	80
5.4. Programas de apoio	81
5.4.1. Programa gerador de alternativas (ALTERCAR)	81
5.4.2. Programa gerador do banco de dados (GERBDADO)	81
6. APLICAÇÃO PRÁTICA E ANÁLISE DOS RESULTADOS	83
6.1. Introdução	83
6.2. Simulação inicial	83
6.3. Simulação do primeiro caso real	85
6.4. Simulação do segundo caso real	87
6.5. Simulação do terceiro caso real	88
6.6. Simulação do quarto caso real	90
6.7. Análise dos resultados	92
7. CONCLUSÃO	94

7.1. Conclusão	94
7.2. Sugestões para futuros trabalhos	96
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
9. ANEXOS	116

LISTA DE FIGURAS

1.01. Aspecto visual da saída de uma empresa de abate	4
1.02. Aspecto visual dos fundos de uma empresa de abate	4
1.03. Aspecto visual de um sistema de tratamento com problema de concepção	7
1.04. Aspecto visual de um sistema de tratamento com problema de gestão	8
2.01. Fluxograma do processo de uma abatedouro de bovinos	16
2.02. Fluxograma do processo de uma abatedouro de suínos	22
2.03. Fluxograma simplificado da industrialização de carne	28
2.04. Fluxo em uma corrente	41
2.05. Arquitetura genérica de um sistema especialista (SE)	50
3.01. Aspecto visual do interior de um abatedouro típico	62
3.02. Geração de resíduos na sala de processamento de vísceras em um abatedouro	62
3.03. Geração de resíduos em uma pequena salsicharia	63
4.01. Lagoa de 3 hectares adaptada com aguapé. Problema não previsto: manutenção	65
4.02. Sistema de tratamento de efluentes instalado em solo íngreme.	66
4.03. Lagoa de estabilização anaeróbia assoreada principalmente por estrume.	66
4.04. Estrutura da técnica de solução do problema proposto	67
4.05. Fluxograma do processo desenvolvido	68
4.06. Sintaxe da regra do sistema especialista	70
5.01. Sistema gerador de alternativas de tratamento: inter-relações entre os programas	74
5.02. Trecho de programa contendo a estrutura de identificação da atividade principal da empresa.	75
5.03. Modelo de alternativas na forma de árvore de decisão	79

6.01. Detalhe da planta de situação do sistema de tratamento de resíduos do frigorífico em análise no caso real 01	86
6.02. Detalhe da planta de situação do abatedouro analisado no segundo caso real 02	87
6.03. Vista parcial da salsicharia analisada no caso real 03	89
6.04. Vista parcial do sistema de tratamento utilizado pela empresa analisada no caso real 04	90

LISTA DE TABELAS

2.01. Produção mundial de carne bovina	12
2.02. Produção mundial de carne suína	13
2.03. Padrões de efluentes brutos	29
3.01. Médias de efluentes brutos de frigoríficos da região central do Rio Grande do Sul	60
5.01. Alternativas geradas de tecnologias primárias x secundárias x terciárias	78
6.01. Resumo das simulações realizadas para um abatedouro idealizado	84
6.02. Resumo das simulações sobre o primeiro caso real	86
6.03. Resumo das simulações sobre o segundo caso real	88
6.04. Resumo das simulações sobre o terceiro caso real	89
6.05. Resumo das simulações sobre o quarto caso real	91
6.06. Resumo das melhores soluções obtidas para os estudos de caso reais	93

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 01. Modelo baseado em sistema especialista para gerar alternativas técnico-econômicas para o tratamento de efluentes da indústria de carnes	117
ANEXO 02. Planilhas e arquivos utilizados pelo sistema	119
ANEXO 03. Diagrama de fluxo do programa GERALT	124
ANEXO 04. Listagem do programa GERALT	128
ANEXO 05. Diagrama de fluxo do programa de alteração/inclusão de Tecnologias (ALTERCAR)	176
ANEXO 06. Listagem do programa de alteração/inclusão de tecnologias (ALTERCAR)	178
ANEXO 07. Diagrama de fluxo do programa de alteração/inclusão de dados gerais (GERBDADO)	210
ANEXO 08. Listagem do programa GERBDADO	213
ANEXO 09. Listagem de alguns registros iniciais de arquivo banco de dados	219
ANEXO 10. Simulação para um abatedouro de bovinos ideal	220
ANEXO 11. Simulação para o primeiro caso real	248
ANEXO 12. Simulação para o segundo caso real	255
ANEXO 13. Simulação para o terceiro caso real	259
ANEXO 14. Simulação para o quarto caso real	263
ANEXO 15. Verificação do espaço físico para um sistema de tratamento de resíduos líquidos	268

1. INTRODUÇÃO

1.1. Origem do trabalho

O crescimento populacional tem sido preocupação há décadas, nos últimos anos este crescimento tem atingido níveis demográficos insuportáveis para o ambiente, causando degradações permanentes em algumas regiões do globo.

Segundo SIMON e DeFRIES (1992), juntamente com o aumento da população, também aumentaram os padrões de vida de muitas pessoas, o consumo de combustíveis fósseis e a expansão da economia mundial. Estas mudanças permitiram que o bem-estar da humanidade melhorasse de modo espantoso, mas o custo foi alto. Infelizmente, muitos dos processos que produzem ganhos degradam o ambiente e depauperam o capital ecológico – solos, florestas, espécies, pesca e recursos hídricos – do qual depende a humanidade.

As pessoas que vivem nos países ricos e desenvolvidos, com apenas um quarto da população mundial, consomem a maior parte da energia do mundo. Elas comandam aproximadamente oitenta por cento (80%) da riqueza do mundo, usam a maioria dos recursos naturais existentes e geram a maior quantidade de detritos.

As pessoas que vivem nos países subdesenvolvidos, com três quartos da população mundial, possuem menos de um quarto da riqueza do mundo. Mas os milhões de pessoas pobres do mundo subdesenvolvido também contribuem para a exaustão de recursos e o estresse ambiental. Os pobres e famintos em geral são compelidos a destruir seu ambiente – desmatando florestas e esgotando o solo – a fim de sobreviver.

No mundo subdesenvolvido, a melhoria no padrão de vida das pessoas tem possibilitado a redução no ciclo de crescimento populacional rápido e conseqüentemente a redução dos prejuízos ambientais que ele acarreta. A experiência de vários países mostra que o desenvolvimento econômico, quando combinado com melhores oportunidades de emprego e educação, resulta em menores taxas de natalidade. O perigo, conforme observou Ruckelshaus no Fórum sobre Mudanças Globais e Nosso Futuro Comum, em maio de 1989, é que “se os quatro quintos da humanidade, hoje nos países subdesenvolvidos, tentarem criar riquezas usando os métodos do passado, o resultado será um dano ecológico mundial inaceitável”. Se

forem trilhados os mesmos caminhos para a prosperidade usados no passado pelas nações desenvolvidas, esses números podem dobrar na metade do próximo século.

Segundo MARTINE (1993), sobre o fator populacional, predomina amplamente a interpretação neo-malthusiana: costuma-se entender que existe uma relação quase linear entre crescimento demográfico e pressão sobre recursos, principalmente ambientais. Ou seja, a noção de que a população do planeta aumenta exponencialmente, à razão de um bilhão de novos habitantes a cada onze anos, e de que isso está relacionado à depleção de água limpa, à intoxicação do ar e outros fatores, concentra a maior parte das atenções da mídia e da opinião pública. Daí a postular a necessidade do controle populacional, isto é, de reduzir o crescimento vegetativo via ações sobre o comportamento reprodutivo de indivíduos ou casais, é um passo fácil.

A simplicidade aparente deste raciocínio é fator fundamental do interesse na questão. Contrasta com a óbvia complexidade de outras abordagens. Como conciliar desenvolvimento com preservação? Essa é uma questão que desafia a tentativa de encontrar soluções pré-fabricadas indolores. A fórmula inicialmente tão atraente do "desenvolvimento sustentável" já perdeu muito do seu brilho pois, na prática, constitui um objetivo difícil e complicado – particularmente quando confrontado com as perspectivas da globalização da economia de mercado. Atualmente a busca da "sustentabilidade aplicada" tem sido promissora e mais realista. Descobre-se que o crescimento econômico, nos moldes conhecidos, é extremamente devastador de recursos naturais e poluidor do meio ambiente. A preservação ambiental, na melhor das hipóteses, vai custar caro em pesquisa e tecnologia, ou vai exigir mudanças significativas nos padrões conhecidos de produção e consumo. Neste raciocínio simplista, bastaria reduzir o crescimento dos povos subdesenvolvidos para que o desmatamento, a desertificação, a erosão e uma série de graves ameaças ambientais fossem eliminadas – trazendo, de quebra, uma redução do número de pobres famintos. A este raciocínio denominamos de neo-malthusianismo, o qual torna-se atraente para vários setores, principalmente para os países desenvolvidos, o que evitaria a necessidade de pensar em reformas, mudanças estruturais e iniciativas políticas complicadas.

Parte da comunidade científica também é propensa a aceitar esta argumentação, pois os estudos são desenvolvidos em ecossistemas e populações fechadas, onde o crescimento exagerado de qualquer parte coloca em xeque todo o sistema, ao contrário, o que se observa é que somente ocorrem reduções significativas tanto na fecundidade como nas agressões ao meio ambiente em povos que atingiram um estágio de desenvolvimento e educação elevados,

o que implica que o nosso pleno desenvolvimento deve ser igualmente acompanhado pelo crescimento cultural e pelo incremento tecnológico na indústria, principalmente enquanto não ocorrem possíveis alterações estruturais.

Seguindo este raciocínio, deve-se citar a introdução de Sérgio Magalhães, em VALLE (1995): “Em algum momento a humanidade pôde se dar ao luxo de extrair, produzir e consumir sem se preocupar com a concorrência e o desperdício. Os recursos naturais pareciam inesgotáveis e os mercados, impermeáveis. Porém, este processo mudou irreversivelmente, transformando o progresso quase forçado em evolução quase caótica. A natureza, que assimilava sem traumas as necessidades de um desenvolvimento controlado, hoje se mostra totalmente vulnerável às mega-agressões de uma população que, neste impreciso período, dobrou, triplicou e logo vai quadruplicar.

Agora, ante a total impossibilidade de deter o progresso, só nos resta a alternativa de domá-lo, controlá-lo, adequá-lo, enfim, a sua mais inerente finalidade: o bem-estar do ser humano. O mundo novo, que de alguma forma confirma as previsões de Malthus e McLuhan, tem como prioridade básica continuar existindo e, na medida do possível, como o melhor habitat para a única criatura feita – segundo a maioria das crenças – à semelhança de um ser superior.

Preservar o meio ambiente não é mais um modismo de minorias, mas uma necessidade universal para a preservação de nossa espécie. E preservar a espécie humana não teria sentido sem padrões mínimos – e dignos – de bem-estar. Toda e qualquer obra ou tarefa que persiga esses dois objetivos – separada ou conjuntamente – será um grande passo, uma importante contribuição para a missão que é de todos nós...”

Parece lógico que qualquer iniciativa que auxilie a melhor relação entre o homem e o meio ambiente é altamente justificável e benéfica para o próprio homem, podendo auxiliar na reversão das previsões mais pessimistas ou simplesmente amenizá-las.

Ao mesmo tempo, o crescente desenvolvimento da consciência ecológica em todos os níveis tem levado ao desenvolvimento de diversos mecanismos da sociedade visando a preservação ambiental em seus diferentes níveis. Contrasta com esta consciência o relativo atraso existente em alguns segmentos que ainda insistem no trato do ambiente como sua propriedade, o que pode ser visualizado nas figuras 1.01 e 1.02. a seguir.

Uma das ações de maior amplitude foi a elaboração da Agenda 21, resultado da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada na cidade do Rio de Janeiro em 1992, com o objetivo de integrar todos os aspectos relativos ao



Fig. 1.01. Aspecto visual da liberação do efluente de uma empresa de abate para o corpo receptor.



Fig. 1.02. Aspecto visual dos fundos de uma empresa de abate. Note que o ponto de lançamento do efluente passou a ser também depósito de sucatas.

desenvolvimento e à proteção do meio ambiente, levando em conta as questões sociais e as desigualdades reinantes entre o Norte e o Sul de nosso planeta, AGENDA 21/RS (1998).

Os resultados dessas ações, contudo é lento, pois envolve a aceitação pela sociedade como um todo e pelos empresários por sua capacidade de gestão de recursos isoladamente. Dos mecanismos criados na sociedade, a forma que tem produzido maior efeito junto às pequenas e médias empresas tem sido a legislação ambiental, com suas inúmeras resoluções e parâmetros a serem atendidos. Este poder de vigilância tem levado as empresas a investirem parte de seu capital em sistemas de tratamento de seus efluentes, sendo que inúmeras empresas têm descoberto que este investimento pode significar retorno a médio e longo prazo, incentivadas por modernas ferramentas de gestão e principalmente de gestão ambiental. Este incentivo é particularmente observado nas empresas que tem implantado um sistema de qualidade de produto e, mais recentemente, através da série ISO 14.000 existe também forte incentivo à implantação de sistemas de gestão ambiental em suas empresas. Segundo VALLE (1995), este incentivo, apesar da conjuntura econômica no Brasil, propiciou em meados de maio de 1999 se ultrapassasse a marca de 100 empresas certificadas pelo INMETRO em relação à norma ISO 14001, FEROLLA (1999).

As micro e pequenas empresas cumprem um papel importante na criação de riquezas no Brasil. Elas representam 98% das cerca de 4,5 milhões de empresas brasileiras, empregam aproximadamente 60% da mão-de-obra. Entretanto, em função da difícil conjuntura econômica brasileira, a questão ambiental ainda encontra-se num estágio de sensibilização e entendimento por parte dos empresários, ZITZ (1999).

No tocante às pequenas e médias empresas da indústria de carnes, estas encontram-se em acirrada luta competitiva com as grandes corporações e em luta permanente com o seu próprio sistema gerencial e o seu atraso tecnológico, sendo que um número significativo ainda debate-se em resolver problemas de “adequação” à legislação ambiental.

Neste contexto, encontram-se sistemas de tratamento ambiental totalmente defasados e baseados em premissas passadas, imperando o sistema de “cópia” de projetos, sem o devido acompanhamento técnico. Também, no passado, a falta de técnicos propiciou a proliferação de tecnologias empíricas e muitas vezes baseadas na experiência prévia e com conseqüente tendenciosidade inconsciente dos mesmos.

Na indústria de alimentos, e considerando o segmento de carnes, a busca de novas tecnologias tem sido uma constante, principalmente visando ao aproveitamento de resíduos antes considerados desprezíveis e como tal eram liberados ao meio ambiente. A aplicação de

técnicas de gestão aliada às ferramentas e filosofias atuais como a "emissão zero" (PAULI - 1996), "tecnologia limpa" (CNTL-1998) e sua versão "tecnologia mais limpa" (AMUNDSEN - 1999), "APPCC/HACCP - Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle" (SENAI - 1998) e (GARCIA - 1998), e "Boas Práticas de Fabricação" (JORDANO - 1997), tem propiciado consideráveis melhorias na redução da emissão de resíduos nas indústrias de alimentos, entretanto, esta redução está limitada às necessidades de higienização na indústria, segundo ANDRADE & MACEDO (1996), por normas e legislação. No estado atual, apesar das tecnologias disponíveis ainda é elevado o despejo de resíduos, principalmente utilizando a água como veículo, em função do elevado consumo nas diferentes etapas de higienização. A esta geração de resíduos deve ser dado um destino adequado, visando a minimização dos impactos sobre o meio ambiente e também a minimização de recursos aplicados em função da elevada concorrência no setor.

1.2. A indústria de carnes e a influência do meio ambiente

Um dos setores que tradicionalmente cresceu sem importar-se com o ambiente, principalmente por que o seu resíduo é integralmente de origem orgânica, foi a indústria de carnes, a qual tem suas origens nos antigos açougues com abate próprio no quintal e passou por evolução acentuada até os complexos sistemas integrados da atualidade.

Este setor apesar de potencialmente poluidor muitas vezes passa despercebido pela sociedade em geral, uma vez que não manipula substâncias químicas altamente tóxicas, entretanto, a sociedade circunvizinha logo sente a presença dessa indústria, e esta é notada principalmente nos corpos receptores os quais têm o seu equilíbrio alterado.

Com a globalização, as indústrias de carnes têm sofrido contínua e exacerbada concorrência, bem como as exigências dos órgãos de controle fito-sanitário e principalmente dos órgãos ambientais. Dessa forma, um setor acostumado com tecnologias tradicionalmente do tipo familiar (SILVEIRA, 1996 e 1997), tem de encontrar soluções que tornem possível a sua sobrevivência num meio de alta competitividade e com controles sanitários mais rigorosos.

A entrada de produtos importados, bem como o acentuado desenvolvimento tecnológico, principalmente nos últimos anos induzem a indústria de pequeno e médio porte a paulatinamente repensar o seu "modus operandi", algumas iniciam com planejamento

estratégico, outras buscam soluções na mudança gerencial e a grande maioria ainda está preocupada em manter-se em atividade mediante o atendimento das legislações pertinentes.

Esta indústria tem sofrido o agravante de frequentemente não atender sequer a legislação ambiental, devido à premissas ou execuções inválidas em seus sistemas de tratamento, tanto em nível gerencial como de projeto, ver as figuras 1.03 e 1.04 a seguir. Dessa forma, a busca de soluções ou ferramentas que auxiliem o processo decisório beneficia o setor como um todo e principalmente a empresa envolvida, pois os custos de projetos mal concebidos ou não compatíveis com o porte da empresa podem significar além de um prejuízo, também o comprometimento da sua sobrevivência pela perda de competitividade.



Fig. 1.03. Aspecto visual de um sistema de tratamento com problema de concepção.



Fig. 1.04. Aspecto visual de um sistema de tratamento com problemas de gestão.

1.3. Objetivos do trabalho

Este estudo objetivou criar ferramentas que auxiliem o projeto e a revisão dos sistemas de tratamento de resíduos líquidos da indústria de carnes mediante o uso de tecnologia baseada em sistemas especialistas combinado com algoritmo heurístico para a simulação de alternativas tecnológicas e busca das melhores alternativas tanto técnica como economicamente.

O trabalho tem ainda como objetivos específicos:

- a melhoria dos sistemas de tratamento de resíduos de forma a atender a legislação;
- estudo de novos parâmetros para o projeto dos sistemas de tratamento de resíduos desta indústria;
- melhor qualidade do produto com redução de geração de resíduos; e
- mudanças na mentalidade gerencial das empresas, com a criação e implantação progressiva de sistemas de gestão ambiental, incluindo as normas ISO 14000.

Os dois últimos objetivos serão conquistados pela comparação entre tecnologias que levem à redução de resíduos e conseqüente melhor qualidade do efluente final e as tecnologias que somente utilizam os recursos, as quais exigem mais dos sistemas de tratamento dos resíduos com aumento no custo de implantação e de manutenção dos mesmos.

1.4. Linhas de pesquisa

O Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção possui entre as suas linhas de pesquisa a Qualidade Ambiental, dessa forma este trabalho enquadra-se nesta linha, além de utilizar outras áreas da Engenharia de Produção como ferramentas, tais como gestão de variáveis, inclusive a ambiental, sistemas especialistas e futuramente noções de redes neurais.

Deve-se lembrar ainda que o desenvolvimento de métodos e algoritmos que auxiliem no projeto enquadra-se na área de Engenharia de Avaliação e Inovação Tecnológica, uma vez que busca metodologia aplicável ao projeto de Sistemas de Tratamento de Efluentes.

1.5. Hipóteses e o problema proposto neste trabalho

A principal hipótese formulada para este trabalho refere-se que "existe possibilidade através de metodologia computacional utilizando ferramentas de sistemas especialistas e geração de algoritmos heurísticos que sejam obtidas soluções viáveis técnica e economicamente para a implantação de sistemas de tratamento de efluentes de indústrias de carnes."

Outras hipóteses:

- é possível obter comparações rápidas entre tecnologias, envolvendo apenas informações fornecidas por especialista, sem a necessidade de detalhar um projeto;
- é possível obter alternativas que atendam à legislação e a critérios técnicos e econômicos concomitantemente;
- é possível obter estimativas para as cargas poluidoras das diversas empresas do setor de abate e manipulação de carnes em função da realidade local e não somente em função de trabalhos externos.

1.6. Limitações e delimitação do trabalho

Este trabalho é dirigido às pequenas e médias empresas do setor de abate e manipulação de carnes do interior do Estado do Rio Grande do Sul. Os dados amostrais coletados referem-se a este setor, devendo haver cuidado ao extrapolar os resultados para outras situações. Inicialmente implantou-se o estudo para as limitações técnicas em torno de disponibilidade de espaço físico para a implantação de tecnologias de tratamento de resíduos líquidos juntamente com questões ligadas à inclinação média do terreno, qualidade e tecnologias utilizadas, produção desejada e rendimento global da alternativa envolvendo uma ou mais tecnologias de tratamento. O trabalho inicialmente está limitado à verificação eletiva de rendimento na redução de nutrientes (dados como nitrogênio total), eliminação de coliformes totais e redução no nível de gorduras no efluente final.

Em função da necessidade de delimitar a base de dados, e também à disponibilidade dos mesmos, este trabalho limita-se dentro do setor de carnes aos estabelecimentos que manipulam carne bovina e suína, excluindo-se inicialmente o setor avícola e posteriormente o de peixes.

Outra limitação é a comparação relativa entre custos iniciais de implantação das diversas alternativas tecnológicas bem como à utilização do método do custo anual para a comparação relativa entre alternativas tecnológicas diferentes.

A limitação na análise econômica apenas sugere que o projetista analise também o tempo de vida útil das alternativas através da emissão dos tempos médios de cada alternativa, antes de tomar a decisão final sobre qual é a melhor alternativa para tratar determinado efluente de uma indústria de carnes de pequeno e médio portes.

1.7. Estrutura do trabalho

Este trabalho apresenta-se estruturado em sete capítulos:

O primeiro capítulo apresenta o trabalho, iniciando pela introdução às questões ambientais de âmbito global e a sua interação com a problemática da indústria de carnes, contendo intrinsecamente a importância do trabalho para este setor, apresenta ainda os objetivos, hipóteses, linha de pesquisa, limitações e delimitação e a estrutura do trabalho.

No segundo capítulo é feita uma revisão da fundamentação teórica dos assuntos abordados no trabalho, iniciando com uma visão geral sobre as principais indústrias do setor:

abatedouros de bovinos, de suínos e indústrias de processamento de carnes; na sequência é feita uma revisão sobre a poluição gerada por esta indústria e as principais alternativas de tratamento dos resíduos gerados; após, procede-se à uma revisão da literatura envolvendo os modelos matemáticos como a utilização de algoritmos ou metodologias computacionais para a solução de problemas envolvendo a água e seu tratamento e por último, tem-se uma revisão de inteligência artificial, detendo-se em sistemas especialistas, os quais fornecem as ferramentas e metodologias para o desenvolvimento de grande parte do sistema computacional utilizado.

No terceiro capítulo é abordada explicitamente a questão ambiental, a qual é o fator motivador deste trabalho, e o problema proposto.

No quarto capítulo é descrita a metodologia a ser utilizada para solucionar o problema proposto de forma a atingir os objetivos previstos no trabalho.

No quinto capítulo introduz-se o modelo matemático utilizado na geração da heurística utilizada no desenvolvimento do sistema computacional necessário para gerar as simulações e testes deste trabalho.

No sexto capítulo são apresentados os resultados de simulações e comparações das soluções propostas para modelos baseados em casos reais encontrados durante visitas de avaliação das empresas do setor. As análises dos resultados obtidos completam este capítulo.

No sétimo capítulo são realizadas as conclusões, bem como as sugestões e propostas advindas deste trabalho.

Por último são apresentadas as listas de referências bibliográficas e os anexos necessários à elucidação de dados e programas citados nos diversos capítulos, bem como a listagem das saídas das diferentes simulações realizadas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A Indústria de Carnes Bovina e Suína

Segundo PARDI (1993), a carne, o leite e os ovos constituem as fontes básicas de proteína animal, mercê sobretudo do seu valor biológico, de forma que sua participação nos hábitos alimentares adquiriu importância considerável, sendo que durante algum tempo o consumo de carne foi utilizado como elemento indicativo do desenvolvimento socio-econômico de um povo.

A carne é comumente definida como sendo constituída pelos tecidos animais (via de regra o tecido muscular) utilizados como alimento. O termo carnes refere-se aos músculos, bem como às vísceras e, também, os mesmos produtos após processamento. Em termos gerais, as carnes no Brasil podem ser subdivididas em carnes “vermelhas” e carnes “brancas”, sendo as primeiras originadas principalmente do abate de bovinos, bubalinos, suínos, ovinos e caprinos; as carnes brancas são originadas do abate de aves e peixes.

À partir de 1991, com a globalização da economia, tudo o que acontece no exterior tem os seus reflexos quase imediatos no Brasil influenciando a indústria nacional. No setor de carnes este fato ocorre com intensidade, pois a produção nacional de carnes é significativa no contexto internacional, principalmente após a certificação pela comunidade europeia de a região sul do Brasil (Rio Grande do Sul e Santa Catarina) estar isenta de aftosa, o que libera as carnes para exportação a estes mercados. Segundo TERRA (1998), a produção de carnes brasileira tem aumentado no contexto mundial, como mostrado nas tabelas 2.01 e 2.02.

Tabela 2.01. Produção mundial de carne bovina (1.000 Ton)

País	Ano						
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997*
Canadá	1145	1170	1180	1200	1260	1415	1545
USA	10185	10290	10080	10785	10985	11440	11650
Brasil	3696	3946	4586	4452	4572	4660	4750
China	1565	1835	2362	3297	3805	4400	4700
Rússia	8240	7390	622	6305	5600	5100	4800
União Européia	9184	8871	8296	8000	8160	7965	7950
Total Mundial	55260	54655	54280	54990	56555	57400	57650

Fonte: FAO, ROMA (Probst, 1997)

*Estimativa

Tabela 2.02. Produção mundial de carne suína (1.000 Ton)

País	Ano						
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997*
Canadá	1210	1262	1240	1290	1385	1425	1450
USA	7180	7772	7706	7992	7995	7630	7810
Brasil	1160	1290	1250	1300	1450	1520	1580
China	25850	27625	29830	33415	37890	37850	37500
Rússia	5970	5130	4440	4125	3520	3280	3150
União Européia	15200	15260	16112	16097	16035	16150	16480
Total Mundial	71690	73630	76085	79345	85205	84150	85100

Fonte: FAO, ROMA (Probst, 1997)

*Estimativa

Segundo o Relatório de Execução do Programa Carne de Qualidade (1997) em levantamento realizado no Rio Grande do Sul, existem cerca de 1.000 estabelecimentos que abatem animais para fins comerciais. Destes, cerca de 255 empresas estão sob inspeção oficial, ou seja, os seus registros estão oficializados e remontam a cerca de 1.423.231 cabeças bovinas abatidas somente no ano de 1996.

Os estabelecimentos de abate dos animais podem ser do tipo municipal ou privado (ASDRUBALI e STRADELI, 1969), prevalecendo no Brasil o estabelecimento privado. A indústria de carnes é composta por estabelecimentos onde se procede à matança dos animais e ao preparo de carcaças e vísceras (abatedouro ou matadouro), locais de venda "in natura", e os estabelecimentos de industrialização de produtos cárneos (salsicharias e outras indústrias).

A indústria de carnes tradicionalmente é composta pelas categorias:

- a) abatedouros
- b) abatedouros com salsicharia
- c) salsicharias (industrialização da carne).

Os abatedouros constituem a categoria onde se concentra o maior potencial poluidor no processamento de carnes e pode ser subdividido nos seguintes estabelecimentos, SILVEIRA (1997a):

- abatedouro de bovinos
- abatedouro de bovinos e bubalinos
- abatedouro de bovinos, bubalinos e suínos
- abatedouro de suínos
- abatedouro de aves.

Grande parte dos estabelecimentos primários que são encontrados desde em pequenos municípios até em grandes centros econômicos é do tipo abatedouro de bovinos, destacando-se também com importância crescente o abate de suínos, consorciado ou não com o abate bovino. O setor de abate de aves tende a se concentrar em grandes estabelecimentos. Um fator de suma importância a ser analisado nestas empresas é a dimensão ou o volume de abate, pois as pequenas empresas enfrentam sérias dificuldades na competição com as grandes empresas devido ao repasse dos custos ao produto. O resultado é que muitos abatedouros pequenos têm dificuldades no aproveitamento de subprodutos e na destinação de seus resíduos, gerando um desequilíbrio na concorrência com os grandes estabelecimentos e na utilização de recursos que implicam em profundas alterações ambientais.

A tendência atual é a empresa instalar o processamento de carnes, agregando valor à mesma, uma vez que a tendência mundial é aumentar a escala de abate, tornando inviáveis as pequenas e médias empresas; existem informações, dos EUA, de que o módulo mínimo para tornar o abate competitivo é de 3.000 cabeças/dia (SILVEIRA, 1997b). Dessa forma, as pequenas e médias empresas conseguem tornar viável as suas empresas quando implantam um setor de processamento de carnes, comumente chamado de fabricação de embutidos. Neste setor os cortes menos nobres e carnes que praticamente não teriam valor comercial são processadas, recebendo a adição de toucinho, condimentos, CMS (carne mecanicamente separada), PTS (proteína de soja texturizada) e outros aditivos, os quais por serem de menor custo e sob formulação especial geram dezenas de produtos de maior valor que o da carne original.

Socialmente as pequenas empresas adquirem importância relevante, uma vez que em média possuem de dez (10) a quinze (15) empregos diretos, com faturamento mensal da ordem de US\$ 450.000 para uma empresa com abate médio de 20 animais diários, embora os seus lucros sejam reduzidos, SILVEIRA (1997c).

Geralmente as fábricas de embutidos estão agregadas a um abatedouro, seja de bovinos, suínos, ambos ou de aves. Muitas fábricas somente processam a carne, dessa forma adquirem cortes de outras empresa e passam a agregar valor a estes cortes. Normalmente as fábricas de embutidos classificam os seus produtos em:

- fabricação de frescais, são produtos tais como salsichão, linguiças;
- fabricação de cozidos, são produtos tais como mortadela, presunto;
- fabricação de produtos curados, são produtos tais como copas, salaminho;
- fabricação de produtos defumados, os quais geralmente são produtos frescais ou cozidos, com formulação adaptada para sofrer uma defumação.

Neste trabalho não foi analisada a indústria de abate e processamento de aves, a qual está concentrada em poucos frigoríficos e embora importante, a sua participação na geração de empregos e número de empresas adquire importância menor na região central do Rio Grande do Sul.

2.2. Os estabelecimentos de abate de bovinos

Qualquer que seja a dimensão de abate, em geral as etapas fundamentais do processamento em um abatedouro são as seguintes, segundo CETESB (1978), ver também MUCCILO (1985) e ASDRUBALI e STRADELI (1969):

- recepção;
- abate;
- recuperação de subprodutos;
- tratamento de resíduos.

2.2.1. Recepção

Os animais após a chegada ao abatedouro são selecionados, sendo separados os animais em que foi detectada anomalia ou doença, os quais são mantidos em currais sanitários. Os demais são mantidos em currais para um período de repouso, variando de 12 até 24 horas, sob dieta hídrica (ver FISHER, NOACK e PFEIL – 1974), ou seja, não recebem alimentação no período que antecede o abate, somente recebem água.

Nesta área os resíduos são gerados pela limpeza dos currais e da lavagem de caminhões utilizados no transporte. Os resíduos da aspersão nos animais, durante o acesso à sala de abate, são também considerados como gerados neste setor.

2.2.2. Abate

O abate dos bovinos é realizado nas seguintes etapas (ver fluxograma do processo, figura 2.01):

- insensibilização e sangria;
- remoção do couro;
- evisceração;
- limpeza e lavagem das carcaças;
- resfriamento.

2.2.2.1. Insensibilização e sangria

O abate inicia com a insensibilização, a qual consiste em atordoar o animal por meio mecânico (pancada por percussão, ar comprimido ou marreta) com a finalidade de evitar sofrimentos desnecessários que podem alterar a qualidade da carne, imediatamente o animal é pendurado por uma das patas traseiras e sangrado, o sangue é normalmente recolhido junto com o vômito, que sempre existe, prática que prejudica o tratamento posterior do sangue para finalidades mais nobres, entretanto existem equipamentos que separam o sangue do vômito com eficiência.

2.2.2.2. Remoção do couro

Após a sangria e a respectiva higienização, os chifres são serrados (em algumas empresas este procedimento é ignorado).

O passo posterior é a remoção do couro e patas, sendo o couro retirado manualmente ou por máquina. Esta etapa é normalmente conhecida como esfola, podendo ser aérea (animal pendurado na posição vertical) ou horizontal (sobre cama metálica). A esfola aérea é a recomendada pela melhor higienização, e requer etapas manuais antes da retirada final do couro por equipamento. Nesta etapa ocorre também a desarticulação da cabeça com a sua remoção para inspeção e limpeza posterior.

2.2.2.3. Evisceração e resfriamento

A etapa seguinte à esfola é a abertura da carcaça para a retirada das vísceras. As vísceras brancas (estômago, esôfago e intestinos) são separadas e limpas em sala isolada; as vísceras vermelhas (coração, fígado, pulmão e rins) são separadas e limpas também em sala especial, após submetidas a inspeção. As vísceras rejeitadas na inspeção passam para o setor de subprodutos.

São retiradas aparas da carcaça sendo a mesma dividida ao meio por serra, e em seqüência, as meias carcaças são inspecionadas e enviadas para a câmara de resfriamento. A lavagem das carcaças neste ponto se faz necessária para retirar resíduos de ossos e pedaços de carnes devido à serra. Em alguns casos as meias carcaças são enviadas para desossa (industrialização) ou diretamente para comercialização. Algumas empresas devido à sua

pequena dimensão utilizam câmaras frigoríficas modulares, com pequena capacidade, sendo necessária a subdivisão das meias carcaças, passando a comercializar os chamados “quartos”.

2.2.3. Recuperação de subprodutos

A recuperação de subprodutos é prática econômica indiscutível e evita que materiais sejam liberados ao ambiente como rejeitos. Nesta etapa ocorre acentuada diferenciação tecnológica entre as empresas pequenas e as grandes.

2.2.3.1. Processamento de couros

Os couros podem ser vendidos “in natura” (couro verde), com entrega diária ao curtimeiro, ou salgados e armazenados para posterior comercialização. Cuidados são necessários pois o couro contém ainda grande quantidade de sangue e restos de gordura e carne que resultam em elevada contaminação.

2.2.3.2. Processamento do sangue

O sangue em pequenos abatedouros é normalmente coagulado ou pré-cozido por injeção direta de vapor e utilizado para a alimentação de suínos da propriedade ou doado para a vizinhança. Quando a empresa possui calhas adequadas, em que não ocorre a contaminação pelo vômito do animal, o sangue pode ser comercializado para empresas de produção de albumina e outros derivados do sangue animal. O cuidado com a manipulação de sangue é intenso pois a sua presença como resíduo implica em elevada poluição.

2.2.3.3. Produção de gorduras não comestíveis e farinhas (graxaria)

O aquecimento em condições específicas de tecidos gordurosos, ossos, sangue, aparas de carne, vísceras e outros detritos resultantes das operações de abate de animais, converte estes subprodutos em gorduras, óleos e sólidos proteináceos (OCKERMAN e HANSSEN, 1994).

Nos pequenos abatedouros o sistema utilizado é a fusão úmida em batelada, onde o material é aquecido sob pressão com injeção de vapor direto. Após o cozimento a gordura

sobrenadante é separada. Os sólidos são então gradeados restando a fase líquida, que é dirigida aos sistemas de tratamento.

O material sólido resultante é moído e peneirado, constituindo as farinhas que são comercializadas como ração animal.

Outra alternativa com utilização freqüente é a venda direta a indústrias de sabão e farinhas de carne destes resíduos, eliminando esta etapa.

2.2.3.4. Processamento de vísceras brancas

Ocorre em sala separada e ligada à sala de abate por meio de chutes ou óculos, os quais constituem pequenas aberturas (óculos) ou duto de grande diâmetro (chutes) por onde passa somente o material a transportar. Chegam a este local as tripas, panças e estômagos, provenientes da sala de abate.

As panças são abertas, seu conteúdo estomacal parcialmente digerido é retirado preferencialmente a seco e após lavadas com água. Os resíduos sólidos são encaminhados para sedimentadores, pois durante a retirada recebem umidade.

Os buchos podem ser escaldados e branqueados para comercialização.

As tripas são lavadas, raspadas e lavadas novamente e enviadas para a sala de triparia, onde são salgadas e acondicionadas para a venda.

2.2.3.5. Processamento de vísceras vermelhas

Ocorre em sala separada, onde as vísceras (coração, rins, fígado e pâncreas) aprovadas na inspeção são separadas e lavadas para posterior envio para a câmara de resfriamento ou para comercialização direta.

2.2.3.6. Processamento de patas e cabeças

Ocorre em sala separada, onde as cabeças são abertas, destas são retirados o conteúdo para comercialização e os ossos são separados para a graxaria ou para comercialização direta.

As patas têm sido comercializadas diretamente, embora possam ser cozidas para a extração do mocotó (ossos com material de ligação).

2.2.4. Tratamento de resíduos

Os resíduos procedentes da sala de vísceras brancas (conteúdo estomacal e de tripas) é coletado em dutos separados e reunido com o efluente da limpeza dos currais e encaminhado para sedimentadores conhecidos como estrumeiras, onde o sólido é retido e o líquido encaminhado para tratamento posterior.

Os resíduos da graxaria e da limpeza de salas são reunidos e passam por um sistema de peneiras e caixas de gordura. Os sólidos recolhidos nestes equipamentos são gordura muito contaminada e, geralmente, vão para aterro sanitário. Enquanto que o líquido residual é enviado para o sistema de tratamento. Em alguns casos os sólidos são encaminhados para a graxaria para a obtenção de óleos não comestíveis com aplicação industrial.

Os líquidos resultantes, após a separação de sólidos e gorduras, são reunidos e geralmente são tratados em uma ou mais lagoas de estabilização em série, resultando um efluente final tratado a ser liberado para o corpo receptor, ver SILVEIRA et alii (1996a).

2.3. Os estabelecimentos de abate de suínos

O processo de abate de suínos possui muitas semelhanças com o abate de bovinos, entretanto, diferencia-se nas etapas iniciais devido ao animal suíno possuir sensibilidade acentuada em relação ao animal bovino, o que implica em necessidade de tecnologia voltada especificamente para o trato do suíno desde a granja de criação até a sua chegada no estabelecimento de abate.

Na granja, o animal recebe tratamento adequado ao seu pleno desenvolvimento conforme as características desejadas, sendo na atualidade a preferência por raças que obtêm maior rendimento em carne, ao contrário de alguns anos atrás onde predominavam raças com maior produtividade em gordura.

Cuidados especiais são dedicados ao animal que vai ser transportado ao abatedouro, devendo o transporte ser efetuado em caminhões especiais, com densidade de animais adequada, em horários preferencialmente noturnos e sob dieta.

Apesar dos cuidados, têm sido relatados elevados índices de estresse, com incidência de óbitos durante o transporte, o que origina carne produzida com qualidade inferior (MARQUARDT, 1997). Na grande indústria, a qual possui sistema integrado de fornecimento, desde a produção das matrizes até o fornecimento de rações balanceadas, também tem relatado índices elevados de estresse animal.

Na pequena indústria, a qual geralmente não possui estrutura adequada de controle e de fornecimento, estes fatores (criação, transporte, entre outros) possuem tendência a adquirir um papel secundário em detrimento do fator econômico imediato, originando carnes fora de níveis desejados de qualidade.

O estresse animal também influi na qualidade ambiental devido à tendência de retenção de maiores níveis de sangue na carcaça animal durante o momento da sangria, gerando maiores resíduos ao longo do processamento.

O processo de abate do suíno na indústria compreende as etapas, CETESB (1978) e BORGES (1993):

- recepção;
- abate;
- recuperação de subprodutos;
- tratamento de resíduos.

A figura 2.02 representa o fluxograma do processo de um abatedouro de suínos.

2.3.1. Recepção

Analogamente aos bovinos, na recepção os animais são inspecionados e excluídos os animais doentes, passando os restantes para compartimentos de descanso, sob dieta hídrica de 6 a 12 horas, conforme o estabelecimento. Os animais doentes recebem inspeção, podendo até mesmo serem sacrificados e, conseqüentemente incinerados ou seguirem para a graxaria.

2.3.2. Abate

O animal é conduzido até o box de insensibilização, após passar por banhos relaxantes. O abate consiste em diferentes etapas, incluindo:

- insensibilização e sangria;
- escalda, depilação e barbeação (ou toilette);
- evisceração e resfriamento.

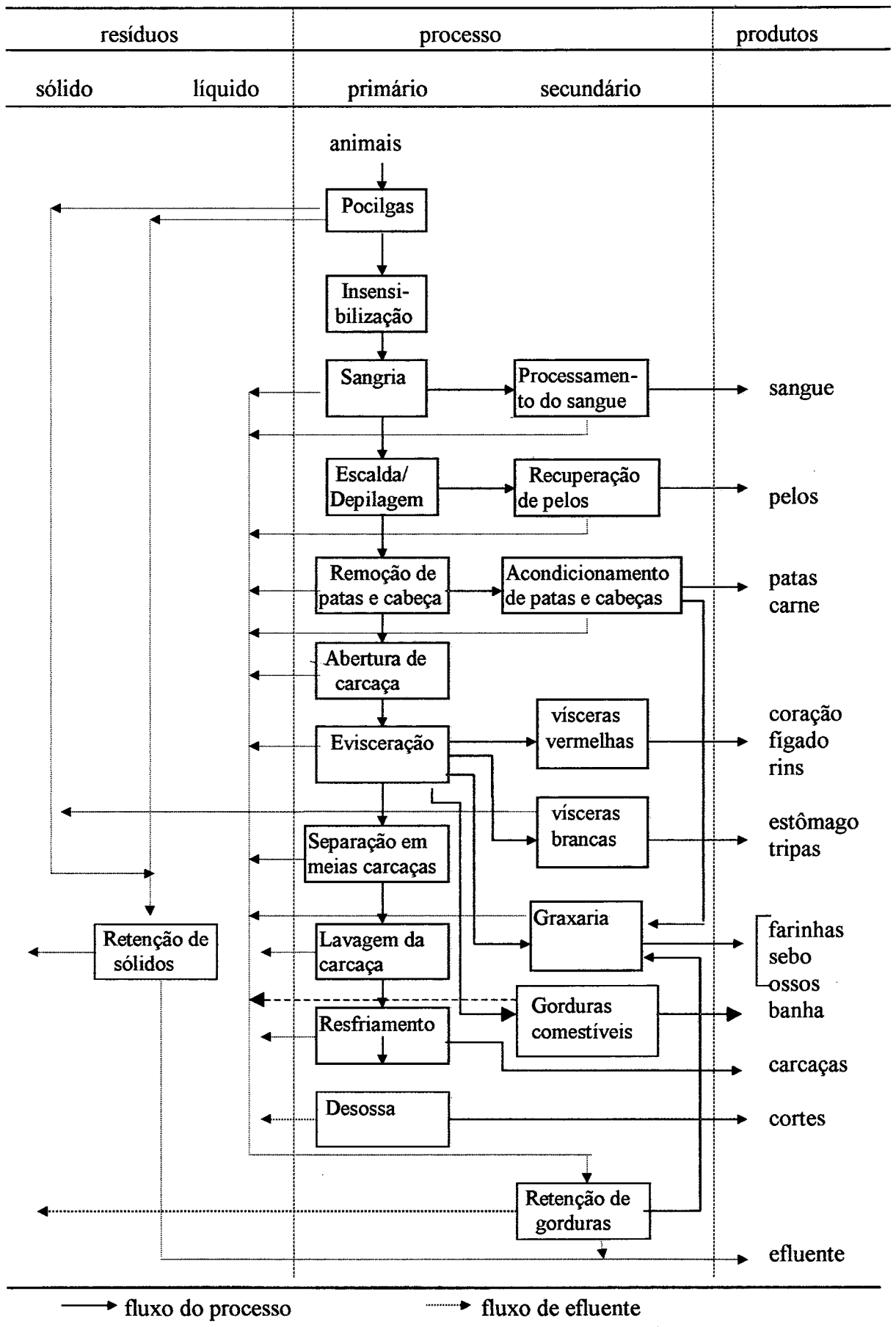


Figura 2.02. Fluxograma do processo de um abatedouro de suínos (adap. CETESB, 1978).

2.3.2.1. Insensibilização e sangria

O abate dos animais consiste inicialmente no atordoamento realizado através da aplicação de choque elétrico na região da cabeça, mediante voltagem e corrente adequados à cada espécie e tamanho de animal. Apesar da tecnologia disponível, ainda encontra-se estabelecimentos que utilizam a marreta e até mesmo bastão de madeira para o atordoamento. A etapa de insensibilização ou atordoamento é necessária para que ocorra uma melhor retirada do sangue, sem que ocorra sofrimento desnecessário ao animal.

Após a etapa de atordoamento os animais são presos por uma das pernas traseiras a um transportador aéreo e devem ser imediatamente sangrados. A sangria, é geralmente realizada através de uma das formas:

- pelo seccionamento dos grandes vasos onde o sangue drenado é recolhido em canaletas e posteriormente processado;
- utilização de lâmina especial (conhecida em algumas regiões como faca vampiro) a qual penetra na região próxima do coração. Esta lâmina é presa a um cabo cilíndrico que tem na extremidade oposta um tubo de plástico por onde o sangue drenado flui para as instalações de processamento do sangue (recuperação de plasma sanguíneo).

2.3.2.2. Escaldagem, depilação e barbeação

Terminada a sangria, os animais presos ao transportador aéreo são encaminhados até o tanque de escaldagem, onde são desprendidos imergindo em água a uma temperatura aproximada de 60°C, permanecendo durante aproximadamente 60 segundos. Em alguns estabelecimentos existe um equipamento apropriado para a escalda: “a máquina de escalda”. Em seguida, um dispositivo eleva os animais até a máquina de depilação, que consiste basicamente de cilindros giratórios onde estão presos “dedos” de borracha que friccionam a superfície externa removendo os pelos que caem sobre um coletor. Após esta operação, os animais são novamente presos a um transportador aéreo seguindo para a barbeação, que consiste na remoção manual de pelos não removidos na depilação, utilizando-se facas.

Em alguns estabelecimentos onde não existe a máquina de depilação, a retirada dos pelos é feita manualmente por raspagem utilizando-se facas afiadas, o que aumenta sobremaneira o tempo de processamento, juntamente com aumento no custo de mão-de-obra, além de gerar resíduos de pelos e outros detritos que geralmente caem ao chão.

Após esta etapa os animais devem ser lavados intensamente.

As águas de escalda saem com temperatura elevada, podendo interferir em etapas posteriores no sistema de tratamento de efluentes.

2.3.2.3. Evisceração e resfriamento

Após a limpeza, os animais são encaminhados para a evisceração, a qual consiste na abertura da carcaça para a remoção de pulmões, coração, fígado, esôfago, tripas, estômago e rins.

A etapa de evisceração é semelhante à realizada nos animais bovinos, sendo que nos abatedouros mistos (onde ocorre abate de bovinos e suínos), esta etapa é realizada na mesma área, com os mesmos equipamentos, somente em horário alternativo.

As tripas são encaminhadas à triparia.

No restante das vísceras é feita uma triagem, seguindo algumas diretamente para o frigorífico (após inspeção) e as outras para processamento posterior.

A carcaça isenta de vísceras recebe uma lavagem final e depois é encaminhada para o resfriamento em câmaras frias, sendo algumas destinadas posteriormente à câmaras de congelamento.

Da área de evisceração são gerados despejos líquidos provenientes da lavagem de piso, equipamentos e das águas de lavagem das carcaças.

2.3.3. Recuperação de subprodutos

Este setor é semelhante ao utilizado nos abatedouros de bovinos. Salientando-se a triparia, onde são limpas e separadas conforme a calibração, dada pelo diâmetro. A triparia está fisicamente separada da evisceração e origina despejos distintos nas operações de limpeza das tripas e de lavagens de piso e equipamentos.

2.3.4. Tratamento de resíduos

Os resíduos gerados têm semelhança de processamento com os resíduos de abate de bovinos, destacando-se que os resíduos da escalda dos suínos liberam água em temperatura elevada, o que contribui para reduzir a eficiência dos equipamentos de pré e de tratamento primário.

Salienta-se que os resíduos de abatedouros de suínos possuem elevados níveis de gordura, dificultando o projeto dos equipamentos de coleta de gordura, bem como dos equipamentos que utilizem processos biológicos do tipo anaeróbios, ver OCKERMAN e HANSEN (1994).

Geralmente, os projetos de sistemas de tratamento utilizam processos semelhantes aos usados para abatedouros de bovinos, com maiores cuidados na manutenção das caixas de gordura e com a introdução de no mínimo duas lagoas do tipo anaeróbia.

Para os resíduos sólidos recolhidos durante o abate (carneças – pequenos pedaços de carnes - e outros) é utilizada a etapa de digestão, onde as gorduras são separadas por aquecimento, analogamente à etapa de digestão dos resíduos bovinos. Muitas vezes os cascos e ossos são também digeridos, sendo os resíduos finais utilizados na fabricação de farinhas. Os resíduos leves constituem as gorduras e a água é liberada para as caixas de gordura, entretanto, esta contém muita gordura não solidificada, a qual com a temperatura elevada gera problemas de funcionamento nas caixas de gordura.

A venda ou doação dos resíduos, que seriam encaminhados para a graxaria, para empresas que os utilizam na produção de farinhas de ossos e outros produtos, tem aliviado a carga poluidora dos efluentes nestes abatedouros.

Para os resíduos sólidos coletados nas pocilgas e na lavagem de estômagos e tripas é comum a utilização de estrumeiras para reter os sólidos e o seu uso posterior como adubo.

Em BOEHNKE (1997a e 1997b), CHEVERRY et alii (1986), DAHL e NÖRGAARD (...), EPAGRI (1995) e POLLACK (...) alguns processos são discutidos.

2.4. Os estabelecimentos com industrialização da carne (fabricação de embutidos)

2.4.1. Conservação da carne

Segundo PRICE (1976), a conservação da carne é uma necessidade básica e por isso cientistas e indústrias se esforçam em desenvolver meios de conservação eficazes. Na conservação da carne se pretende retardar ou evitar determinadas trocas ou reações que a inutilizam como alimento ou que reduzam a sua qualidade. As alterações são produzidas por causas diversas, sendo as principais do tipo microbiano, químico e físico.

Ainda que para manter a qualidade da carne é necessário impedir todo o tipo de alternativas de alteração, é de importância primordial evitar a alteração microbiana. Se não

adotar medidas adequadas contra este tipo de alteração, a carne deixa rapidamente de ser comestível. As medidas consistem em reduzir ao mínimo a contaminação e em aplicar procedimentos que limitam ou impedem o crescimento na carne de microorganismos que induzem alterações nocivas.

A carne fresca é um dos alimentos mais perecíveis, dessa forma é necessário aplicar os procedimentos de conservação imediatamente após o sacrifício. A refrigeração é o método mais comum e melhor para conservar a carne fresca durante um período de tempo relativamente curto.

As carnes curadas ou processadas são mais estáveis que as frescas em relação à alteração microbiana devido a presença de aditivos como o sal e outros, um menor conteúdo de umidade (embutidos secos) ou aos dois fatores.

2.4.2. Cura da carne

Historicamente a cura consiste em um procedimento de conservação da carne adicionando-lhe sal (cloreto de sódio). A cura de carnes por salga provavelmente foi casual.

Com o transcorrer do tempo o procedimento foi se aperfeiçoando e adicionando outras substâncias às carnes e hoje o termo cura da carne se refere a conservação e melhora do sabor do produto por adição de sal, salitre (nitrato), açúcar e em alguns casos outros ingredientes. Pode-se afirmar que a utilidade do nitrato foi descoberta em consequência de sua presença como impureza do sal empregado.

A importância da cura como meio de conservação da carne tem diminuído em consequência do uso generalizado da refrigeração, mas tem adquirido uma maior importância relativa aos fatores tais como o sabor, cor e rendimento dos produtos curados. Para os técnicos atuais, a cura consiste na produção de um determinado pigmento cárnico termoestável e de sabor característico da carne curada mediante a ação do nitrito sódico e demais agentes de cura.

2.4.3. Fabricação de embutidos

Os embutidos são produtos constituídos a base de carne picada ou moída e condimentada com forma geralmente simétrica. A palavra embutido deriva de *salsus*, palavra latina que significa salgado ou, literalmente, carne conservada por salga. A preparação de embutidos de origem antiquíssima, evoluiu lentamente a partir do simples processo de salga e

dessecação das carnes frescas que não podiam ser consumidas imediatamente. O sabor, a textura e as formas características dos diferentes embutidos que hoje se conhece como salsichas de Frankfurt, salsichas de fígado, salsichas frescas de suíno e salame, surgiram em consequência de variações nos processos de elaboração, impostas por diferenças geográficas na disponibilidade de matérias-primas e nas condições climáticas, WEILING (1973).

A indústria transformadora da carne se desenvolveu nos Estados Unidos sob a influência dos diversos grupos étnicos da população imigrante, estabelecimentos de ferrovias, guerra civil e avanços no desenvolvimento da refrigeração. As extensas pradarias do Oeste permitiram criar grandes rebanhos de gado que se transportavam aos currais do meio oeste, onde ocorria o abate e a distribuição ao leste. Ao incremento no volume de carne fresca aumentou também a produção de embutidos, uma vez que ambas atividades estão interrelacionadas devido a que certos subprodutos da carne servem de matéria-prima para a fabricação de embutidos. Da popularidade adquirida, até hoje os embutidos são uma importante fonte de proteínas cárnicas.

2.4.4. Os estabelecimentos de embutidos

Geralmente as fábricas compõem-se de uma célula de fabricação, possuindo diversas células ao seu redor, conforme o tipo ou tipos de produtos a serem fabricados. Estas células são (CISPOA – 1987a):

- seção de recebimento de matérias-primas;
- câmara de resfriamento de matéria-prima;
- câmara de estocagem de congelados para armazenagem de matéria-prima;
- sala de desossa;
- sala de processamento;
- seção de preparação de envoltórios naturais (sala de tripas ou triparia);
- seção de preparação de condimentos;
- seção de cozimento;
- câmara de resfriamento de massas;
- câmara de produtos prontos;
- câmara de cura de salames, copas;
- câmara de cura de presuntos, apresuntados;
- seção de fatiamento;
- seção de embalagem secundária;

O sistema de tratamento de resíduos é necessário para tratar, normalmente, as águas de lavagem que possuem resíduos de emulsões, carnaças, farelos, entre outros. Embora estas indústrias não tenham os índices de poluição dos abatedouros, sua poluição é considerável, principalmente pela variedade de despejos ao longo do dia, onde são produzidos resíduos alcalinos, ácidos, com emulsão, gorduras e águas ferventes com elevado conteúdo em gorduras.

2.5. Os padrões de emissão de indústrias da carne

Segundo a CETESB, 1978, os padrões de emissão de efluente brutos para os abatedouros com e sem processamento de carnes (salsicharias ou fabricação de embutidos) encontrados no estado de São Paulo foram (conforme discriminação na tabela 2.01):

Tabela 2.03. Padrões de efluentes brutos da indústria de carnes (adap. de CETESB, 1978).

Parâmetro Tipo	Vazão(*)	DBO ₅	Res. não filtráveis	Óleos e Graxas	Nitrogênio Total	Fósforo Total
Frigorífico (kg/1000 kg PV)	4.300	6,3	5,2	2,1	0,70	0,11
Frigorífico com salsicharia (kg/1000 kg PV)	7.300	9,4	16,5	3,0	1,23	0,32
Salsicharia (kg/1000 kg produtos)	6.700	5,2	2,1	3,9	0,30	0,07

(*) a vazão é dada em litros/1000 kg PV (ou produto)

PV (peso vivo) adotado em 400 kg para bovinos em 100 kg para suínos

2.6. Os sistemas de tratamento e o ambiente

2.6.1. Poluição

A palavra poluição provém do latim “*polluo*”, que significa sujar, manchar, conspurcar. Dentre as diversas noções de poluição, pode-se citar: “considera-se poluição a todo prejuízo aos usos previamente estabelecidos do meio ambiente (solo, água e ar) causado por alterações de suas propriedades físicas, químicas e biológicas, devido à ação de poluentes ou suas combinações”, MENDONÇA (1987). Uma outra noção de poluição diz que:

“poluição significa qualquer alteração provocada no meio ambiente por influência do homem”. Entretanto, observa-se que na própria natureza existem fatores que podem ser poluidores, exemplificando: as lavas geradas por vulcões; períodos de seca ou enchentes prolongados, os quais provocam profundas alterações em determinadas regiões, com influência direta sobre o homem, vegetação e principalmente sobre a fauna. Dessa forma, o termo poluição é relativo e muitas vezes polêmico, pois geralmente se contrapõe às necessidades imediatas do homem. Neste trabalho, o significado de poluição está ligado à atividade industrial.

Segundo BELLIA (1996), os seres humanos são parte integrante da natureza e, portanto, não são capazes de criá-la. Podem, porém, efetuar ações que a transformem ou alterem visando a satisfação de suas necessidades como: a derrubada de florestas para o aproveitamento dos solos para a agricultura ou a pecuária; a construção de estradas que facilitem os deslocamentos e o abastecimento; o barramento de rios para a geração de energia, irrigação e fornecimento de d'água. Através dessas ações os homens alteram o ambiente natural, recriando novos ambientes.

Entretanto, sabe-se até intuitivamente que, ao recriar um novo ambiente, pode-se gerar, em paralelo, uma série de efeitos colaterais (desejáveis ou não) que podem facilitar, por um lado, ou dificultar, até mesmo, impedir, o desenvolvimento e a qualidade de vida dos seres humanos, à medida que se alteram os ecossistemas.

◦ Em princípio, toda atividade industrial ou até mesmo uma atividade agro-industrial constitui uma fonte poluidora. Esta noção tem acompanhado o desenvolvimento industrial, principalmente em países do terceiro mundo. Geralmente o impacto ambiental de uma fonte isolada é tolerado pelo ambiente, até determinados limites, entretanto com a concentração industrial, o desenvolvimento urbano e o conseqüente aumento global de fontes poluidoras, a tendência é a saturação. Portanto, deve-se eliminar ou tratar estas fontes, sob pena de comprometer o próprio futuro da humanidade. ◦

Sob o ponto de vista de engenharia, toda indústria poluidora possui problema de processo, ou seja, ela gera dejetos porque em alguma ou várias etapas do processo industrial são gerados subprodutos não aproveitados. Estes subprodutos normalmente são gerados por adoção de tecnologia inadequada ou por fatores econômicos.

Modernamente, toda atividade industrial ou humana deve analisar a interação do ambiente com:

- o próprio homem;
- os animais;

- a vegetação.

Esta análise resulta na publicação e regulamentação de limites de tolerância de diversos compostos, não somente em relação ao homem, como também às espécies animais e vegetais.

2.6.2. A poluição e órgãos de controle

O desenvolvimento dos meios de comunicação propicia que acontecimentos em pontos distantes do planeta sejam conhecidos quase instantaneamente. Dessa forma acidentes que prejudicam o ambiente são amplamente discutidos e divulgados, criando-se nova mentalidade ambiental, consolidada pela RIO-92 (Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, Rio de Janeiro, 1992) e principalmente após a ação de grupos independentes, ou ONG's (Organizações Não Governamentais), algumas com ramificações mundiais.

Como resultado das pressões sociais existe atualmente extensa legislação, em nível mundial e conseqüentemente no Brasil, em relação ao meio ambiente e ao controle da poluição tanto industrial quanto urbana, bem como na gestão dos recursos naturais. No Brasil, existe um órgão centralizador que emite a política nacional, o qual tem adquirido inúmeras denominações nos últimos governos, atualmente é o CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente). Em nível estadual a política de meio ambiente também é gerida por um órgão central e nos municípios geralmente está ligada as "secretarias de saúde e meio ambiente" ou assemelhadas. No Estado do Rio Grande do Sul existe a Fundação Estadual de Proteção ao Meio Ambiente (FEPAM), órgão derivado do antigo Departamento de Meio Ambiente, a qual executa e fiscaliza a política relacionada ao ambiente. O órgão equivalente no Estado de Santa Catarina é a Fundação do Meio Ambiente (FATMA).

Segundo a legislação federal (IBAMA, 1995 e OLIVEIRA, 1998), seguida pela FEPAM e pela FATMA, toda atividade humana que produza resíduos ou altere o meio ambiente deve possuir licença de operação (LO) se é atividade já existente, e se é atividade a ser implantada, deve ser precedida por solicitação e concessão de licença prévia (LP). Este órgão recebe a solicitação de licença, procede a análise e muitas vezes pode solicitar o RIMA (relatório de impacto ambiental), o qual é de caráter multidisciplinar, envolvendo diversas áreas do conhecimento.

A legislação local prevê uma série de parâmetros (padrões de emissão) que devem ser observados na emissão de efluentes ao ambiente, caso estes padrões não sejam observados, a

licença concedida pode ser cancelada, independente de penalidades previstas na legislação. Recentemente foi criada a Lei de crimes ambientais (Oliveira, 1998) com severas restrições ao não cumprimento da legislação.

2.6.3. O tratamento dos efluentes industriais

Tecnicamente não é possível ignorar a grande quantidade de indústrias ou fontes poluidoras que se instalaram ao longo do tempo nos mais diversos locais, pois estão envolvidos desde fatores econômicos, espaço, localização, e principalmente sociais. Isto gera um contraditório: existe a necessidade de resolver estes problemas ao mesmo tempo em que a exigência social é a geração de novas indústrias com o maior número de empregos possível.

A aplicação de Sistemas de Gestão Ambiental e suas ferramentas (sistema ISO, Tecnologias Limpas, Emissão Zero) tem reduzido estes problemas, entretanto, em muitas situações existe a permanência de um resíduo final, o qual deve ter uma destinação adequada. Este problema pode ser melhor equacionado pelo pleno conhecimento da processo tecnológico adotado e das diferentes formas e tecnologias de tratamento dos efluentes.

Os efluentes gerados pelas indústrias são do tipo:

- líquidos;
- gasosos;
- sólidos.

Para cada tipo de efluente existe uma série de alternativas técnicas, as quais serão analisadas ao longo deste trabalho.

2.6.3.1. Efluentes líquidos ou águas residuárias

Os efluentes líquidos devem ser tratados com as seguintes finalidades (entre outras):

- a) obediência à legislação ambiental;
- b) limitações quanto à disponibilidade de água;
- c) questões sociais quanto à localização da empresa;
- d) recuperação ou reutilização da água;
- e) imagem da empresa, a qual em função das normas ISO 9000 e ISO 14000 está intimamente ligada a qualidade dos produtos e, também, a qualidade ambiental na indústria onde o produto é gerado (DONAIRE, 1995 e CARVALHO, 1997).

2.6.3.2. Características dos efluentes líquidos

0-315-227-0

O conhecimento da natureza do efluente é essencial para o projeto e análise de instalações de tratamento. Os principais parâmetros físico-químicos são (RAMALHO, 1977):

- sólidos totais, fixos, voláteis, em suspensão, dissolvidos e sedimentáveis;
- temperatura;
- cor;
- odor;
- turbidez;
- demanda bioquímica de oxigênio (DBO);
- demanda química de oxigênio (DQO);
- carbono orgânico total (COT);
- pH;
- oxigênio dissolvido;
- metais pesados - chumbo, cromo, cádmio, zinco, ferro, mercúrio, entre outros;
- gás sulfídrico;
- metano;
- nitrogênio;
- fósforo;
- óleos e graxas;
- cloretos;
- sulfatos;
- compostos tóxicos (cianetos e cromatos);
- pesticidas;
- fenóis;
- agentes tensoativos - ABS, LAS;
- microorganismos - em geral, coliformes fecais;
- vazão do efluente.

A realização das análises necessárias para determinar cada parâmetro é padronizada segundo os "Standard Methods" (APHA-AWWA-WEF, 1995).

2.6.3.3. Medida da vazão em processos de tratamento industriais

É realizada com o objetivo de verificar e identificar perdas por evaporação, por fuga e

por infiltração do efluente liberado ao ambiente, pode ser usada também para determinar a quantidade de poluentes que realmente estão sendo liberados em função da concentração dos mesmos. Quando existe necessidade de tratamento químico é parâmetro imprescindível para a dosagem de reagentes, além de ser necessária ao projeto do sistema de tratamento.

Os principais modelos, MENDONÇA (1987), de medida de vazão em canal aberto são:

- a) calha parshall - a qual mantém a velocidade do efluente constante devido à sua geometria, o que lhe confere a vantagem de ser autolimpante. Esta propriedade é muitas vezes aproveitada para a construção de caixas de areia, onde a velocidade deve ser mantida constante. Atualmente as calhas parshall são comercializadas em plástico ou fibra de vidro, uma vez que a construção em alvenaria não permite a precisão e acabamento necessários. O custo de construção de uma calha parshall é maior que outros modelos, por esta razão é mais utilizada em grandes sistemas de tratamento;
- b) vertedor Thompson ou triangular - é utilizado para medir grandes variações na vazão, a sua construção é simples, pois implica na colocação de simples chapa com entalhe em noventa graus. Em razão de medir a velocidade quase instantânea, é utilizado para medidas temporárias e torna-se mais adequado para a medida de vazão em efluentes industriais.

2.6.3.4. Processos de tratamento de efluentes líquidos

A tendência moderna para o tratamento de efluentes industriais é a revisão dos processos tecnológicos (Tecnologias Limpas, Emissão Zero), com a adoção de novas tecnologias, eliminação de resíduos e aplicação de noções de qualidade total, de forma que ao final o processo tenha um produto com menor custo e produzido com a menor geração de resíduos possível.

Uma vez resolvidos os problemas de processo (aproveitamento de subprodutos) e conhecidas as características do efluente, deve-se analisar os dados disponíveis de forma a escolher a alternativa mais adequada ao tratamento.

Os processos de tratamento existentes são (JORDÃO & PESSOA, 1995):

- processos físicos - onde predominam fenômenos físicos adotados no sistema de tratamento. Basicamente consistem em:
 - a) remoção de sólidos grosseiros;
 - b) remoção de sólidos sedimentáveis;
 - c) remoção de sólidos flutuantes.

- processos químicos - são processos onde há utilização de produtos químicos. Os principais processos químicos são:

- a) floculação;
- b) precipitação química;
- c) cloração;
- d) oxidação química;
- e) neutralização ou correção do pH;
- f) elutriação.

- processos biológicos - são processos que dependem da ação de microorganismos presentes no efluente. Os principais processos biológicos são:

a) oxidação biológica - aeróbia (processo de lodos ativados, filtros biológicos, entre outros) ou anaeróbia (reatores anaeróbios de fluxo ascendente, lagoas anaeróbias, filtros anaeróbios, entre outros);

b) digestão do lodo (aeróbia e anaeróbia, fossas sépticas).

- outros processos - constituem novas tecnologias e são conhecidas como "tratamento avançado), podendo-se citar:

- a) filtração rápida;
- b) adsorção;
- c) eletrodialise;
- d) troca iônica;
- e) osmose inversa.

A tendência atual na análise das tecnologias é a sua classificação segundo os processos unitários (ECKENFELDER, 1989; IMHOFF, 1996; e VON SPERLING, 1996), Na prática, classifica-se os processos de tratamento em função do grau de redução dos sólidos em suspensão e da demanda bioquímica do oxigênio, proveniente da eficiência de uma ou mais unidades de tratamento. Esta classificação é conhecida como tratamento preliminar, tratamento primário, tratamento secundário e tratamento terciário, conforme o modelo abaixo (JORDÃO & PESSÔA, 1995):

1 - Tratamento Preliminar

- Remoção de sólidos grosseiros (gradeamento);
- Remoção de gorduras;
- Remoção de areia (desarenadores).

2 - Tratamento Primário

- Sedimentação (simples e com polieletrólitos);
- Flotação (simples e por ar dissolvido);
- Digestão do lodo;
- Secagem do lodo;
- Sistemas compactos ou conjugados (sedimentação e digestão, Tanques Imhoff);
- Sistemas anaeróbios (lagoas anaeróbias, reator de fluxo ascendente).

3 - Tratamento Secundário

- Filtração biológica;
- Processos de lodos ativados (aeração prolongada, valo de oxidação, entre outros);
- Decantação intermediária ou final (sedimentação de lodo floculoso ou biomassa);
- Lagoas de estabilização aeróbias (facultativa, aerada).

4 - Tratamento Terciário

- Lagoas de maturação;
- Desinfecção (ozonização, cloração);
- Processos de remoção de nutrientes (N e P);
- Filtração final;

Obs.: é crescente a utilização da centrifugação (conhecida como decanter) como tratamento primário, não somente para concentrar e remover lodos de processos de tratamento.

A aplicação dos diversos processos de tratamento (tecnologias) em diferentes combinações, caso a caso, constitui a complexidade do tratamento de resíduos. À cada combinação obtida denomina-se “sistema de tratamento”, o qual, transformado em projeto e executado, deve minimizar os efeitos indesejados dos resíduos liberados (poluição) por uma empresa ao meio ambiente.

Os processos de tratamento acima citados são discutidos em METCALF & EDDY (1996); DAVIS e CORNWELL (1996); LAWS (1993); SPERLING (1996a. e 1996b); RAMALHO (1977); e SCHROEDER (1977). Outras referências tratam de tecnologias específicas como HAANDEL & LETTINGA (1994) e BERNARDO e outros (1989) para tratamento anaeróbio, aplicado a reatores UASB (reator anaeróbio de fluxo ascendente); como GRUBBS (1996) tratando da seleção de pré-tratamento por sistema biológico; ANDERSON (1981) sobre a sedimentação primária de esgotos.

As pesquisas sobre os sistemas de tratamento de efluentes líquidos ultimamente tem-se concentrado em modelagem e aperfeiçoamento de tecnologias e processos conhecidos, como em BRINGLE & STEPHENSON (1996), LAKÈL et alii (1998), MATASCI et alii (1986), REBHUN et alii (1997), SACK & CUTRIGHT (1986) e SHEN & GUIOT (1996); outros trabalhos tem sido encontrados na busca de remoção de componentes específicos, principalmente de nutrientes, como em DANESH & OLESZKIEWICZ (1997), GRAY (1981), LAAK (1988), MINO et alii (1998), RECK-SUAN & AHN (1988) e VAN BENTHUM & GARRIDO. Tem sido encontradas referências na busca de novas tecnologias como em EIGER et alii (1998), LEE & STENSEL (1986), LIN & LAN (1998), LOPES et alii (1996), PIRES & FIGUEIREDO (1998) e SUTTON et alii (1999). As pesquisas relacionadas à indústria de alimentos e mais especificamente aos efluentes da indústria de carnes tem sido relativamente reduzida em relação às outras, os mais artigos importantes tem sido: DAHL & NØRGAARD (1987), FISHER (1988), INCE(1998), MOSEY (1981), NOONAN et alii (1988), OHTSUKI et alii (1998) e YANG (1988). Digno de menção é a tese sobre sistema de lagoas (MEDRI, 1997), a qual pode ter aplicações em sistemas que utilizem suínos.

2.6.4. Efluentes Gasosos

STRAUSS (1975), DANIELSEN (1973) e mais recentemente FREEMAN (1995) discutem os resíduos gasosos, pois em muitos processos industriais ocorrem a geração de efluentes gasosos e estes devem ser tratados ou eliminados a fim de:

- diminuir a incidência de doenças respiratórias;
- eliminar exposição a gases tóxicos;
- diminuir a concentração de pós na atmosfera.

A técnica utilizada para tratar este efluente será:

- alteração de processos para prevenir a geração do poluente;
- dispersão para reduzir concentrações a níveis aceitáveis;
- remoção dos poluentes e posterior dispersão.

2.6.4.1. Alteração de Processo

Este tratamento requer o conhecimento total da tecnologia adotada e das conseqüentes alterações. Admite-se, no entanto, que na maioria dos casos este procedimento seja

tecnicamente ou economicamente inviável, entretanto, pequenas alterações tem sido propostas dentro da filosofia de tecnologias limpas ou mais limpas, obtendo-se sucesso em muitas situações (CNTL, 1998).

A adoção de legislações que limitem certos compostos tem tornado este procedimento viável em alguns casos.

Ex.: A percentagem aceitável de enxofre em combustíveis fósseis.

2.6.4.2. **Dispersão**

A dispersão é uma técnica muito utilizada quando se objetiva limitar os poluentes a um nível máximo. Este tratamento envolve os seguintes fatores:

- meteorológicos - tais como velocidade de vento, parâmetros de difusão horizontal e vertical;
- topografia;
- velocidade da fonte de gases;
- temperatura.

A tecnologia mais utilizada é o uso de chaminés, cuja altura é tanto mais elevada quanto maior o problema de dispersão.

2.6.4.3. **Remoção dos poluentes e posterior dispersão**

Este tratamento envolve diversos tipos de equipamento de separação antecedendo os equipamentos de dispersão no ambiente. Este procedimento constitui sucesso quando usado em conjunto com as técnicas anteriores.

2.6.4.4. **Classificação dos efluentes gasosos**

Os efluentes gasosos podem ser classificados em:

- partículas - são elementos químicos ou compostos sólidos ou ainda líquidos na forma de gotículas. Os principais parâmetros são: o tamanho, forma e densidade das partículas, os quais estão relacionados ao projeto dos separadores;
- gases - são elementos químicos ou compostos cujos pontos de ebulição são suficientemente baixos, que em temperaturas ambientes se volatilizam. Os principais parâmetros são a composição química, concentração e odor. Os

principais poluentes gasosos, normalmente, contém enxofre, nitrogênio, halogênios e carbono.

- odor - existe uma série de compostos gasosos que irritam as narinas humanas e de animais. Normalmente são identificáveis com mercaptanas (R-SH), H₂S e CS₂. A remoção de odor está associada à remoção do gás. Entretanto, certos odores são detectados mesmo em porções ínfimas, o que dificulta o tratamento por remoção.

2.6.4.5. Processos de remoção de emissões aéreas

2.6.4.5.1. Partículas

A remoção de partículas contidas em gases é feita por processos físicos, sendo os principais equipamentos:

- sedimentadores por gravidade, representados pelas câmaras inerciais;
- filtros;
- ciclones e multiciclones;
- precipitadores eletrostáticos;
- lavadores, sendo típicos as torres de recheio com aspersores.

2.6.4.5.2. Gases e odores

Os principais processos de remoção de gases são os de adsorção e absorção. Os principais equipamentos são (SMITH, 1995):

- Adsorvedores de leito fixo, como no caso da recuperação de solventes;
- Adsorvedor contínuo;
- Absorvedores:
 - Torre de recheio;
 - Torre de parede molhada;
 - Torre spray;
 - Ciclone com spray;
 - Torre de pratos.

Obs.: quando os gases gerados são passíveis de queima, são utilizados incineradores.

2.6.5. Efluentes sólidos ou resíduos sólidos

Os resíduos sólidos gerados por processos industriais geralmente são lodos resultantes de outros processos de tratamento, grande quantidade de resíduos são gerados pelo descarte de embalagens de produtos intermediários, materiais não aproveitados e, também, o lixo proveniente de setores administrativos. A utilização de tecnologias limpas (MAIMON, 1996) tende a reduzir a geração de materiais não aproveitados, conhecidos como rejeitos, bem como das embalagens e outros materiais.

Os principais tratamentos para os efluentes sólidos são:

- aterro sanitário;
- disposição em solo (como adubo);
- compostagem;
- incineração;
- outras aplicações, exemplificando-se para o caso de indústrias de alimentos, alguns são matéria-prima para outros alimentos menos nobres – ração animal, sabões e detergentes, entre outros.

FREEMAN (1995), DAVIS (1996), GODOY (1996) tratam dos resíduos sólidos e mais especificamente MIDDLEBROOKS (1979) analisa os resíduos da indústria de alimentos.

2.7. Os modelos matemáticos

2.7.1. Modelos sobre a água

Segundo o trabalho de GREENBERG (1995), o qual apresenta uma resenha do desenvolvimento dos modelos computacionais para o tratamento de águas, LYNN, LOGAN & CHARNES (1962) publicaram a primeira formulação programação linear (LP) para minimizar o custo de tratamento de esgotos. O balanceamento de equações foram do primeiro princípio: entrada = saída. A classe dominante de modelos de controle de qualidade de água, entretanto, pertence a corrente de poluição. Uma linha chave para esta classe de modelos é a descrição da DBO e oxigênio dissolvido (OD) por equações diferenciais, e o mais usado é de Streeter e Phelps (publicado originalmente em 1925, ele sofreu algumas modificações nos anos 60). Com a equação modificada de Streeter-Phelps como ponto de partida, Thomann

desenvolveu um sistema modelo, o qual ele e Sobel usaram no primeiro modelo LP em 1964. Todavia a aproximação de THOMANN-SOBEL (1964) é sugestiva para uma variedade de modelos, DEININGER (1965) deu a primeira tese LP detalhada em 1965, usando equações de Streeter-Phelps (no mesmo ano, Sobel apresentou várias formulações LP usando as equações de Thomann).

Apesar de as equações poderem diferir, a estrutura LP destes modelos é a mesma. O LP é para minimizar uma equação de custo total sujeita a equações de fluxo e redução de OD em cada seção de uma corrente, chamada um trecho. A estrutura essencial consiste de um balanço material de equações, onde para cada trecho é adotado um índice ordenado, independente do tempo. A figura 2.04. ilustra este modelo, onde há uma corrente tributária de entrada (I_i), descarga de efluente (D_i), e um tratamento (T_i).

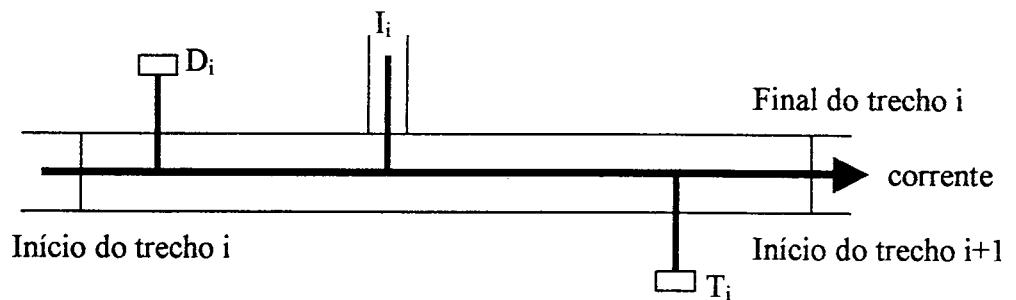


Figura 2.04. Fluxo em uma corrente.

Abaixo, modela-se o balanço de equações para o modelo LP (simplificado).

O fluxo total no final do trecho i:

$$Q_i = Q_{i-1} + I_i + D_i$$

Concentração (DBO e/ou OD) no final do trecho i:

$$C_i \cdot Q_i = \alpha_i \cdot C_{i-1} \cdot Q_{i-1} + \lambda_i \cdot I_i + \delta_i \cdot D_i + \tau_i \cdot T_i$$

Onde: α_i = concentração na entrada do trecho i

λ_i = concentração no tributário;

δ_i = concentração no esgoto;

τ_i = concentração no tratamento;

T_i = nível de tratamento.

Os parâmetros α_i , λ_i , δ_i , e τ_i dependem das características da corrente, como a velocidade de fluxo.

As restrições de qualidade são simples limites: $DBO_i \leq b_i$ (limites no nível de DBO no final de cada trecho i); e $OD_{ip} \leq d_p$ (limites de déficit de OD em cada ponto de observação p da corrente de saída do trecho i , e $OD_{ip} = OD$ é o déficit no ponto p provocado pelo efluente do trecho i).

Estes trabalhos foram rapidamente seguidos por KERRI (1966, 1967), JOHNSON (1967), LOUKS, REVELLE & LYNN (1967, 1968), e GRAVES, HATFIELD & WHINSTON (1969), conforme GREENBERG, 1995. Em 1966, LIEBMAN & LYNN publicaram o primeiro modelo de programação dinâmica (DP) deste mesmo problema, seguindo não-linearidades, notavelmente na função custo. Também em 1966, um modelo similar usando programação não linear (NLP) foi apresentado por GOODMAN & DOBBINS através de uma biblioteca FORTRAN que contém não somente as equações modelo, mas também uma implementação de passos descendentes para obter um ótimo. O modelo básico LP focalizado para sistemas por aproximação por ANDERSON & DAY (1968). Também em 1968, CLOUGH & BAYER estenderam o LP para um modelo NLP, e MATALAS (1968) usou NLP para otimizar a locação de estações de medida. SHIH & KRISHNAN (1969) publicaram um modelo de programação dinâmica (DP) para o projeto de tratamento de esgotos.

O primeiro livro que inclui modelos de programação matemática para o controle de qualidade da água foi de THOMANN, em 1972. Alguns poucos anos após, o modelo básico inicia a aparecer em livros textos de LP, tais como por GREENBERG (1978), e em livros textos de gerenciamento de águas, tais como os de LOUCKS, STEDINGER & HAITH (1981) e por HAITH (1982).

As citações de GREENBERG, 1995, mostram que os anos 1970 trouxeram uma variedade de extensões em controle de qualidade da água. DYSART & HINES (1970) consideraram os efeitos de iterações dos poluentes, HOROWITZ (1970) estendeu o uso de NLP para o problema de minimização do custo de tratamento, e JAWORSKI, WEBER JR. & DEININGER (1970) dão um tipo diferente de modelo DP. Também em 1970, HASS usou uma variante de proximidade de modelos LP para encontrar taxas apropriadas para poluidores que dão a eles o incentivo econômico para manter padrões de qualidade. Em 1971, ECKER E MCNAMARA apresentaram um modelo de programação geométrica para o projeto de estações de tratamento de efluentes; HAIMES (1971) desenvolveu um procedimento multi-nível, o qual é uma aplicação do método do Multiplicador de Lagrange generalizado para decompor o modelo de sistema de pesquisa de águas. DORFMAN & JACOBY (1972), e LOUCKS & JACOBY (1972) começaram a aproximação de modelos de alocação LP com

otimização de Pareto e explicitamente representaram a influência política como um elemento de tomada de decisões governamentais. Também em 1972, CHI apresentou um modelo de programação não linear (NLP) para determinar onde e quando construir plantas terciárias como parte do projeto do sistema; e GIGLIO & WRIGHTINGTON apresentaram um modelo de jogos para aplicar-se a problemas de equidade. Em 1973, HWANG et al. usaram NLP para considerar várias medidas imediatamente da qualidade de águas, melhor que da remoção de demanda biológica de oxigênio (DBO) ou acréscimo na concentração de oxigênio dissolvido (OD) sozinhos. CHANG & YEH (1973) apresentaram um modelo de programação dinâmica (DP) para alocar a capacidade de aeração de uma série de aeradores. Também em 1973, MILLER & BYERS apresentaram um modelo de programação inteira mista (MIP) de investimento público e usaram programação paramétrica para mostrar funções limites dos benefícios em dólar e o nível de sedimentos. Em 1975, ECKER publicou um modelo de programação geométrica para o problema de alocação do OD com uma aproximação mais precisa (não linear) das relações básicas e funções de custo, estendidas nos anos seguintes por McNamara (ver também ECKER & MCNAMARA, 1971). Também em 1975, ARBABI & ELZINGA apresentaram um modelo NLP geral para minimizar o custo total de tratamento sob uma variedade de condições. ALLEY, AGUADO & REMSON (1976) usaram LP para selecionar velocidades de bombeamento para minimizar custos por aproximação de condições estacionárias de vazões com diferenciação finita. No mesmo ano, FUTAGAMI, TAMAI & YATSUZUKA (1976) usaram LP para escolher velocidades de descarga que maximizem a qualidade da água, combinado com um método de elementos finitos para resolver as equações de fluxo. BRILL, LIEBMAN & REVELLE (1976) apresentaram vários modelos LP para aplicar ao problema de equidade. LOHANI & THANH (1978) estenderam o modelo de proximidade DP a encontrar a questão da taxa de equidade entre poluidores, e os anos seguintes eles usaram uma restrição de probabilidade para representar incertezas nos fluxos de correntes.

Segundo GREENBERG, 1995, todas as citações nos anos 1960 são para o controle de qualidade de águas de superfície. Sistemas de águas subterrâneas vem a ter desenvolvimento cerca de uma década após, embora as equações de transporte são essencialmente as mesmas. O artigo mais antigo visto é de AGUADO et al. em 1974.

A via LP entra em jogo pelo uso de uma aproximação discreta de equações diferenciais que descrevem os fluxos. Para ilustrar, considere um aquífero, a equação diferencial descrevendo o fluxo em estado estacionário é:

$$d^2h/dx^2 = W/T \quad \text{para } 0 < x < L,$$

onde h = nascente de água subterrânea acima dos dados; x = coordenada espacial (dita horizontal, com h vertical): W = velocidade de descarga/recarga do/para aquífero; e T = transmissividade (constante de). As condições de contorno são $h(0) = h_0$ e $h(L) = h_4$ se for usada uma grade de quatro pontos e aplicando diferenciação finita:

$$-2h_1 + h_2 - W_1(\Delta x)^2/T = -h_0$$

$$h_1 - 2h_2 + h_3 - W_2(\Delta x)^2/T = 0$$

$$h_2 + 2h_3 - W_3(\Delta x)^2/T = -h_4.$$

Também, $W \geq 0$ e $h_0 \leq h_1 \leq h_2 \leq h_3 \leq h_4$.

Isto dá um sistema de equações lineares e inequações que compreendem restrições hidrológicas em um LP. Outras restrições podem ser adicionadas, tais como um intervalo na produção total do aquífero: $L \leq W_1 + W_2 + W_3 \leq U$. Existem várias funções objetivo, dependendo do uso do modelo pretendido. Um objetivo gerencial é a manutenção, a qual é formulada como maximizando $h_1 + h_2 + h_3$.

A qualidade é medida nos valores principais (h_i), os quais podem aparecer como uma restrição e/ou na função objetivo. O método de diferenciação finita leva a uma formulação LP, mas ele deve assumir constantes de transmissividade, as quais podem variar visivelmente, exceto em pequenas áreas. Mais genericamente, este LP não é um modelo de escolha, considerando o procedimento NLP, por exemplo, GORELICK, REMSON & COTTLE (1979), AHLFELD et al. (1988), GORELICK (1990), e AHLFELD (1990), citados por GREENBERG, 1995.

Em 1976, WILLIS aplicou programação inteira mista para considerar o tratamento de efluentes em conjunto com necessidades de reservatórios na seleção de processos unitários em projeto de sistemas. WILLIS (1979) apresentou um modelo de planificação LP com múltiplas funções objetivo, e GORELICK, REMSON & COTTLE (1979) aplicaram programação linear paramétrica para responder as questões: que concentração um rio pode permitir se o mais restritivo limite de qualidade de água for removido?

Nos anos 1980 os modelos de programação matemática para a qualidade de águas superficiais e profundas normalmente tem as mesmas pessoas trabalhando nestes problemas. Pode-se também ver modelos que aplicam ambos modelos para o controle da qualidade da água.

Em 1982, GORELICK & REMSON (citados em GREENBERG, 1995) apresentaram um modelo LP para a qualidade de águas profundas (Gorelick separadamente mostrou como o dual LP tem algumas vantagens computacionais), e um modelo MIP para local dispositivos de

despejos. Também YAKOWITZ (1982) apresentou uma taxonomia para aplicar DP para o controle de qualidade da água; e FIACCO & GHAEMI (1982) providenciaram através de uma análise de sensibilidade do modelo de programação geométrica de Ecker (ver também FIACCO, 1983). GORELICK (1983) fez uma revisão cronológica; e FISHELSON (1983) usou DP para maximizar o valor atual de qualidade de águas. Em 1984, COLARULLO, HEIDARI & MADDOCK apresentaram um modelo de programação quadrática para determinar as velocidades de descarga que minimizam o custo total, o qual foi a base para modelos mais gerais NLP após os anos 1980s.

Modelos de qualidade de águas de superfície iniciam a considerar incertezas com BURN & MCBEAN (1985). Em 1986, TUNG usou um modelo LP, o qual ele estendeu para tratar com incerteza por uma restrição probabilística. No mesmo ano, PINTÉR E SOMLYÓDY (1986) apresentaram um modelo de programação inteira para monitorar a qualidade da água (as variáveis de decisão são tamanhos de amostras, e o modelo pode aplicar a monitoração da qualidade do ar). Ahlfeld estudou a qualidade de correções em águas profundas extensivamente com Mulvey (AHLFELD & MULVEY, 1987), em AHLFELD, MULVEY & PINDER (1986) e em AHLFELD, MULVEY, PINDER & WOOD (1988). FUJIWARA, GNANENDRAN & OHGAKI (1986 e 1987) usaram restrições probabilísticas para representar a incerteza nas correntes dos impactos na remoção de DBO, o qual compreende as restrições de qualidade dos modelos recentes. Em 1987, CLARK & ADAMS apresentaram um modelo MIP para tratamento por carvão ativado granular (GAC) para águas de superfície e profundas. Também WAGNER & GORELICK (1987) apresentaram um método para lidar com parâmetros de incertezas nas equações hidráulicas. MEYER & BRILL (1988) usaram programação inteira (especificamente, cobertura de máxima locação) iterativamente com simulação para determinar a locação ótima de fontes (a simulação lidou com incertezas ou fontes que possam detectar contaminação em cada uma das várias localizações). ELLIS (1987 e 1989) considerou incertezas com um procedimento DP. No ano seguinte ESOGBUE (1989) deu outra taxonomia para a aplicação DP para controle de qualidade de águas.

ANDRICEVIC & KITANIDIS (1990) usaram programação dinâmica diferencial para controle adaptativo em tempo real de gerenciamento de aquíferos na presença de parâmetros de incerteza. No mesmo ano, GORELICK (1990) revisou a metodologia para combinar NLP com equações de simulação. LEE E KITANIDIS (1991) apresentaram um modelo de controle adaptativo que responde a medidas em tempo real de parâmetros de incerteza, como

transmissividades. No ano seguinte BURN E LENCE (1992) compararam formulações LP que variam pela escolha de funções objetivo.

Apesar da grande quantidade de pesquisas aplicando programação matemática para a qualidade de águas, a conferência da American Society of Civil Engineers (ASCE) (HARRIS, 1989) tem somente um artigo no assunto. Outra conferência um pouco mais recente (HON, 1993) tem somente dois.

Em 1993, houve muitos artigos, comparado com os anos anteriores, mas a maioria lida com os aspectos computacionais de otimização; somente uns poucos estendem os modelos em novos caminhos. CARDWELL & ELLIS (1993) estenderam o modelo DP de LIEBMANN & LYNN (1966) pela consideração de uma função de estado estocástico de transição (com distribuição de probabilidade conhecida). BERKEMER, MAKOWSKI & WATKINS (1993) apresentam um sistema de suporte de decisões baseado em estrutura de programação inteira mista multi-objetivo. RUSZCZYŃSKI (1993) apresentou uma revisão sucinta de todos tipos de modelos de programação matemática sob condições de estado estacionário. OSTFELD & SHAMIR (1993) consideraram a remoção de hipóteses de condições em estado estacionário. CULVER & SHOEMAKER (1993) continuaram seu procedimento para aplicar programação dinâmica diferencial para o controle ótimo de correções em águas subterrâneas. WHIFFEN & SHOEMAKER (1993) estenderam modelos anteriores considerando incertezas e o efeito de dois tipos de erros: tendências, tais como má estimativa da condutividade hidráulica média, e dispersão, qual é o erro no valor do nó para a rede. GEORGAKAKOS & YAO (1993) apresentaram uma teoria de estado dirigida a controle que aplica ambos a correntes e águas subterrâneas. HUDAK & LOAICIGA (1993) aplicou método do multiplicador generalizado de Lagrange para decompor um MIP em problemas independentes 0-1 da mochila, um para cada intervalo hidrostático em cada de duas classes de situações. JEMAA & MARIÑO (1993) aplicou DP para minimizar dos desvio quadrado total da valores objetivo, onde existe um mecanismo de controle por realimentação. MARRYOTT, DOUGHERTY & STOLLAR (1993) aplicaram “simulated annealing” (SA) para resolver o NLP básico para correções em águas subterrâneas. MHAISALKAR et al. (1993) aplicaram DP para selecionar processos unitários para o projeto de uma estação de tratamento de esgotos. SHAFER & VARLJEN (1993) usaram o método de função de penalidades do NLP para modelos que têm sido publicados.

Um dos novos desenvolvimentos é o projeto inovador de ESIS (Environmentally Sensitive Investment System), por PINTÉR et al. (1993). Este é um sistema sofisticado para orientar tanto governantes quanto industriais na análise da política. Ele incorpora inteligência

artificial, tecnologia de base de dados, e ferramentas de visualização com modelos econômicos e técnicas de pesquisa operacional. O âmago do ESIS é um programa genérico não linear, o qual pode ser complexo (mas necessita ser não convexo). O sistema tem sido aplicado para indústrias de polpa e papel no Canadá, e seus fundamentos conceituais, edificados em programação matemática, tem o potencial para aplicar mais genericamente para entender o impactos econômicos de controle ambiental. AHLFELD & HEIDARI (1994) proporcionaram um relato corrente de otimização de correções em águas subterrâneas, mostrando como aplicações LP sob hipóteses simplificadoras nas equações de transporte. CHAN (1994) usou o método de Monte Carlo para resolver modelo com probabilidade de restrições LP para gerenciamento de aquífero.

Ocorreu, quase em paralelo, o desenvolvimento de metodologias para a análise com múltiplos objetivos, onde os primeiros trabalhos relacionados a problemas ambientais remontam a 1973, SOUZA (1996), neste artigo, o autor relata vinte e sete trabalhos, no exterior, correlacionados a múltiplos objetivos, incluindo o desenvolvimento de softwares e algoritmos gráficos de seleção entre alternativas. SOUZA (1996) analisa no mesmo trabalho as metodologias propostas no Brasil. Traça ainda um resumo com as principais metodologias para seleção de processos de tratamento de águas residuárias, com destaque para o modelo PROSEL-I (SOUZA, 1992). BANA E COSTA (1995) descreve os métodos de decisão multicritério e suas aplicações. Ambos autores, SOUZA (1996) e BANA E COSTA (1995) mostram que esta área é promissora para a aplicação em modelos ambientais ou de seleção de alternativas para o tratamento de resíduos.

2.7.2. Modelos integrados

Nestas três décadas que pesquisadores têm desenvolvido a aplicação de programação matemática para controle ambiental, apareceram artigos que foram denominados “modelos integrados”, GREENBERG (1995). Estes pertencem à poluição química, mais especificamente no ar e na água, e não tratam de alguns dos detalhes que são incluídos nos modelos especificamente ambientais. Seu objetivo é estender e/ou aplicar teorias econômicas para considerar explicitamente para controle de danos ao ambiente.

Um modelo genérico (simplificado) tem a forma:

Maximize $u(f(x), d(y))$: $e(x) = 0, g(y) = 0,$

$$H(x,y) = 0, L \leq (x,y) \leq U,$$

Onde x é um vetor de variáveis econômicas (por exemplo lucro), e y é um vetor de variáveis ambientais (por exemplo emissões da produção). A função objetivo é uma função utilidade, u , cujos argumentos são uma função de benefícios, f , e uma função de danos, d ; tipicamente, $u(f,d) = f - d$. Cada lista de variáveis pode ter suas próprias restrições, e ocorre um sistema de equações de união que relaciona variáveis econômicas e ambientais.

2.7.3. Inteligência artificial (IA)

Segundo Barr & Feigenbau (1981), citado em LIU & BAUGHMAN, (1995):

Inteligência artificial é parte da ciência computacional preocupada com o projeto de sistemas computacionais inteligentes, isto é, sistemas que exibem características que são associados com inteligência no comportamento humano.

Esta definição simples estabelece que o objetivo da IA é fazer o computador “pensar”, para fazê-lo resolver problemas requerendo inteligência humana.

Focando no significado da execução deste objetivo, Buchanan e Shortliffe (1983) apresenta outra definição de IA:

Inteligência artificial é o ramo da ciência computacional que lida com métodos simbólicos e não algoritmos de solução de problemas.

Esta segunda definição de IA enfatiza dois aspectos dos métodos baseados em IA para resolução de problemas. Primeiro, IA não usa um algoritmo, que é, um procedimento formal especificando uma execução passo-a-passo de um caminho que garanta uma solução correta ou ótima em um mesmo ponto. Segundo, IA envolve processamento simbólico, um ramo da ciência computacional que lida com símbolos não numéricos e nomes. Em contraste, o processamento numérico clássico lida com cálculos numéricos e processos.

As três maiores tecnologias baseadas em IA com crescimento técnico e significância comercial são os sistemas especialistas, redes neurais, e sistemas fuzzy (sistemas difusos) (Verduin, 1995; Crowe e Vassiliadis, 1995). Quantrille e Liu, 1991 (Artificial Intelligence in Chemical Engineering), focaram um sistema especialista.

2.7.3.1. Sistemas especialistas, redes neurais e processamento sub-simbólico

Um sistema especialista, também conhecido como um sistema baseado em conhecimento, é um programa computacional que usa conhecimento, em alta qualidade e profundidade, para resolver problemas complexos e avançados que tipicamente necessitam experiência humana. Sistemas especialistas operam simbolicamente, em uma escala macroscópica, processando símbolos não numéricos e nomes. Ele necessita o conhecimento das relações e não se importa como se desenvolvem estas relações.

Para sistemas fuzzy (sistema difuso) a grande aplicação ocorre em áreas de controle e processo de tomada de decisão, onde uma modelagem matemática precisa se torna inviável (ou em alguns casos impossível), dada a imprecisão de termos envolvidos e a presença de informações incompletas (LAPOLLI, 1993).

Redes neurais, por outro lado, usam processamento sub-simbólico, caracterizado por interações microscópicas que eventualmente manifestam-se como um comportamento macroscópico, simbólico e inteligente. Assim, Robert Hecht-Nielson (1990), citado em LIU e BAUGHMAN (1995), definiu redes neurais como:

Uma rede neural é um sistema computacional feito de um número de simples, altamente interconectados, nós ou elementos de processamento, os quais processam a informação por seu estado dinâmico respondendo a entradas externas.

O alvo de uma rede neural é mapear uma lista de caminhos ou procedimentos de entrada até uma lista correspondente de procedimentos de saída. A rede acompanha este mapeamento primeiramente aprendendo de uma série de exemplos passados definindo listas de entrada e saídas correspondentes para um dado sistema. A rede então aplica o que ela aprendeu para um novo procedimento de entrada para predizer a saída apropriada. A rede neural é discutida em TAFNER, XEREZ & RODRIGUES (1995).

2.7.4. Sistema Especialista (SE)

Segundo RABUSKE (1995), sistemas especialistas (SE) são sistemas “computacionais” que resolvem problemas de uma maneira bastante parecida com o especialista humano. São sistemas com um conhecimento específico profundo sobre campos restritos do conhecimento. JOHNSON (1983), baseado em estudos afirmou: “um especialista é uma pessoa que, devido ao treino e experiência, é capaz de executar coisas que os outros não conseguem: especialistas não são apenas proficientes, mas também exímios e eficientes

no que fazem. Especialistas conhecem um grande número de coisas e usam artifícios e cuidados em aplicar o que sabem nos problemas e tarefas: também são bons em explorar a informação irrelevante, tentando atingir a essência, e são bons no reconhecimento de problemas como típicos da área em que tem familiaridade. Atrás do comportamento do especialista está o corpo do conhecimento operativo que denominamos perícia. É razoável supor, então, que os especialistas são aqueles que devemos consultar quando queremos representar a perícia que torna seus comportamentos possíveis.”

Dessa forma, os SE devem, então, caracterizar-se por um conhecimento poderoso e amplo, no limite da perícia, organizado com o objetivo de simplificar a busca da resposta requerida. Com isto, o armazenamento da informação torna-se de primordial importância.

Estes SE devem, também, ter habilidade para aprender com a experiência e explicar o que estão fazendo e porque o fazem. Esta última é uma das principais características que distinguem estes sistemas dos tradicionais sistemas de informação. Esta característica também torna os SE poderosas ferramentas de treino, sendo, em especial, úteis na instrução e na educação.

2.7.4.1. Arquitetura de um sistema especialista

A arquitetura de um SE sofre influências, as mais diversas, desde a generalidade pretendida até os objetivos que motivaram sua construção. Um modelo geral de arquitetura de SE pode ser visto na figura 3:

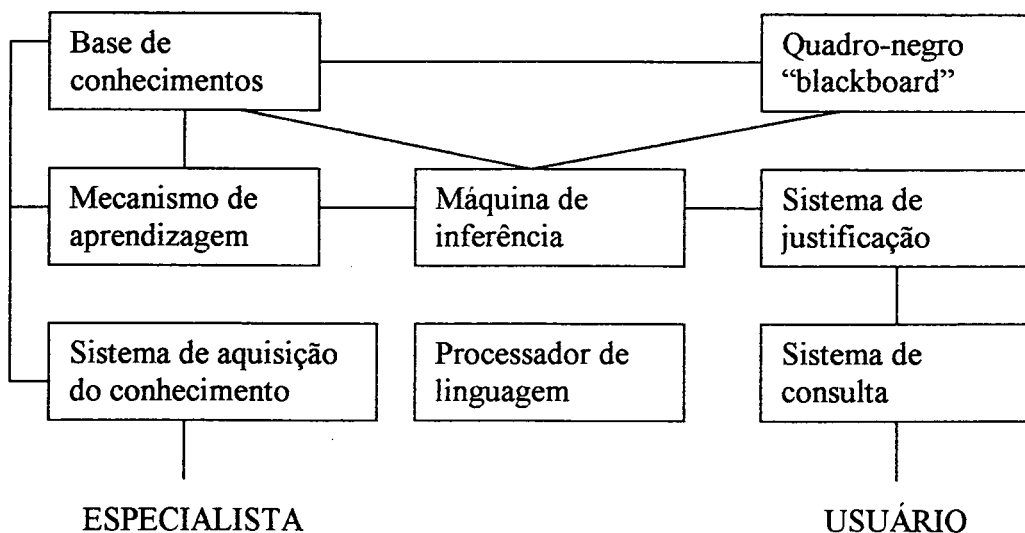


Figura 2.05. arquitetura genérica de um sistema especialista (SE)

2.7.4.1.1. A base de conhecimento

A base de conhecimentos contém conhecimento, representada sob a forma de regras de produção, quadros, redes semânticas, ou outra forma qualquer, ela contém ainda um somatório de fatos, de heurísticas e de crenças. Ela é criativa, capaz de certos tipos de controle sobre si mesma, podendo até suprir algumas informações ausentes. É especialmente esta última característica que a distingue das tradicionais bases de dados.

A base de conhecimento, módulo básico do sistema especialista, está interligada com diversos outros, especialmente com a máquina de inferência, mecanismo de aprendizado e área de trabalho (“blackboard”) ou algumas vezes chamada de quadro-negro.

2.7.4.1.2. A máquina de inferência

A máquina de inferência é em geral, entendida como compreendendo o interpretador de regras e o escalonador das regras, quando o sistema especialista envolve regras de produção. Porém, em outras formas de representação do conhecimento, pode estar intimamente ligada à estrutura de representação, sendo algo até um tanto difuso.

A máquina de inferência envolve métodos de solução (“forward”, “backward”,...) e a manipulação das incertezas (lógica difusa, lógica Bayesiana, lógica multivalores ou outra). A sua estrutura está intimamente ligada à natureza do problema.

Para a implementação da máquina de inferência, em alguns casos pode-se adotar “softwares” disponíveis, enquanto que, em outros, é preciso elaborá-los. Ambos os casos têm suas vantagens e desvantagens. A adoção de um “software” disponível envolve a sua aceitação como um todo, até em aspectos que costumam ser deficientes, como é o caso da justificação da reposta. A opção pela elaboração do “software” implicará em custos e tempo adicionais, podendo, no entanto, satisfazer mais em detalhes e permitir melhor adaptação ao problema.

A máquina de inferência pode ser dinâmica, pois existem “softwares” que permitem fazer adaptações julgadas convenientes.

2.7.4.1.3. O quadro-negro

O quadro-negro (“blackboard” ou rascunho ou área de trabalho) é a área de trabalho do sistema especialista. Armazena informações, fatos e estruturas de suporte ao

funcionamento do sistema, quando este efetua raciocínios. Embora todos os SE usem o quadro-negro, nem todos o tem como um componente explícito.

Hayes-Roth em 1983 (RABUSKE, 1995), subdivide o quadro-negro em três partes, cada qual ligada a um módulo específico de atuação.

A parte referente ao “plano de atuação” contém elementos que descrevem a estratégia geral de solução a ser seguida, está ligada diretamente ao interpretador de regras e ao justificador. Em geral o interpretador valida as condições importantes da regra, liga variáveis a estas condições e faz as alterações ditadas pelas regras.

A parte “agenda” registra as ações em espera de execução, está associada diretamente ao escalonador de regras. Os escalonadores, que podem envolver conhecimento razoável, devem informar qual a ação mais proveitosa a ser executada no instante seguinte.

A parte “solução” contém os elementos que compõem as soluções potenciais, está ligada ao módulo verificador de consistência. Este módulo mantém uma representação consistente das soluções emergentes. Para conseguir isto, vale-se, em geral, de mantenedores de verdade se a resposta envolve elementos lógicos ou graus de confiança, como é o caso mais freqüente.

2.7.4.1.4. Sistema de justificação

Forsyth (1984), em RABUSKE (1995), chama o sistema de justificação de “a janela humana”, é uma capacidade de questionamento, fornecida ao usuário, seja para repetir uma dedução efetuada, seja para responder a outras questões que o sistema especificamente permita. A justificação é um requisito obrigatório nos sistemas especialistas, tendo, geralmente, capacidade de responder às seguintes perguntas:

Como chegou a esta conclusão?

Por que chegou a esta conclusão?

Por que não chegou a tal outra conclusão?

Outros autores, como Mostow e Swartout (1986), citados por RABUSKE(1995), usam o termo “explanação”, distinguindo entre justificação e explanção de uma conclusão efetuada por um sistema especialista. A justificação é baseada no conhecimento (ou suposições) a respeito do domínio, como, por exemplo, a terapia A é considerada superior à terapia B porque seus remédios são mais efetivos. Este tipo de informação é importante ao usuário. Em contrapartida, explanção pode referir-se à conveniência da computação ou projeto, por exemplo, da terapia A é considerada superior à terapia B como um artefato de

condensação de métricas para eficiência “computacional”, e que aos projetistas que as delinearão não foram suficientemente importantes para dar-se ao trabalho de fixá-las. Este tipo de informação pode ser importante para quem tiver a responsabilidade de manter o sistema especialista.

2.7.4.1.5. Mecanismo de aprendizagem

É um módulo rudimentar na maioria dos sistemas especialistas, constando apenas de recursos que permitem fazer acréscimos e alterações na base de conhecimentos. Existe, porém a possibilidade de tornar este recurso mais potente, fazendo com que adquira uma capacidade maior, depurando a base de conhecimentos, reordenando prioridades, estabelecendo mecanismos de controle para a expansão da árvore de busca, executando outras ações que melhorem o desempenho do sistema e a qualidade da resposta. Visto sob este último enfoque, é um recurso optativo.

2.7.4.1.6. O sistema de aquisição do conhecimento

É um módulo que permite ao sistema ampliar e alterar seu conhecimento. Aparece, geralmente, munido de recursos para trabalhar o conhecimento (editores, ordenadores, classificadores, entre outros) que auxiliam na difícil tarefa de extraí-lo e aproveitá-lo adequadamente. Em muitos sistemas é a única forma de aprendizado.

2.7.4.1.7. Sistema de consulta

O usuário é, em geral, alguém que não participou da elaboração do sistema especialista, sendo, portanto, natural que não conheça as estruturas sustentadoras do sistema e, que, provavelmente, não esteja familiarizado com as formas de representação do conhecimento adotadas.

Para que os potenciais usuários possam acessar com proveito e sem maiores dificuldades o sistema especialista, é preciso, então, muní-lo de recursos para consulta, que são módulos explícitos ou implícitos ao sistema. Para contornar a linguagem técnica da tecnologia “computacional” e da engenharia do conhecimento, estes módulos estabelecem uma linguagem orientada para o problema, podendo ser um subconjunto da língua nativa. Na

figura 2.05. O módulo “processador de linguagem” não foi ligado a qualquer módulo, sendo, porém requerido todas as vezes que o usuário estiver ativo.

2.7.5. Fases do desenvolvimento de um sistema especialista

Nos SE o desenvolvimento, a partir de um protótipo, minimiza bastante a separação em etapas, as quais formalmente continuam a ser consideradas como: Identificação, Conceituação, Formalização, Implementação, Teste e Avaliação e Revisão.

2.7.5.1. Fase da identificação

São identificados os participantes do projeto, os recursos envolvidos, as características do problema e os objetivos a atingir.

2.7.5.1.1. Identificação dos recursos

Este item compreende, em primeiro lugar, a identificação das fontes do conhecimento, como o especialista, os livros, as revistas, os fichários, entre outros. Em segundo lugar compreende a delimitação do tempo, estabelecendo um cronograma básico. Em terceiro lugar compreende a identificação dos recursos “computacionais”, especificando as máquinas a serem usadas, máquinas a adquirir, “softwares”. Finalmente, compreende a identificação dos recursos financeiros envolvidos.

2.7.5.1.2. Identificação das características do problema

Nesta tarefa devem ser respondidas uma série de questões como as citadas por Hayes-Roth (1983), em RABUSKE (1995): classes de problema a resolver, caracterização ou definição, principais subproblemas, dados, termos importantes e suas inter-relações, solução esperada, aspectos importantes pelo perito, etc.

2.7.5.2. Fase da conceituação

Consiste em definir a base conceitual do sistema especialista. Nesta fase, não deverá ser feita uma análise completa do problema, procurando detalhar tudo, porque, após a

implementação do protótipo, certamente ela será retomada. Hayes-Roth (1983) recomendam um roteiro de questões a serem respondidas nesta etapa.

2.7.5.3. Fase da formalização

A fase da formalização envolve a expressão de conceitos e de relações-chaves, de uma maneira formal, identificando estruturas de suporte para sua representação e armazenamento. Se estas estruturas forem parte integrante de alguma ferramenta existente, poder-se-á utilizá-la para construção do sistema.

2.7.5.4. Fase da implementação

A fase da implementação se consuma com a edição do conhecimento e a feitura dos programas que o processam, quando não for feita opção por alguma ferramenta já existente. Os programas deverão respeitar conteúdo das estruturas, forma de raciocínio e integração do todo (através da estratégia de controle). Isto, em geral, não é fácil de ser conseguido, razão pela qual os programas são revistos muitas vezes.

2.7.5.5. Fase do teste e avaliação

O sistema especialista deve ser testado e avaliado freqüentemente, desde a implementação do protótipo inicial. Deve-se levar em consideração o desempenho e utilidade. O teste poderá por a descoberto falhas de representação, exigindo, então, revisão.

2.7.5.6. Fase da revisão

A revisão é um processo continuado, acompanhando o desenvolvimento do sistema. Consiste em revisar o sistema, especialmente para alterar e melhorar aspectos observados na fase de avaliação. A revisão deve ser feita, tendo em mente o escopo definido para o sistema. Se nesta fase houver mudanças significativas, possivelmente haverá necessidade de uma reavaliação geral do sistema.

2.7.6. Dificuldades e limitações dos sistemas especialistas

Quando se fala de SE, intuitivamente se estabelece uma comparação com o correspondente humano, esquecendo que a distância entre ambos é imensa. Os pontos negativos a ressaltar são: SE não são bons em representar o conhecimento temporal e espacial, executar raciocínio de senso comum, manipular conhecimento inconsistente e reconhecer os seus próprios limites, bem como ocorrem falhas nas ferramentas de inteligência artificial disponíveis.

O fato de SE serem ainda novos, torna-os vulneráveis na alocação dos recursos, e ocorre falta de recursos humanos capacitados para atender o mercado. Também ocorrem problemas em relação ao “software”, onde muitas das ferramentas desenvolvidas ainda não passaram do estágio de pesquisa.

2.7.7. Aplicações de sistemas especialistas

Os sistemas especialistas já estão presentes em quase todas as áreas do conhecimento. Para exemplificar, abaixo estão relacionadas algumas áreas com os respectivos sistemas especialistas consolidados:

Administração	– FOLIO
Advocacia	– JUDITH
Agricultura	– POMME
Computação	– XCON
Eletrônica	– SOPHIE
Engenharia	– REACTOR
Física	– GAMMA
Geologia	– PROSPECTOR
Matemática	– MACSYMA
Medicina	– MYCIN e ONCOCIN
Química	– DENDRAL

3. A QUESTÃO AMBIENTAL E O PROBLEMA PROPOSTO

3.1. Introdução

A mudança do paradigma de desenvolvimento industrial, em grande parte determinado pelos avanços da informática e pelo contínuo uso de novas tecnologias, acarretou, nos países industrializados, profundas transformações nos padrões de qualificação da mão-de-obra, nos instrumentos e estruturas de produção industrial e nos modelos de organizações e gerência do trabalho. O impacto das novas tecnologias e processos informatizados sobre a produção industrial pode ser benéfico ou devastador, dependendo da capacidade em absorvê-lo e incorporá-lo ao ciclo produtivo. Os processos de absorção, difusão e transferência de tecnologias não são automáticos ou fáceis. Cada vez mais as atividades de desenvolvimento tecnológico se tornam especializadas, complexas e dependentes de informações e conhecimentos específicos, exigindo recursos humanos com formação adequada. Para sobreviver e auferir os benefícios das novas técnicas e da telemática, as empresas têm investido em informação tecnológica, geração e absorção de tecnologias e formação de recursos humanos, o que seguramente é uma das formas mais eficientes para fazer face as novas pressões decorrentes da abertura da economia brasileira aos mercados internacionais (SENAI, 1998).

Dentro deste contexto as empresas enfrentam o endurecimento da legislação ambiental no plano interno e no plano externo os países importadores passam a exigir a certificação de qualidade tanto ISO 9.000 como a ISO 14.000 (ABNT, 1996), o que lhes exige uma rápida capacitação e adaptação de seus processos produtivos e gerenciais. As empresas maiores têm demonstrado boa capacidade de resposta a estes desafios, entretanto as pequenas e médias empresas têm os mesmos problemas os quais estão aliados a uma estrutura gerencial quase sempre do tipo familiar, o que lhes impede rapidez nas tomadas de decisão que envolvam alterações significativas na sua estrutura. Isto as coloca em situação de alerta, pois a sua capacidade financeira geralmente é muito limitada e de repente ela se depara com os custos das mudanças estruturais, de legislações específicas, de normas de qualidade e de adequação (“compliance”) com a legislação ambiental.

Para a questão ambiental, os recursos humanos envolvidos necessitam de treinamento rápido para evitar o agravamento das situações locais, pois geralmente estas empresas estão

em desacordo com as normas ambientais, seja por deficiência de treinamento, de estrutura gerencial, e até mesmo educacional e de reconhecimento dos valores ambientais, pois não raro tem sido observado o abandono de práticas simples na manutenção dos sistemas de tratamento, tornando-os sem efeito e quase inócuos.

O desconhecimento de práticas de manutenção e operação das estações de tratamento de efluentes (E.T.E.) tem sido particularmente danoso ao ambiente local, uma vez que seus efluentes passam a provocar acentuados desvios nos ecossistemas pelo excesso de materiais liberados ao ambiente nas diversas formas. Também nestes setores, o atraso tecnológico aliado a falta de flexibilidade nas legislações higiênico-sanitárias tem agravado o lançamento de quantidades elevadas de resíduos altamente diluídos em água, muitas vezes por falta de treinamento básico dos operadores.

A consequência deste quadro tem sido o endurecimento da fiscalização setorizada, com a emissão de pesadas multas e outros procedimentos de proteção ao meio ambiente e ao produto. A empresa, entretanto, passa a se preocupar apenas em atender a legislação como uma proteção ao seu "status quo" adquirido e enfrentar supostos adversários, quando na verdade a revisão de seu processo, com a adoção de práticas modernas de gestão e novas tecnologias e a adequação de suas E.T.E.s levam a melhorias na qualidade de seus produtos, com aumento em seus lucros (devido a utilização de materiais antes perdidos), e consequente melhoria ambiental.

Infelizmente, a maioria das empresas foram criadas à partir de tecnologias adquiridas no início do século ou herdadas de antepassados e "passadas de pai para filho", período em que o tratamento dos resíduos consistia em canalizar para pontos de lançamento quanto mais distante melhor, de forma que o que não é visto não incomoda. A falta de técnicos especializados em questões ambientais trouxe um agravante pois as E.T.E.s instaladas à partir dos anos 70s não possuem tecnologias adequadas, iludindo as empresas e seus operários que seus efluentes não têm outra solução e que já instalaram sistemas de tratamento. Estas empresas quando pressionadas, tem a tendência de copiar a E.T.E. do vizinho mais próximo, gerando um ciclo vicioso que não contribui para o ambiente em que se localizam.

Para as pequenas empresas a situação torna-se mais grave, pois a instalação de E.T.E.s exige investimentos elevados para a sua dimensão, uma vez que não possuem economia de escala que justifique os investimentos. Estas empresas muitas vezes terão problemas sem o apoio de instituições financeiras governamentais ou não, agravando a questão ambiental, pois atrás delas estão seus operários com as suas práticas e experiências pessoais que, ao perderem

seu emprego tentarão abrir seu próprio negócio sem acompanhamento técnico e em locais inadequados com tecnologias primárias e, geralmente, sem fiscalização, contribuindo para a degradação ambiental.

Para esta indústria a questão ambiental é importante uma vez que o seu potencial poluidor é elevadíssimo, em termos de parâmetros físico-químicos, e a degradação provocada por uma pequena empresa equivale à degradação provocada por centenas de pessoas.

A solução reside no melhor controle pelos órgãos fiscalizadores, na adoção de tecnologias adequadas e muitas vezes no projeto adequado de suas E.T.E.s, com o treinamento de todo o pessoal envolvido, principalmente com a adoção, no todo ou em parte, das ferramentas gerenciais preconizadas nas modernas normas ambientais da série ISO 14.000.

Confirmando as assertivas acima citadas, DONAIRE (1995) afirma que quanto mais diferenciada é uma empresa, mais difícil se torna a integração empresarial, no equacionamento dos diferentes pontos de vista existentes nos diversos departamentos e na conjugação de esforços e unidade de ação.

Ao se defrontar com as forças ambientais, a empresa vai segmentando-se em unidades departamentais, cada qual com a tarefa de lidar com uma parte das condições existentes fora da empresa. Cada um dos departamentos lida especificamente com um recurso ou com um segmento do universo exterior à empresa. Esta divisão do trabalho entre as unidades departamentais conduz à diferenciação. Os diversos subsistemas ou departamentos precisam, porém, de um esforço convergente e unificado para atingir os objetivos empresariais especificados. Como consequência, surge o processo de integração. Como o ambiente caracteriza-se por uma incessante mudança, a adaptação e a flexibilidade da empresa são vitais para seu sucesso.

Assim, tendo em mente esses dois aspectos, a empresa que mais se aproxima das características requeridas pelo ambiente está mais sujeita ao sucesso do que a que se afasta delas. Como a empresa representa um sistema aberto, as variáveis organizacionais apresentam um complexo interrelacionamento entre si com o ambiente. Isso explica a íntima relação entre as variáveis externas e os estados internos da organização empresarial.

O raciocínio apresentado por DONAIRE (1995), citado acima, se aplica também à pequena empresa, com o diferencial que os seus departamentos internos nem sempre estão explícitos, pois muitas vezes eles se fundem em uma mesma pessoa ou cargo.

3.2. A situação da pequena e média empresa do setor indústria de carnes

Segundo SILVEIRA, 1996 e 1997, a maioria das pequenas e médias empresas situadas no interior do Estado do Rio Grande do Sul possui problemas de conformidade em seus sistemas de tratamento de resíduos líquidos, e a quase totalidade encontra-se na situação discutida no item anterior (3.1), ou seja, possuem estrutura familiar, com tradição repassada de pai para filho, possuem empresas com problemas de localização e normalmente são empresas com crescimento empírico. No período de 1996 a 1997 foram coletadas amostras dos efluentes brutos (SILVEIRA, 1996), com o objetivo de definir parâmetros médios que reflitam a realidade local, uma vez que outros trabalhos semelhantes citados na literatura (NEMEROW, 1975 e BRAILE, 1971) utilizam dados do exterior. Um outro trabalho na área, de origem nacional foi produzido pela CETESB, 1978 e utiliza as médias dos efluentes brutos de frigoríficos do Estado de São Paulo.

Os dados de amostras de efluentes brutos foram coletados e analisados nos laboratórios do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria. No período considerado produziu as médias constantes na tabela 3.01, discriminados por tipo (ou grupo) de empresa. No anexo 09 constam alguns registros com os dados brutos de frigoríficos e fazem parte do banco de dados criado.

Tabela 3.01. Médias de efluentes brutos de frigoríficos da região central do Rio Grande do Sul

Indústria \ parâmetro	DBO ₅ (mg/L)	DQO (mg/L)	O & G (mg/L)	Nitrogênio Total (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)
Abat. de bovinos	2.119,5	6.663,2	328,9	133,0	354,7
Abat. de suínos	2.393,8	3.000,0	700,5	168,5	43,8
Abat. de bovinos e suínos	1.525,0	5.466,7	-	-	192,0
Salsicharia	1.350,9	3.768,8	1.600,0	44,8	164,0
Abat. de bovinos e salsicharia	2.860,0	8.000,0	200,0	-	815,0
Abat. de suínos e salsicharia	1.750,0	3.900,0	-	-	210,0
Abat. de bovinos e suínos c/ salsicharia	2.269,0	5.328,6	771,75	-	331,1

Obs.: as vazões destas empresas não foram incluídos devido à diversidade de informações.

Ao comparar os dados da tabela 2.03 (CETESB, 1978) com os dados da tabela 3.01, observa-se que os últimos dados estão mais próximos da realidade local e servirão como base de dados para o dimensionamento de estações de tratamento de efluentes das indústrias deste setor. Os dados acima mostram que a necessidade de tratamento adequado do resíduo da

indústria de carnes é premente não somente pela necessidade de reduzir ou eliminar o perigo de disseminação de microorganismos. Esta necessidade evidencia-se analisando o tempo de sobrevivência máximo de alguns patógenos quando lançados ao solo (prática ainda comum em empresas de pequeno porte), onde os resíduos liberados tendem a ser absorvidos pelo solo, provocando contaminação do mesmo, do lençol freático e de águas de superfície por lixiviação. Segundo ANDREOLI & BONNET (Apud USEPA, 1985) o tempo de sobrevivência máxima comum de patógenos no solo é de até 75 dias para bactérias, 12 dias para vírus, oito dias para protozoários e dois anos para ovos de helmintos.

3.3. O problema proposto

Para atender aos objetivos gerais e específicos deste trabalho e cientes que os sistemas de tratamento de efluentes de pequenas e médias indústrias do setor de carnes possuem ou podem possuir problemas de conformidade com a legislação ambiental. Cientes ainda que existe um conjunto de situações históricas de treinamento e gestão dos negócios que dificultam a geração de resíduos dentro das modernas tecnologias limpas (ver figura 3.01, 3.02 e 3.03 abaixo) e tendo em vista que a tendência dos projetistas é de usar instintivamente as mesmas tecnologias em qualquer situação, propõe-se neste trabalho a elaborar nova metodologia utilizando o computador e baseada em ferramentas de sistemas especialistas e algoritmos heurísticos que auxiliem o planejamento e, conseqüentemente, o projeto de novos sistemas de tratamento. O sistema a ser criado deve ser capaz de reproduzir casos reais selecionados já implantados e funcionando, de forma a verificar a sua adequação com a nova metodologia.

O sistema deve suportar a inclusão de novas tecnologias a qualquer momento e ser capaz de atualizar dados obtidos em laboratórios ou de literatura, possibilitando uma atualização de parâmetros de projeto baseada em critérios técnicos e na informação igualmente importante de especialistas na área.

O sistema deve também ser capaz de selecionar as alternativas mais viáveis tecnicamente e promover a indicação das alternativas mais econômicas, de forma que o projetista ou usuário tenha uma resposta rápida, isenta de preferências subliminares e tenha elementos que possibilitem a escolha da alternativa que lhe pareça mais conveniente.

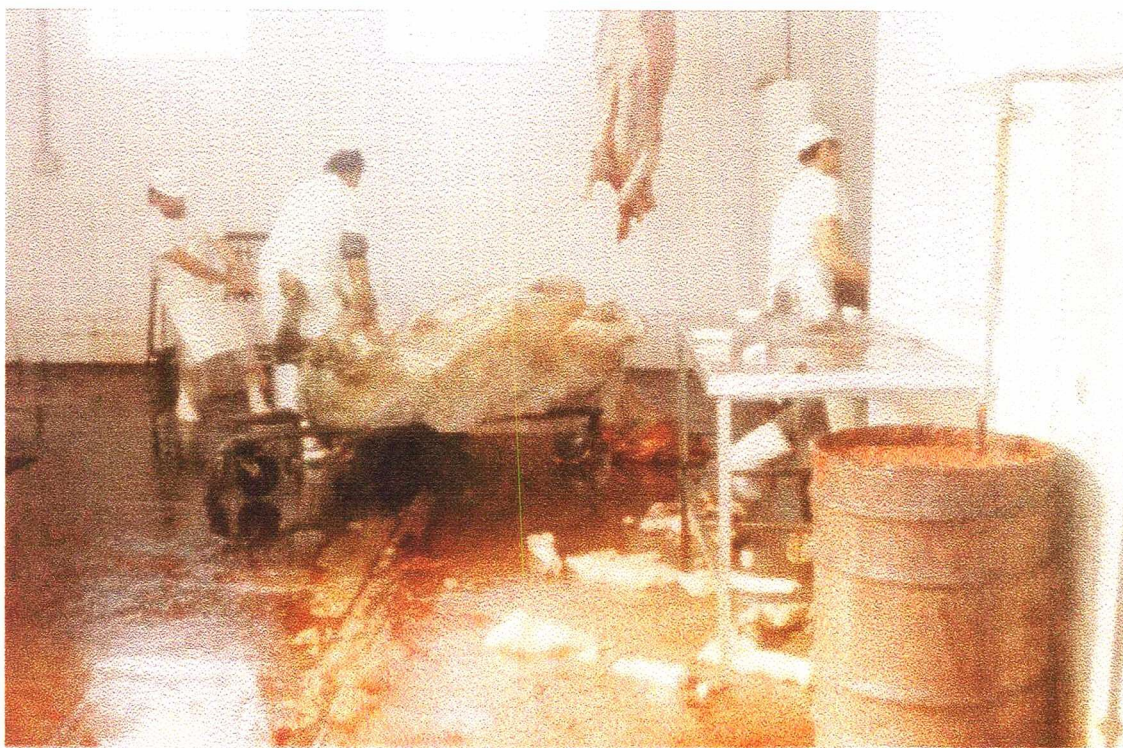


Figura 3.01. Vista do interior de um abatedouro típico. Note a quantidade de resíduos no piso que serão liberados ao meio ambiente.



Figura. 3.02. Geração de resíduos na sala de processamento de vísceras em um abatedouro.



Fig. 3.03. Geração de resíduos em uma pequena salsicharia.

4. MODELO PROPOSTO PARA A SOLUÇÃO

4.1. Introdução

A questão ambiental atualmente já ultrapassou a etapa de “modismo” para se consolidar definitivamente dentro das prioridades sociais, ou seja, o desenvolvimento não é mais visto como a utilização pura e simples dos recursos de forma que venham a gerar lucros sem que as suas conseqüências sejam devidamente avaliadas. Também a etapa em que algumas pessoas e entidades passavam a protestar indiscriminadamente contra os abusos na utilização dos recursos já foi ultrapassada, culminando na atualidade com modernas legislações com aplicações de multas e penalidades rigorosas aos detratores do meio ambiente. A introdução de modernas técnicas gerenciais, com ferramentas de gestão ambiental tem levado a indústria a reconsiderar suas atitudes em relação ao meio ambiente, culminando com as modernas normas ISO 14.000 e a futura norma ISO 18.000. Entretanto, essa nova cultura introduz a necessidade de as indústrias manterem seus processos tecnológicos atualizados, na procura incessante da melhoria contínua, e buscando, sempre que possível, a utilização de tecnologias limpas. Esta atitude é, freqüentemente, confundida com aumento de custos para a empresa, esquecendo muitas vezes que a geração de resíduos significa o mal aproveitamento da matéria-prima ou seus subprodutos.

Na indústria de carnes e na indústria de alimentos em geral, a legislação é rigorosa quanto aos procedimentos higiênico-sanitários, ver MORETTO (1986), ANDRADE & MACÊDO (1996) e DIPOA (1971), tendendo a uma utilização acentuada de água com o objetivo de higienizar as instalações, com o conseqüente elevado consumo de água por unidade produzida e com o agravante de provocar a diluição dos resíduos produzidos, dificultando desta forma o tratamento e disposição destes resíduos.

É freqüente encontrar-se soluções copiadas ou simplesmente adaptadas de outras instalações preexistentes (ver fig. 4.01), mesmo em novas unidades fabris, gerando a segurança de tecnologias estabelecidas. Esta tendência revela-se nociva às empresas pois a busca inovadora de soluções caso a caso é abandonada em detrimento da segurança de alternativas testadas e consolidadas com relativo sucesso. Entretanto, algumas dessas soluções revelam-se custosas em termos financeiros, podendo comprometer em parte ou no todo o futuro financeiro da empresa. Em outros casos, o uso de tecnologias estabelecidas

comprometem grandes áreas para o sistema de tratamento, sendo essas áreas consideradas nobres e podendo ser reutilizadas em outras finalidades. Encontram-se ainda graves problemas quando existem problemas de inclinação do solo, exigindo soluções compactas, as quais fogem do uso costumeiro de lagoas de estabilização por impossibilidade de área, ver a figura 4.02.



Fig. 4.01. Lagoa de 3 hectares adaptada com o uso de aguapé.

Problema não previsto: manutenção

Outro problema comumente encontrado é o uso de tecnologias inadequadas para a finalidade proposta, em função de modelos pré-estabelecidos, exigindo posteriormente elevados custos de correção e manutenção (como exemplo, ver a figura 4.03).

A instalação de novas indústrias ou a reforma de seus sistemas de tratamento exige uma avaliação isenta dos problemas acima citados, principalmente com o objetivo de atender às legislações cada vez mais rigorosas.

Este trabalho visa a introdução de modelo computacional utilizando ferramentas da Engenharia de Produção para auxiliar no projeto de sistemas de tratamento de resíduos deste segmento industrial.



Fig. 4.02. Sistema de tratamento de efluentes instalado em solo íngreme.
Problema: o efluente final não atende à legislação



Fig. 4.03. Lagoa de estabilização anaeróbia assoreada principalmente por estrume

4.2. Metodologia

Ao unir os conhecimentos e ferramentas da Engenharia de Produção com as necessidades ambientais através de técnicas computacionais pretende-se proporcionar uma nova tecnologia na abordagem dos projetos de sistemas de tratamento para a indústria de carnes. Tecnologia esta que utilize o conhecimento e a experiência para evitar o círculo vicioso ou tendenciosidade devido as preferências pessoais do projetista.

O procedimento básico foi o levantamento de dados fisico-químicos e de gestão sobre os resíduos produzidos nesta indústria aliado aos dados disponíveis na literatura, gerando uma base de dados, de forma que possam ser aplicados algoritmos que propiciem dados mais confiáveis à cada tipo de empresa. Essa base de dados pode ser ampliada a qualquer momento, mediante a inclusão de novas informações.

Para resolver este problema adaptou-se o modelo solução de lay-out de instalações proposto por SIRINAOVAKUL & THAJCHAYAPONG (1994), em seu artigo: “A knowledge base to assist a heuristic search approach to facility layout”. Uma vez que a busca de solução passa naturalmente pela verificação de alternativas (ou soluções) que possam ser instaladas numa determinada área. O estado inicial do modelo de SIRINAOVAKUL & THAJCHAYAPONG (1994) foi substituído pelas condições impostas pela empresa; o objetivo do processo passa a ser a decisão da alternativa mais viável que minimize os custos totais. A Figura 4.04 mostra o diagrama proposto desta técnica.

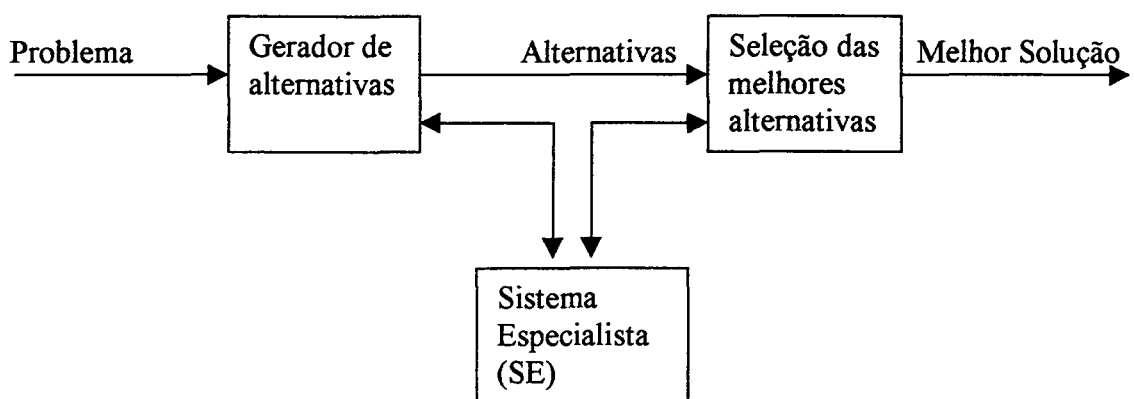


Figura 4.04. Estrutura da técnica de solução do problema.

São três os processos principais no sistema em proposição: o gerador de alternativas, a busca heurística e o sistema especialista (SE). O gerador de alternativas possui a função de

gerar alternativas viáveis tecnicamente a partir de uma lista prévia introduzida no sistema. A busca heurística pesquisa o conjunto de alternativas de baixo custo dentre as alternativas geradas. Esta heurística tem dupla função. Primeiro, a chamada função heurística calcula o custo da alternativa, que é usado como um critério de seleção. Segundo, o sistema seleciona um conjunto de alternativas de baixo custo. O Sistema Especialista (SE) é usado ajudando o sistema a calcular o custo de cada alternativa. Ele trabalha como uma ferramenta para acrescentar o fluxo de informações relacionadas a alternativa para a função heurística.

O fluxograma do processo proposto, apresentado na figura 4.05, mostra que para iniciar o procedimento, o gerador de alternativas verifica dentre as tecnologias disponíveis as que se enquadram nas condições do problema e gera uma alternativa.

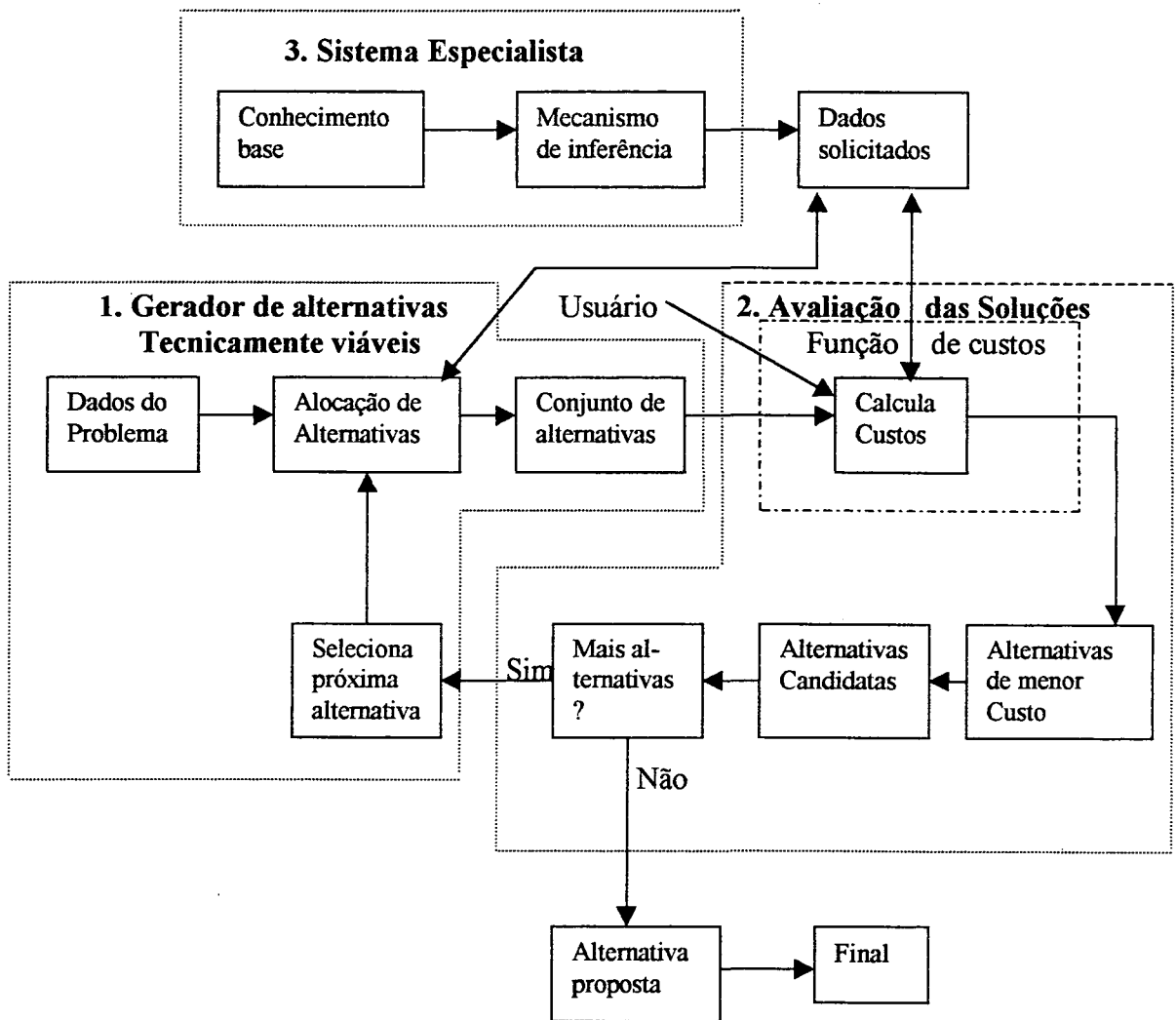


Figura 4.05. Fluxograma do processo desenvolvido.

A saída do gerador de alternativa é uma lista de alternativa viáveis tecnicamente. Para selecionar a melhor alternativa o sistema utiliza uma técnica de pesquisa heurística. As informações técnicas adicionais (custos de construção, de equipamentos e de acessórios) são determinados pelo SE. Usando estas informações, a pesquisa heurística seleciona um conjunto de alternativas de baixo custo. O sistema então pesquisa a próxima alternativa a ser proposta. Se não houver mais alternativas, então o sistema usa as alternativas encontradas como alternativas propostas. Caso haja alternativas adicionais o sistema repete o processo até não haver mais alternativas a serem alocadas.

4.2.1. O Gerador de alternativas tecnicamente viáveis

O usuário entra com os dados do problema, indicando o espaço disponível, tipo de indústria, produção, declividade, vazão, solicitações do órgão ambiental, e outras informações pertinentes. O sistema gera uma alternativa envolvendo o tratamento preliminar, o tratamento primário, o tratamento secundário e eventualmente o tratamento terciário. Esta alternativa é verificada tecnicamente: se positivo, ela é alocada como alternativa, gerando um código de identificação. Caso contrário, ela é marcada como não viável.

Supondo que uma indústria tenha somente a opção de abate de suínos, as alternativas de tratamento serão uma análise de:

- a) nenhum tratamento;
- b) tratamento preliminar; e/ou
- c) uma das i alternativas de tratamento primário; e/ou
- d) uma das j alternativas de tratamento secundário; e/ou
- e) uma das m alternativas de tratamento terciário.

Obviamente o número de alternativas se torna numeroso se a indústria possuir outra fonte de processamento, por exemplo, uma salsicharia anexa.

Como pode-se concluir, as opções de alternativas crescem de maneira exponencial para a análise, sendo esta etapa realizada mentalmente pelos projetistas e resolvida de maneira lógica conforme a base de dados do "especialista".

Dado o grande número de alternativas geradas, a pesquisa através de uma lista completa de alternativas pode se tornar exaustiva, então uma avaliação de alternativas é designada para resolver este problema, primeiramente excluindo as tecnicamente inviáveis e posteriormente as de custos elevados.

4.2.2. Avaliação das soluções

Através do uso de uma técnica de árvore de pesquisa, a avaliação inicia quando o gerador de alternativas seleciona um par ou mais de alternativas tendo um peso relativo (no caso a eficiência do tratamento global) maior e gera alternativas válidas tecnicamente. Com a função de custo, as alternativas tendo custos mais baixos são selecionadas como alternativas candidatas. No caso, o sistema vai adicionando novas etapas de tratamento (primário, secundário e/ou terciário) e as alternativas tendo menor custo são selecionadas (alocadas). O sistema repete o processo acima até todas as alternativas estarem alocadas. A alternativa final é aquela que possuir menor custo depois de completar o processo de inserção de alternativas.

4.2.2.1. Função de custo

Pesquisando por uma melhor alternativa, a função de custos calcula os custos em consideração de todos os aspectos práticos pela aquisição de conhecimento da base de conhecimentos do sistema.

4.2.3. Sistema Especialista

O sistema especialista é projetado para determinar os custos das diversas solicitações feitas ao sistema. A sintaxe básica das regras é mostrada na figura 4.06.

<p>LABEL: if CONDIÇÃO Then custo = VALOR;</p>

Fig. 4.06. Sintaxe da regra do sistema especialista

Da figura 4.06, LABEL é a regra rótulo. Na regra as palavras (ou símbolos) “if”, “then”, custo, “:”, “=” e “;” são palavras reservadas, mas LABEL, CONDIÇÃO e VALOR não o são. LABEL e CONDIÇÃO podem ser algum “string” enquanto que VALOR pode ser um número variando de -10 a 10.

A interpretação da regra é que “se a condição é satisfeita, o custo solicitado é fornecido”. As regras são programadas em seqüência e são independentes.

4.2.3.1. Mecanismo de dedução

O mecanismo de dedução do sistema é uma série em sucessão. O mecanismo inicia indo da regra de topo e verificando suas condições (conforme o caso, a regra de topo pode ser alterada, sendo a regra mais valorizada para o problema em uso). Se a condição é satisfeita com o fato existente, então o custo é calculado e mantido na memória de trabalho (ou quadro-negro); em outro caso, o mecanismo de dedução vai para a próxima regra. O passo é repetido até que todas as regras tenham sido determinadas. Após a regra de dedução do processo terminar, o custo é calculado. No caso, o custo é deduzido por mais de uma regra e pode ser resumido através da adaptação da função creditada a MYCIN (sistema especialista para a área médica) SIRINAOVAKUL & THAJCHAYAPONG (1994), e podem ser resumidos pelos passos:

Passo 1. Vá para a regra de topo.

Passo 2. Verifique uma condição da regra.

Passo 3. Se o valor da condição é deduzido, então vá para o passo 5; caso contrário vá para o próximo passo.

Passo 4. Mostre o texto de questões.

Passo 5. Se a condição é satisfeita com o fato existente, então vá para o passo 8, caso contrário vá para o próximo passo.

Passo 6. Coloque o valor do custo na memória de trabalho.

Passo 7. Se a regra permanece existente, então vá para a próxima regra e vá para o passo 2; se não vá para o próximo passo.

Passo 8. Calcule o valor total de custo.

4.2.3.2. Conhecimento base

O conhecimento base forma as regras para a designação dos custos aproximados para cada situação encontrada.

4.3. Implementação

O sistema foi desenvolvido em um pacote computacional utilizando a linguagem “C” e baseado em princípios do sistema especialista PROLOG (ver PALAZZO, 1997) ou similar,

para um computador IBM ou compatível da classe Pentium 166, e trabalhando sob o windows. A saída do sistema é mostrada na tela e os relatórios são gravados em arquivo e podem opcionalmente ser impressos em impressora tipo jato de tinta ou similar.

5. O MODELO DO SISTEMA COMPUTACIONAL

5.1. Introdução

Utilizando o desenvolvimento da teoria de sistemas especialistas, desenvolveu-se um sistema em linguagem de programação "C++" para atender à proposta no capítulo anterior. O uso de uma linguagem de inteligência artificial do tipo PROLOG tornou-se difícil em função da necessidade de desenvolvimento de algoritmos heurísticos para a pesquisa das soluções técnicas, entretanto, as suas propostas de entrada de dados foram mantidas neste trabalho.

O anexo 01 contém as informações iniciais para o planejamento do sistema gerador de soluções para auxílio ao projeto de sistemas de tratamento de efluentes de indústrias de carne.

5.2. A estrutura do sistema

Para obter as soluções viáveis foi desenvolvido um sistema de programas, envolvendo o programa principal (o qual gera as alternativas técnico-econômicas e emite os relatórios), que possui suporte através do programa de alteração/inclusão de novas tecnologias e/ou suas características. Também ocorre suporte através do programa de geração (inclusão/alteração) de dados gerais sobre as empresas, seus efluentes, suas tecnologias, entre outros, denominado neste trabalho de "banco de dados". A figura 5.01 mostra as inter-relações entre os programas do sistema.

5.3. O programa gerador de soluções (GERALT)

O programa principal foi desenvolvido para atender aos objetivos propostos no trabalho e visa principalmente à obtenção de uma lista de soluções tecnicamente viáveis, ordenada à partir da solução mais econômica. O programa possui a estrutura dada no anexo 01 e está detalhado através do fluxograma constante no anexo 03 e da listagem do programa no anexo 04. O programa está estruturado na forma de regras, entretanto, por limitação de memória, as palavras e símbolos mnemônicos foram substituídas por correspondentes variáveis da classe "character", que ocupam um byte e normalmente seu conteúdo é verdadeiro ou falso, isto pode ser vislumbrado no trecho do programa da figura 5.02.

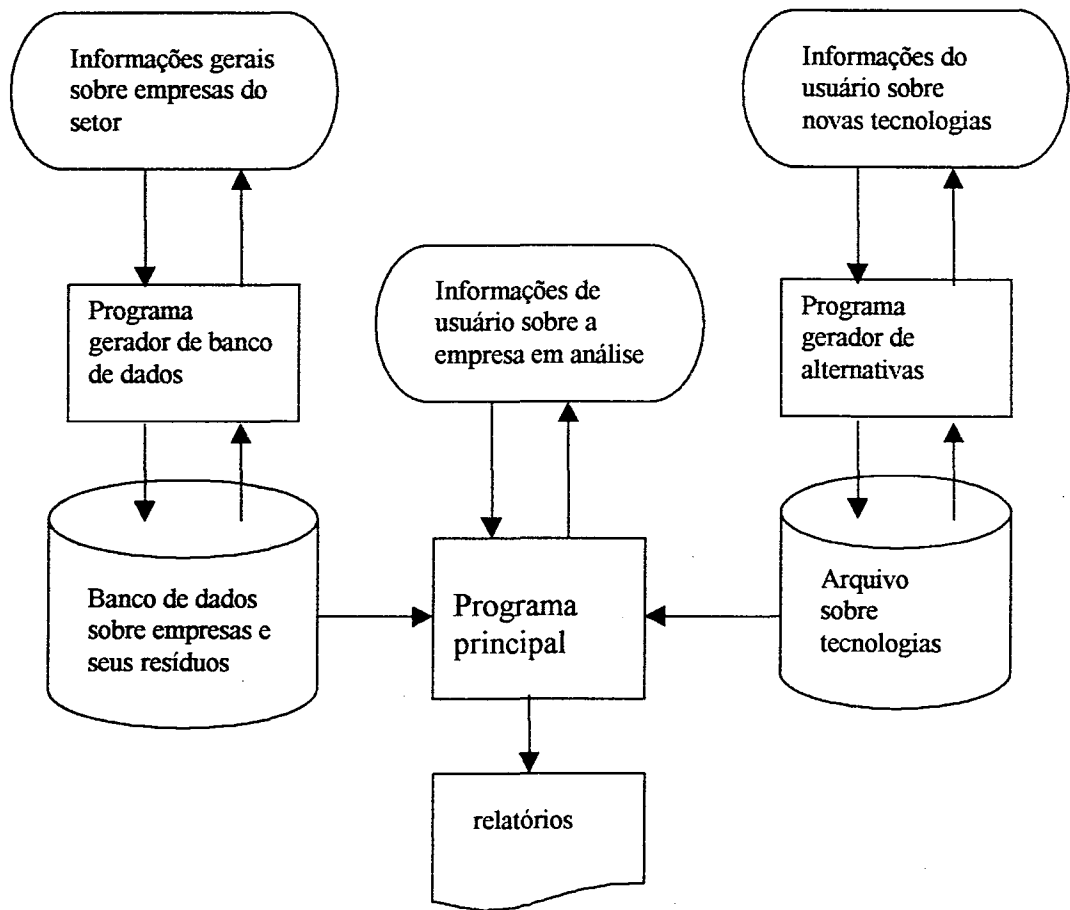


Figura. 5.01. Sistema gerador de alternativas de tratamento: inter-relações entre os programas

As entradas principais e as informações necessárias para o desenvolvimento do algoritmo estão constantes no anexo 01 e as planilhas de dados para a consulta intermitente pelo programa constam no anexo 02.

5.3.1. O modelo matemático

O sistema desenvolvido tem por objetivo a busca da(s) melhor(es) alternativa(s) técnica e econômica para solucionar o problema de um efluente industrial no setor de carnes. O sistema utiliza a ferramenta de sistema especialista para a entrada de dados, obtenção de informações, acesso e busca de dados em banco de dados, mas necessita otimizar a lista de

```

printf ("\n \n a empresa abate bovinos (e/ou bubalinos)? s/n ");
b1 = tecla();
printf ("\n a empresa abate suínos? s/n ");
b2 = tecla();
printf ("\n a empresa processa carnes (fabrica embutidos, etc.)? s/n ");
b3 = tecla();
printf ("\n a empresa abate aves (frangos, Perú, etc.)? s/n ");
b4 = tecla();
printf ("\n a empresa abate outro tipo de animal (ovelha, coelho,");
printf ("\n cabra, etc.)? s/n ");
b5 = tecla();
if (b5 == 's')
{
  if ((b1 != 's') && (b2 != 's') && (b3 != 's'))
  {
    printf ("\n este abate é exclusivo? s/n ");
    b6 = tecla();
  }
}
if (b1 == 's')
  if (b2 == 's')
    if (b3 == 's')
      tipo_empr = '8';
    else tipo_empr = '3';
    else if (b3 == 's')
      tipo_empr = '6';
      else tipo_empr = '1';
  else if (b2 == 's')
    if (b3 == 's')
      tipo_empr = '7';
      else tipo_empr = '2';
    else if (b3 == 's')
      if (b4 == 's')
        tipo_empr = '9';
        else tipo_empr = '5';
      else if (b5 == 's')

```

Figura 5.02. Trecho de programa contendo a estrutura de identificação da atividade principal da empresa.

alternativas que são geradas. Dessa forma, a função objetivo obtida visa minimizar o custo das alternativas tecnicamente possíveis geradas, conforme o modelo:

$$FO = \text{encontre arg. Min} \{ \text{Custo}_i \}$$

onde FO é a função objetivo para uma dada solicitação
i é a alternativa

Alt_i = 1 se alternativa é tecnicamente viável;

= 0 se alternativa é inviável;

Custo_i é o respectivo custo da alternativa.

Sujeito às restrições: $Alt_i \times R_i$

onde R_i é o resultado de aplicação de restrições à alternativa i , assumindo os valores:

$R_i = 0$ se existe restrição limitadora;

$R_i = 1$ se não se aplicam as restrições.

As restrições utilizadas podem ser de natureza legal e/ou técnicas:

- limites de emissão (função do rendimento da alternativa);
- inclinação do terreno (legal);
- área (legal e técnica) – abrange espaço disponível em função de áreas construídas, áreas de preservação, circulação, entre outras.;
- custo de implantação e manutenção (técnica);

As restrições seguem um padrão semelhante, que permite o uso de informações passadas para gerar estimativas qualitativas ou não sobre as variáveis em uso. Por exemplo, o modelo utilizado para a busca e cálculo das principais restrições será:

- inclinação do terreno

$i > 45^\circ$ - impossibilidade legal (código florestal, 1965)

- combinação de inclinação do terreno x necessidade de área:

fator = $f(\text{inclinação})$ (em graus)

- área disponível (aplicar fator de peso)

fator = $f(\text{área disponível})$ (em ha)

- rendimento

$\text{rend} = \Pi(1 - \text{rendimento}_i)$

onde $\text{rendimento} = f(\text{característica})_i$

e o sub-índice i indica a tecnologia utilizada

$$\text{rend}_{\text{im}} = 1 - \text{var}_{\text{in}}/\text{var}_{\text{fin}}$$

onde var_{in} = valor inicial da variável

var_{fin} = valor ao final da variável

e variável poderá ser DBO, DQO, Nitrogênio, Fósforo, Coliformes, e assim por diante.

para $\text{rend}_{\text{im}} < \text{rend}$ - $R_i = 0$

$\text{rend}_{\text{im}} \geq \text{rend}$ - $R_i = 1$

O modelo para o cálculo das variáveis utilizadas nas restrições é do tipo (por exemplo para a determinação da DBO - demanda biológica de oxigênio):

$$\text{DBO} = \text{DBO}_p * (\prod f_i)$$

Onde f_i é o fator relacionado ao processo, sendo os principais:

- produção
- tipo de abate
- inclinação da rampa ($p/i > 25\%$ restrição legal)
- distância do curral ou pocilga
- sistema de qualidade (tecnologias modernas)
- tempo de sangria

$$\text{DBO}_p = f(\text{tipo de indústria})$$

$$\text{DBO}_p = \left(\frac{\sum_{j=1}^n \text{DBO}_j}{n} \right)_{\text{tipo indústria}}$$

outras variáveis (DQO, nutrientes, óleos & graxas, coliformes, vazão, e demais) utilizam a mesma estrutura.

5.3.2. O algoritmo para a montagem de alternativas técnicas

O programa utiliza a verificação inicial para o sistema de pré-tratamento, o qual é emitido, opcionalmente, no relatório final. O critério para gerar as alternativas é a classificação citada em PESSÔA & JORDÃO (1995), na qual são listadas as tecnologias de tratamento primário, tratamento secundário e tratamento terciário. O algoritmo gera alternativas técnicas através da inserção ordenada de alternativas primárias, secundárias e terciárias. O número de alternativas se torna elevado devido à possibilidade de repetição das tecnologias utilizadas, por exemplo, uma lagoa anaeróbia pode ser teoricamente repetida inúmeras vezes, mas na prática o especialista determinará o número de repetições. A cada repetição que ocorre, as inserções seguintes de tecnologias secundárias e/ou terciárias geram novas alternativas. O surgimento de novas tecnologias com o respectivo cadastramento (feito pelo programa ALTERCAR - anexo 05) possibilita que novas alternativas sejam examinadas.

Ao algoritmo foi incluída a opção de tecnologias que dispensam uma tecnologia predecessora, por exemplo, a tecnologia de lodos ativados é considerada como tratamento secundário e pode em muitas situações dispensar a existência de um tratamento primário anterior. Estas ocorrências aumentam o número de alternativas geradas e não constituem simplesmente um arranjo de tecnologias.

O usuário pode desejar testar especificamente determinadas combinações, denominadas de "alternativas de usuário", as quais estão previstas no algoritmo, apenas devem ser informadas durante a interação usuário-sistema.

A tabela 5.01 mostra um exemplo simplificado de geração de alternativas, considerando a possibilidade de repetição de algumas tecnologias.

Tabela 5.01. Alternativas geradas de tecnologias primárias x secundárias x terciárias

Alternativa _i	Tratamento primário	Tratamento secundário	Tratamento terciário
1	fossa séptica		
2	fossa séptica	lagoa facultativa	
3	fossa séptica	lagoa facultativa	lagoa de maturação
4	fossa séptica	lagoa facultativa	lagoa matur. x lagoa matur.
5	fossa séptica x fossa séptica		
6	fossa séptica x fossa séptica	lagoa facultativa	
7	fossa séptica x fossa séptica	lagoa facultativa	lagoa de maturação
i

O número de alternativas geradas torna-se rapidamente elevado, uma vez que as possibilidades de combinações e repetições são inúmeras, o que torna a análise de cada

alternativa gerada um processo exaustivo, mesmo para um pequeno número de tecnologias disponíveis.

Exemplificando-se para um número de duas tecnologias primárias cadastradas, cinco tecnologias secundárias e duas tecnologias terciárias o número de alternativas geradas é de aproximadamente 217, desconsiderando a possibilidade de alternativas de usuário.

5.3.3. Poda de nós

Como citado no item anterior, o número de alternativas torna-se rapidamente muito elevado para uma análise criteriosa e muitas vezes uma solução viável, não necessariamente necessita esgotar todas as possibilidades. A tabela 5.01 pode ser vista na forma de um grafo ou de uma árvore com inúmeros ramos, conforme pode ser observado na figura 5.03.

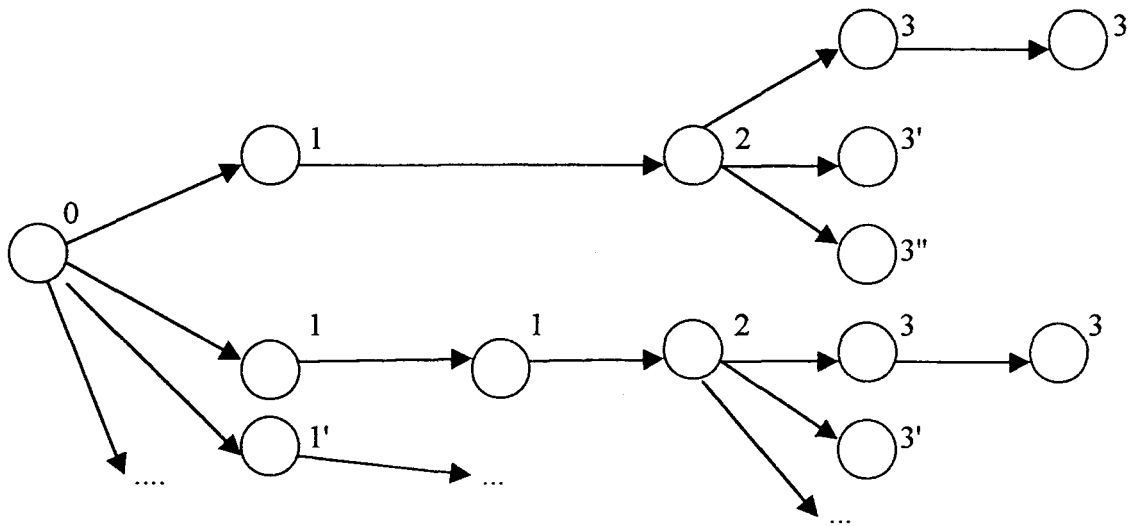


Figura 5.03. Modelo de alternativas na forma de árvore de decisão.

Segundo esta visualização, cada alternativa passa a ser um ramo, o qual por sua vez pode gerar novos sub-ramos. Assim, a cada extremidade de um ramo que pode gerar sub-ramos denomina-se de nó.

Quando uma alternativa, ou ramo, atinge a especificação desejada (que pode ser o rendimento na remoção de DBO ou nutrientes ou outros fatores) todos os sub-ramos, a partir deste nó, também atingem a especificação desejada, portanto, a pesquisa a partir deste nó torna-se desnecessária e pode ser eliminada da árvore de decisão, não gerando, portanto, novas alternativas.

Este mecanismo de poda de nós foi adaptado de SCHWARTZ (1990), podendo significar uma redução substancial no esforço computacional e, principalmente, na necessidade de memória principal do computador para o armazenamento das alternativas viáveis geradas. Para um conjunto de nove (09) tecnologias cadastradas, como já citado, são geradas em torno de 217 alternativas no método exaustivo, com a aplicação da metodologia de poda de nós (identificada no programa GERALT como eliminação de filhos) este número se reduz em média para 8 a 20 alternativas.

5.3.4. Análise econômica

Para a análise econômica das alternativas geradas é calculado o custo relativo de cada alternativa e feita uma classificação em ordem crescente de custo, ou seja, o menor custo aparece em primeiro lugar na lista de alternativas e assim sucessivamente. O usuário pode optar por duas metodologias:

- a) método do custo de implantação no primeiro ano, o qual implica na comparação relativa dos custos iniciais de implantação de cada alternativa, acrescidos dos custos de manutenção durante o primeiro ano de implantação. Os fatores de custos utilizados são repassados através do arquivo de características das tecnologias cadastradas e foram gerados pelo programa ALTERCAR através de informações de especialistas. Estes fatores podem ser corrigidos opcionalmente pelo mesmo programa;
- b) método do custo anual, o qual implica em diluir os custos relativos de implantação de cada alternativa pelo número de anos desejados para a comparação, acrescentando-se os custos anuais de manutenção das respectivas alternativas. Ocorre a necessidade de informar a taxa atrativa anual. Os custos relativos de implantação são transformados em custo anual através do algoritmo, PERRY & GREEN (1997):

$$CA_i = CI_i \times \text{FATOR}$$

$$\text{FATOR} = \frac{j(1+j)^n}{(1+j)^n - 1}$$

onde CA_i é o custo anual da alternativa i ;

CI_i é o custo de implantação da alternativa i ;

j é a taxa atrativa anual utilizada; e

n é o número de períodos ou anos utilizados para a comparação.

5.4. Programas de apoio

O sistema de geração de alternativas para auxiliar o projeto de sistemas de tratamento de efluentes de indústrias de carne utiliza dois programas para a geração dos arquivos utilizados pelo programa principal.

5.4.1. Programa gerador de características (ALTERCAR)

Este programa foi escrito em linguagem C++ e utiliza estrutura anteriormente citada, ou seja, através da adaptação das ferramentas de sistemas especialistas vai solicitando ao usuário uma série de informações com as quais vai montando as características e parâmetros sobre as tecnologias a serem implantadas (cadastradas). Para um melhor desempenho do sistema estas informações devem ser fornecidas por especialistas na área de tecnologias de tratamento de resíduos.

O programa ALTERCAR possui dois módulos básicos:

- a) módulo de alteração da tecnologia, no qual a tecnologia desejada é encontrada e alterada em forma iterativa com o usuário;
- b) módulo de inclusão de nova(s) tecnologia(s), no qual como citado anteriormente, o programa solicita informações ao usuário e vai montando os parâmetros de cada tecnologia.

O anexo 05 contém o fluxograma do programa ALTERCAR e a sua listagem detalhada encontra-se no anexo 06.

5.4.2. Programa gerador do banco de dados das empresas (GERBDADO)

Este programa, da mesma forma que os anteriores foi escrito em linguagem C++, utilizando ferramentas de sistemas especialista. O seu objetivo é montar registros com informações diversas sobre as variáveis ambientais e de processo dos diferentes tipos de indústrias de carnes, seguindo um padrão aceito pelo programa principal (GERALT).

O programa GERBDADO possui dois módulos principais:

- a) módulo de alteração dos dados já gravados, no qual o dado desejado é pesquisado e alterado de forma interativa com o usuário;

b) módulo de inclusão de dados, no qual o programa solicita interativamente as informações e monta o registro, disponibilizando-o para uso futuro pelo programa GERALT.

O anexo 07 contém o fluxograma do programa GERBDADO e o anexo 08 disponibiliza a sua listagem detalhada. A planilha dos dados gerados pode ser vista no anexo 02.

6. APLICAÇÃO PRÁTICA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

6.1. Introdução

Para avaliar o modelo desenvolvido, realizou-se uma série de simulações, sendo a primeira série um abatedouro idealizado, onde se variou diversas condições de abate para verificar o comportamento das alternativas propostas pelo do sistema (através do programa GERALT) para resolver o sistema de tratamento desta empresa. Na seqüência, simulou-se alguns casos reais existentes de forma a comparar os resultados obtidos com os sistemas realmente implantados nesses casos.

Somente na primeira simulação a opção de impressão do pré-tratamento foi usada. Em todas as outras simulações esta opção foi ignorada, considerando-se que o pré-tratamento esteja sob em boas condições.

Os dados utilizados no sistema para montar o banco de dados (programa GERBDADOS) foram obtidos análises realizadas no Laboratório de Controle Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria e também da literatura técnica disponível para estimar os parâmetros utilizados para gerar o arquivo de características, criado pelo programa ALTERCAR.

6.2. Simulação inicial

Inicialmente procedeu-se à simulação de um abatedouro de bovinos, as condições deste abatedouro foram simuladas à partir de um modelo idealizado. Na simulação os dados físicos do abatedouro (área do terreno, área construída, entre outras) foram mantidos constantes para efeito de comparação. A produção simulada iniciou com o abate de 20 bovinos/dia, durante cinco dias por semana. Em seqüência, variou-se as condições do abatedouro, sendo que a primeira simulação foi realizada supondo o critério de espaço físico e o critério de rendimento global das tecnologias para atender à legislação e para a análise econômica, verificou-se somente o custo inicial de implantação. Para a segunda simulação, repetiu-se as mesmas condições iniciais, alterando-se a análise econômica, onde foi incluído o custo de manutenção durante cinco (05) anos. Nas simulações subseqüentes manteve-se o critério de análise econômica do custo anual utilizado na segunda simulação, apenas variando

a dimensão do abate ou produção simulado, o aumento na produção foi à razão de vinte em vinte cabeças, até atingir um valor de abate elevado (220), quando então foi incrementado o intervalo, como pode ser visto na tabela 6.01 a seguir.

Tabela 6.01. Resumo das simulações realizadas para um abatedouro idealizado (ANEXO 10).

Produção (bovinos/dia)	Melhor alternativa	Segunda melhor Alternativa	Terceira melhor Alternativa	Modelo de Anál. econômica
20	LA - LF - CL	LA - LF - LF	LA - LA - LF	CI
20	LA - LF - LF	LA - LA - LF	LA - LF - LM	CA
40	LA - LF - LF	LA - LA - LF	LA - LF - LM	CA
60	LA - LA - LF	LA - LF - CL	LAE - LM	CA
80	LA - LA - LF	LAE - LM	LAE - CL	CA
100	LA - LA - LF	LAE - LM	LAE - LM	CA
100	LA - LA - LF	LAE - CL	LAE - LM	CI
120	LA - LA - LF	LAE - LM	LAE - CL	CA
140	LA - LA - LF	LAE - LM	LAE - CL	CA
160	LA - LA - LF	LAE - LM	LAE - CL	CA
160	LA - LA - LF	LAE - CL	LAE - LM	CI
180	LA - LA - LF	LAE - LM	LAE - CL	CA
180	LAE - CL	LAE - LM	VO - CL	CI
200	LAE - LM	LAE - CL	VO - CL	CA
200	LAE - CL	LAE - LM	VO - CL	CI
220	LAE - LM	LAE - CL	VO - CL	CA
250	LAE - LM	LAE - CL	LO - CL	CA
300	LAE - LM	LAE - CL	LO - CL	CA
300	LAE - LM	LAE - CL	LO - CL	CI
350	LAE - LM	LAE - CL	LO - CL	CA
400	LAE - LM	LAE - CL	LO - CL	CA
400	LAE - LM	LAE - CL	LO - CL	CI
450	LAE - LM	LAE - CL	LO - CL	CA
500	LAE - LM	LAE - CL	CE - LA - LA	CA
600	LAE - LM	LAE - CL	CE - LA - LA	CA
1000	LAE - LM	LAE - CL	CE - LA - LA	CA
1000	LAE - LM	LAE - CL	CE - LA - LA	CI

LA - lagoa anaeróbia LF - lagoa facultativa LAE - lagoa aerada LM - lagoa de maturação

CL - cloração LO - lodos ativados CE - centrifugação

CI - custo de implantação CA - custo anual

Os resultados obtidos mostram que na primeira simulação a melhor alternativa (após o pré-tratamento) foi a utilização de uma lagoa anaeróbia seguida de uma lagoa facultativa e posteriormente uma cloração para obter um tratamento adequado. Para a segunda simulação o melhor resultado foi a alternativa de uma lagoa anaeróbia, seguidas por duas lagoas facultativas em série. Observa-se aqui (ver anexo 10) que na segunda simulação (a qual inclui o custo de manutenção) tornou-se atrativa a solução proposta em segundo lugar na primeira simulação e esta reproduz um resultado aceitável e condizente com sistemas de tratamento de efluentes de abatedouros operando em condições semelhantes. Para as simulações

subseqüentes os resultados permanecem semelhantes até um abate de 180 bovinos/dia, sendo que a alternativa atrativa passa a ser o uso de uma lagoa aerada, seguida por uma etapa de desinfecção por cloração. Deixando de existir a alternativa anterior, provavelmente por atingir o limite do espaço físico disponível. Verificou-se este limite utilizando a metodologia utilizada por SILVEIRA (1986), a qual foi adaptada de SILVA & MARA (1979) e revisada à partir de SPERLING (1996), o qual é compatível com os resultados obtidos, ver o anexo 15.

6.3 . Simulação do primeiro caso real

Nesta simulação, utilizou-se como modelo um frigorífico de médio porte, de inspeção federal, com capacidade de abate de até 300 bovinos/dia. Foi feita uma simulação para o abate médio (atual) de 250 bovinos/dia. A empresa possui como sistema de tratamento, além do sistema de pré-tratamento convencional (peneiras e caixas de gorduras) um sistema de tratamento do efluente geral da indústria constando de uma lagoa anaeróbia, na seqüência possui uma lagoa facultativa e uma segunda lagoa facultativa, a qual pode ser considerada de maturação. A empresa possui projetada uma segunda lagoa anaeróbia exclusiva para os resíduos de currais e sala de limpeza de estômagos e tripas, os quais contém muito estrume (fezes animais), esta lagoa não foi implantada. O sistema atualmente existente possui funcionamento satisfatório, mas possui eventualmente parâmetros não conformes (fora dos limites da legislação) e elevados teores de nutrientes como pode ser visto no anexo 11. A figura 6.01 mostra detalhe da planta de situação da empresa em estudo.

Simulou-se várias situações, mantendo-se o abate constante e variando-se os parâmetros desejados (redução de coliformes, de gorduras e de nutrientes). Quase todas as simulações mostraram resultados semelhantes, sendo que a melhor alternativa foi a implantação de duas lagoas anaeróbias em série, seguida por duas lagoas facultativas em série, de forma a controlar o índice de coliformes. Os resultados obtidos encontram-se no anexo 11.

Comparando-se com o sistema implantado na empresa, a alternativa escolhida (embora não seja a mais freqüente) é a que mais se aproxima do sistema de tratamento implantado, o qual possui uma lagoa projetada e ainda não instalada - uma lagoa anaeróbia - o que provavelmente seja o motivo de ligeira instabilidade nas análises de acompanhamento (ver anexo 11).

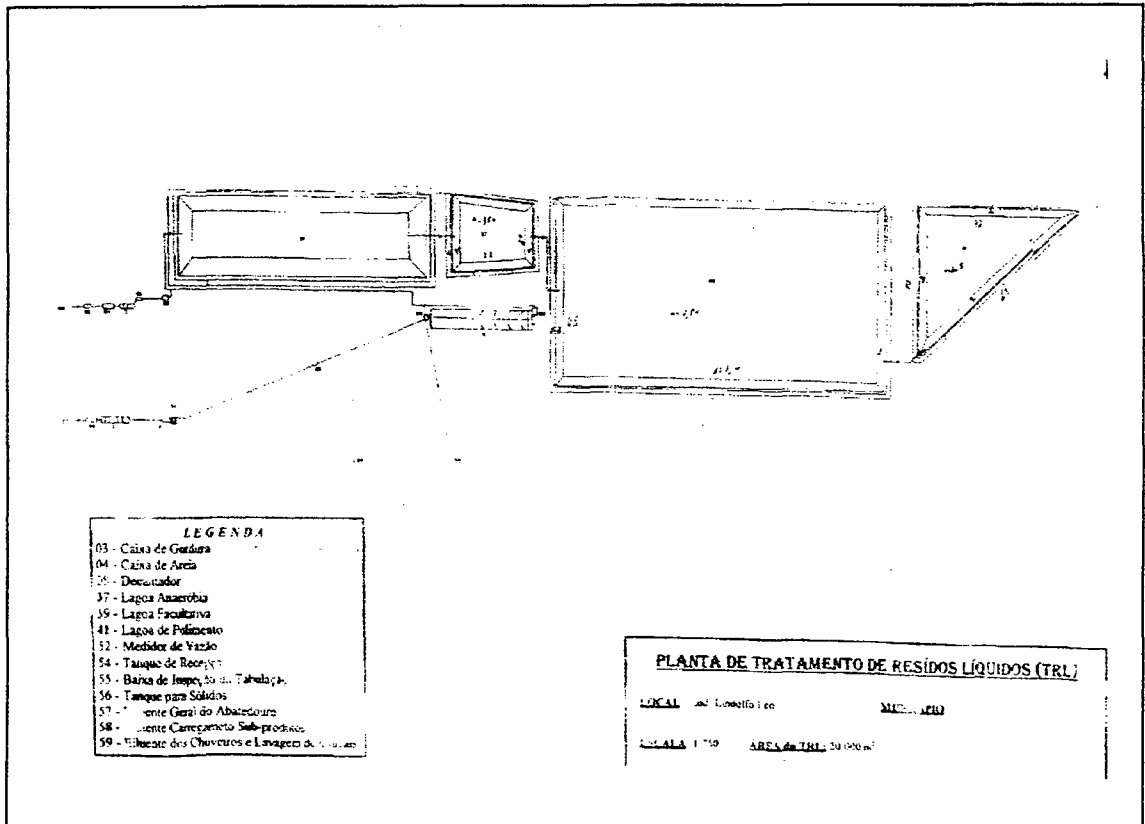


Figura 6.01. Detalhe da planta de situação do sistema de tratamento de resíduos do frigorífico em análise no caso real 01

Tabela 6.02. Resumo das simulações sobre o primeiro caso real (anexo 11).

Produção (bovinos/dia)	Melhor alternativa	Segunda melhor Alternativa	Terceira melhor Alternativa	Parâmetros analisados
250	LA - LA - LF	LAE - LM	LAE - CL	CI
250	LA - LA - LF - LF	LA - LA - LF - CL	LAE - CL	CI - COLIF.
250	LA - LA - LF	LAE - LM	LAE - CL	CI - NUTRI.
250	LA - LA - LF	LAE - LM	LAE - CL	CI - O&G
250	LA - LA - LF	LAE - LM	LAE - CL	CA

LA - lagoa anaeróbia LF - lagoa facultativa LAE - lagoa aerada LM - lagoa de maturação

CL - cloração LO - lodos ativados CE - centrifugação

CI - custo de implantação CA - custo anual

COLIF. - limite de coliformes totais NUTRI. - limite de nutrientes (como nitrogênio total)

O&G - limite de gorduras (como óleos e graxas)

6.4. Simulação do segundo caso real

Nesta simulação, utilizou-se como modelo um pequeno abatedouro da classe municipal, com capacidade de abate máxima de 5 bovinos/dia, com a peculiaridade de situar-se às margens do rio Jacuí/RS, em trecho que o leito médio tem a largura próxima a 100 metros. O sistema de tratamento existente consta na etapa de pré-tratamento de uma peneira para a retenção de sólidos grosseiros e de uma caixa de gordura. O sistema de tratamento posterior consta de uma lagoa anaeróbia seguida por uma lagoa facultativa. A empresa não possui problema de espaço físico. A fig. 6.02 mostra detalhe da planta de situação deste abatedouro.

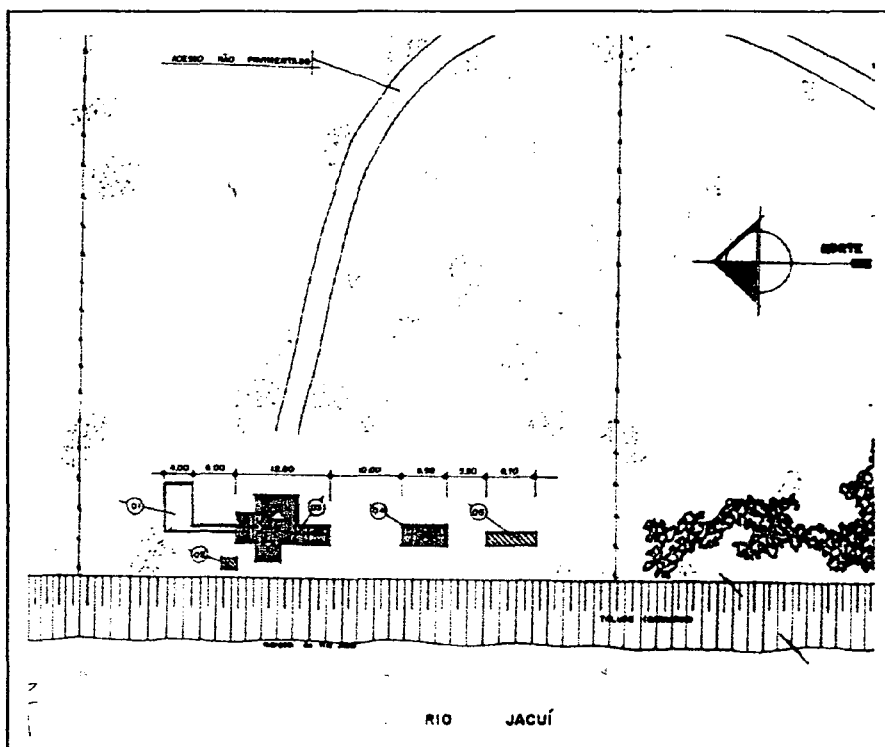


Fig. 6.02. Detalhe da planta de situação do abatedouro analisado no segundo caso real.

Os resultados obtidos mostram que de um conjunto de 217 alternativas possíveis foram selecionadas 32 alternativas técnicas e dentre estas a solução mais econômica foi o uso de uma lagoa anaeróbia seguida por uma lagoa facultativa, entretanto quando se acrescentou o teste de verificação da eficiência na remoção de nutrientes, de coliformes e óleos e graxas surgiu uma alternativa com uma lagoa facultativa adicional. Os dois primeiros resultados coincidem com o sistema de tratamento implantado na empresa e deve funcionar adequadamente, mas permanece a restrição na remoção de nutrientes, o que somente será sanado com a inclusão da segunda lagoa facultativa.

Os resultados obtidos pela simulação estão no anexo 12 e foram resumidos na tabela 6.03.

Tabela 6.03. Resumo das simulações sobre o segundo caso real (anexo 12).

Produção (bovinos/dia)	Melhor alternativa	Segunda melhor Alternativa	Terceira melhor Alternativa	Parâmetros analisados
5	LA - LF	FS - LF	LA - LA - LF	CI
5	LA - LF	FS - LF	LA -LA - LF	CA
5	LA - LF - LF	LA - LF - CL	FS - LF - LF	CA - NUTRI. - COLIF. - O&G

LA - lagoa anaeróbia LF - lagoa facultativa LAE - lagoa aerada FS - fossa séptica CL - cloração

CI - custo de implantação CA - custo anual

COLIF. - limite de coliformes totais NUTRI. - limite de nutrientes (como nitrogênio total)

O&G - limite de gorduras (como óleos e graxas)

6.5. Simulação do terceiro caso real

Neste caso, simulou-se uma indústria de processamento de carnes (fabricação de embutidos), denominada genericamente de salsicharia. Trata-se de uma indústria de pequeno porte com produção média de 20 toneladas de produtos entre linguiças, salsichão, mortadelas, morcelas e defumados. O sistema implantado de pré-tratamento consiste em uma peneira e duas caixas de gordura. A empresa possui a peculiaridade de estar instalada em terreno fortemente inclinado e o seu efluente é rico em gorduras. Para o tratamento primário e secundário a empresa possui instalada uma fossa séptica e uma pequena lagoa de estabilização do tipo aeróbia (profundidade inferior a 1,0 m). O seu efluente final possui problemas de conformidade. A figura 6.03 mostra parte da empresa em estudo.

Os resultados das simulações estão no anexo 13 e estão resumidos na tabela 6.04.

Os resultados obtidos mostram que na primeira simulação, utilizando o critério do custo inicial de implantação a melhor alternativa é o uso de uma lagoa aerada seguida por uma desinfecção por cloração. A segunda alternativa seria o uso de uma fossa séptica, seguida por uma lagoa anaeróbia e por uma etapa de cloração para desinfecção e a terceira alternativa recomendada é o uso de uma fossa séptica seguida por duas lagoas anaeróbias em série.

Tabela 6.04. Resumo das simulações sobre o terceiro caso real (anexo 13).

Produção (ton emb./mes)	Melhor alternativa	Segunda melhor Alternativa	Terceira melhor Alternativa	Parâmetros analisados
20	LAE - CL	FS - LA - CL	FS - LA - LA	CI
20	FS - LA - LA	FS - LA - CL	FS - FS - LA	CA
20	FS - LA - LA	FS - FS - LA - LA	FS - FS - LA - CL	CA - NUTRI. COLIF. - O&G

LA - lagoa anaeróbia FS - fossa séptica LAE - lagoa aerada CL - cloração

CI - custo de implantação CA - custo anual

COLIF. - limite de coliformes totais NUTRI. - limite de nutrientes (como nitrogênio total)

O&G - limite de gorduras (como óleos e graxas)



Fig. 6.03. Vista parcial da salsicharia analisada no caso real 03.

Na simulação incluindo o custo de manutenção por cinco (05) anos a terceira alternativa anteriormente obtida passa a ser a recomendada, o mesmo resultado ocorre incluindo as restrições de nutrientes, coliformes totais e óleos e graxas.

A análise do sistema implantado mostra que o mesmo necessita de correção, uma vez que o seu efluente final não atende à legislação. Situação que é demonstrada através dos resultados simulados, uma vez que obtém-se diferentes soluções em função dos critérios

utilizados, mas todas elas mostram que o sistema implantado é insuficiente para tratar o efluente da empresa. No caso, a ênfase ocorre em alternativas que utilizem pouco espaço físico, provavelmente em função da declividade no terreno.

6.6. Simulação do quarto caso real

Neste caso, simulou-se um pequeno frigorífico com abate de suínos, bovinos e com processamento de carnes (salsicharia). A empresa possui pequeno espaço disponível para o sistema de tratamento, por situar-se ao sopé de um morro, embora o terreno onde está implantada quase não tem inclinação (terreno plano). A empresa possui um sistema de pré-tratamento convencional, composto por peneira, caixa de gorduras para o efluente geral e estrumeira para o efluente dos currais e pocilgas. Para o tratamento do efluente geral a empresa tem instalado um sistema composto por lagoa anaeróbia, seguida por duas lagoas facultativas. O seu efluente final possui conformidade com a legislação ambiental. A fig. 6.04 mostra a vista parcial do sistema de tratamento implantado na empresa.

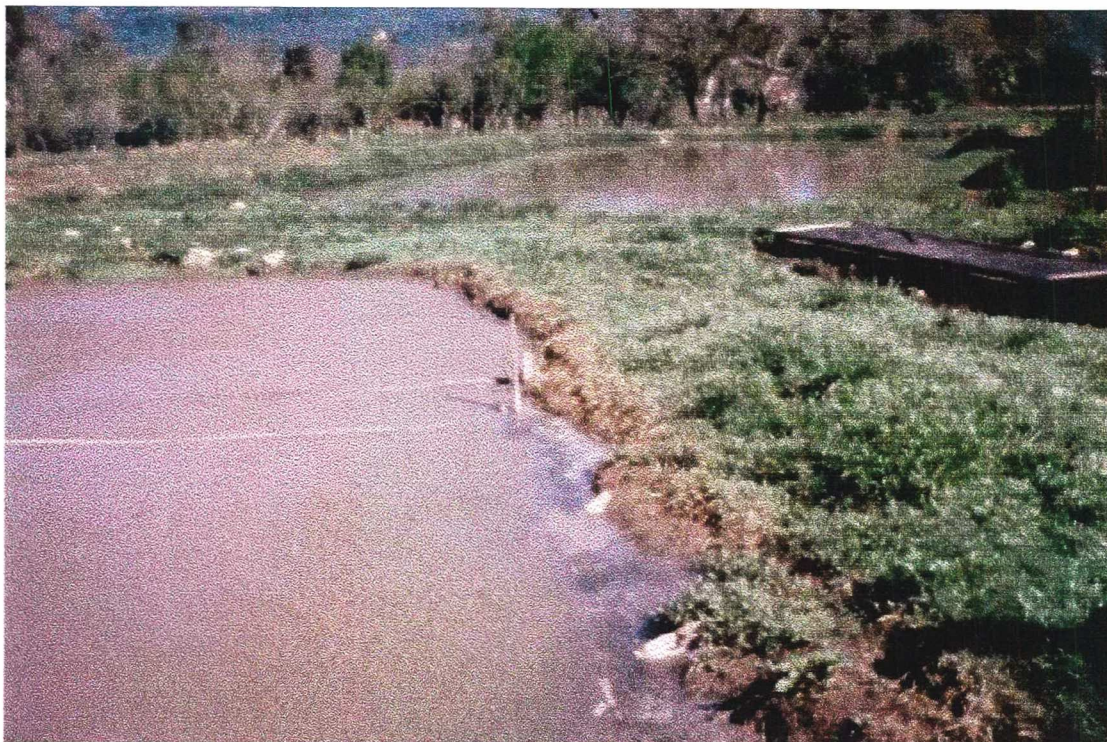


Fig. 6.04. Vista parcial do sistema de tratamento utilizado pela empresa analisada no caso real 04.

A produção desta empresa é de abate 27 bovinos por dia (em dois dias por semana), abate de 60 suínos por dia (em três dias por semana) e de 9 toneladas de produtos processados (em todos os dias da semana).

Para esta empresa simulou-se quatro situações diferentes, mantendo-se os mesmos níveis de produção e obteve-se resultados idênticos entre si e com o sistema implantado em duas simulações (comparação entre os custos de manutenção para cinco anos e o mesmo caso incluindo o limite de coliformes). O anexo 14 contém os resultados destas simulações e a tabela 6.05 contém o resumo das simulações realizadas.

Tabela 6.05. Resumo das simulações sobre o quarto caso real (anexo 14).

Produção	Melhor alternativa	Segunda melhor Alternativa	Terceira melhor Alternativa	Parâmetros analisados
27 - 60 - 9	LA - LF - CL	LA - LF - LF	LA - LA - LF	CI
27 - 60 - 9	LA - LF - LF	LA - LA - LF	LA - LF - CL	CA
27 - 60 - 9	LA - LF - CL	LA - LF - LF	LA - LA - LF	CI - NUTRI. - O&G
27 - 60 - 9	LA - LF - LF	LA - LF - CL	FS - LF - LF	CA - COLIF.

LA - lagoa anaeróbia LF - lagoa facultativa LAE - lagoa aerada FS - fossa séptica CL - cloração

CI - custo de implantação CA - custo anual

COLIF. - limite de coliformes totais NUTRI. - limite de nutrientes (como nitrogênio total)

O&G - limite de gorduras (como óleos e graxas)

Produção: (bovinos/dia) - (suínos/dia) (ton bem./mês)

Na primeira simulação a alternativa mais econômica em relação ao custo de implantação seria o uso de uma lagoa anaeróbia seguida por uma lagoa facultativa e com desinfecção por cloração ao final. A segunda alternativa nesta simulação seria a opção semelhante ao sistema implantado. A terceira simulação obteve os mesmos resultados da primeira simulação e a quarta simulação obteve o mesmo resultado da segunda simulação para a primeira alternativa.

Dos resultados obtidos observou-se que é conveniente a simulação para mais de uma situação e, principalmente utilizando o custo de manutenção (método do custo anual).

6.7. Análise dos resultados

Os resultados obtidos na primeira série de simulações, onde um abatedouro hipotético foi simulado para aumentos progressivos na produção, obtendo-se resultados semelhantes até o limite de abate de 180 bovinos/dia, quando então outra alternativa tornou-se viável. Verificou-se a validade deste limite (ver anexo 15), comprovando-se que para um espaço físico disponível de 6.000,0 metros quadrados o arranjo de duas lagoas anaeróbias e uma facultativa ainda seria possível, gerando uma necessidade de área (área das lagoas, circulação e taludes) de aproximadamente 5.984,0 metros quadrados. Um aumento na produção provavelmente gera a necessidade de uma área maior que a disponível, logo outra alternativa que utilize menor área torna-se atrativa, embora de custo maior.

Estes resultados demonstram a validade da metodologia, podendo-se inclusive utilizá-la para pesquisar a área mínima necessária para implantar uma estação de tratamento de resíduos do setor em estudo.

Outras verificações foram efetuadas com o objetivo de comparar as soluções emitidas com sistemas de tratamento em funcionamento, denominados de estudo de caso real. As situações simuladas atendem a uma diversidade necessária para testar a validade da nova sistemática em diferentes condições:

- no primeiro caso real testou-se a validade para um frigorífico de médio porte, possuindo uma área relativamente grande para implantar um sistema de tratamento, facilitado por uma inclinação de terreno suave, o que em princípio disponibiliza a validade técnica de um elevado número de soluções;
- no segundo caso real testou-se a validade para um abatedouro de pequeno porte, com abate mínimo, possuindo área disponível, mas sujeito à restrições legais por situar-se às margens de um dos mais importantes rios do Estado do Rio Grande do Sul;
- no terceiro caso real testou-se a validade do sistema para uma empresa de processamento de carnes (sem abate), de pequeno porte, mas com severa restrição de área para a implantação de sistema de tratamento de resíduos e com restrição adicional de terreno fortemente inclinado;
- no quarto caso real testou-se a validade do sistema para uma empresa com produção diversificada, ou seja, ela abate bovinos em alguns dias da semana, nos outros dias abate suínos e a carne produzida é utilizada no processamento, com a fabricação de embutidos diversos. Esta empresa possui como restrição o terreno com inclinação quase nula e uma área disponível para o sistema de tratamento muito reduzida.

Os resultados obtidos nas simulações caso a caso mostraram soluções aplicáveis, em alguns casos demonstraram que os sistemas implantados estão com deficiência. A tabela 6.06 resume os resultados obtidos.

Como pode-se observar na tabela 6.06 os resultados simulados apresentam soluções muito semelhantes aos sistemas de tratamento existentes, mesmo em situações críticas. O resultado mais dissonante é o apresentado no caso real 03, onde está instalada uma pequena lagoa aerada (mais parece um tanque aberto e raso), mas neste caso o sistema não atende à legislação, portanto, provavelmente as soluções propostas tenham melhores resultados se implantadas, o que pode configurar uma necessidade de correção no atual sistema implantado.

Tab. 6.06. Resumo da melhores soluções obtidas para os estudos de casos reais

Estudo de caso	Solução existente	Melhor solução proposta (maior frequência)	Solução proposta com maiores Restrições (nutrientes, etc.)
01	LA* - LA - LF - LF	LA - LA - LF	LA - LA - LF - LF
02	LA - LF	LA - LF	LA - LF - LF
03	FS - LAER**	FS - LA - LA	FS - LA - LA
04	LA - LF - LF	LA - LF - LF	LA - LF - LF

LA - lagoa anaeróbia LF - lagoa facultativa FS - fossa séptica

LAER - lagoa aeróbia

* - lagoa não implantada

** - problema de conformidade

7. CONCLUSÃO

7.1. Conclusões

Conforme analisado anteriormente, as simulações efetuadas mostraram que a metodologia desenvolvida pode ser uma ferramenta importante na decisão e análise de projetos de sistemas de tratamento de efluentes de indústrias de carne.

A análise das ferramentas da Engenharia de Produção disponíveis mostrou que a busca de soluções através de programação linear tem sido extensamente estudada, como é visto na revisão bibliográfica através do trabalho de GREENBERG (1995), resumida neste trabalho nos itens 2.6.1 e 2.6.2., além disso o uso de programação linear ou suas variantes torna rígida a solução, uma vez que possíveis modificações implicam em alteração na matriz de dados de entrada. Portanto, a busca de solução por metodologias que usem ferramentas de inteligência artificial, em que a experiência e o conhecimento do projetista é considerada e pode ser atualizada a qualquer momento, motivou a realização deste trabalho.

Dentre as tecnologias de inteligência artificial avaliou-se o uso de redes neurais e de sistemas especialistas, observando-se que a alternativa do uso de redes neurais embora seja atrativa, possui a desvantagem de no caso de inclusão de novas tecnologias ou atualização de metodologias, tem-se a necessidade de nova etapa de treinamento, ou seja, torna-se necessário que seja efetuado um re-treinamento da rede a cada implementação. Ao passo que o uso da ferramenta sistemas especialistas com o uso de linguagens de inteligência artificial elimina o re-treinamento da rede. Para as alterações necessárias, no caso de sistemas especialistas somente algumas regras serão substituídas ou alteradas, sem comprometer o restante do programa, e principalmente, sem que o usuário necessite conhecer toda a programação utilizada, neste caso o programa ALTERCAR executa estes passos, realizando as questões interativamente com o usuário, podendo o mesmo possuir completo domínio sobre o assunto ou somente conhecer informações básicas.

A metodologia desenvolvida uma vez implantada poderá reduzir os custos de projeto e de revisão de projetos instalados e em atividade, com probabilidade de surgirem alternativas mais convenientes a cada situação existente, sem eliminar contudo o julgamento final do projetista, a quem cabe a proposta final.

Durante a execução deste projeto buscou-se dados sobre os processos de tratamento mais ligados à realidade local e regional, notando-se grande variedade nos mesmos, variedade esta que está intimamente ligada à tecnologia utilizada e também à gestão dos processos envolvidos. Dessa forma a sistemática implantada neste trabalho contempla a realidade regional e introduziu penalidades na forma de coeficientes de correção em função da tecnologia e da gestão utilizada pela empresa.

Neste trabalho, também fica evidenciada a necessidade do especialista, o qual deve suprir com a sua experiência e bom senso algumas informações que em alguns casos não estão disponíveis na literatura, por mais extensa que ela seja. Visando a continuidade do cadastramento de novas tecnologias as referências citadas no capítulo 2, item 2.6.3.4., serão utilizadas.

Através da influência e julgamento do especialista a eficiência operacional (rendimento das tecnologias) pode ser equalizada com a eficiência ambiental, desde que atenda às restrições mínimas preconizadas pela legislação ambiental.

A busca de melhor qualidade dos produtos e a mudança na mentalidade dos empresários em relação aos processos de tratamento de resíduos podem ser alcançadas quando é demonstrado que uma melhoria no processo pode resultar em redução no custo do sistema de tratamento, ao reduzir o seu potencial poluidor (na sistemática proposta isto é refletido pela redução nas penalidades ou coeficientes de correção), com a correspondente redução no tamanho e no custo do sistema de tratamento. Dessa forma pode o empresário contribuir com a parcela significativa na busca de um desenvolvimento sustentável, dentro do atual modelo econômico e social.

Concluindo, embora as empresas em geral estejam conscientes dos problemas ambientais, a tomada de decisão tem sido em função do fator econômico, que acompanhado pela adoção de técnicas inadequadas nos projetos e na gestão dos mesmos tem resultado em perdas, incluindo-se principalmente o maior custo que são as progressivas e freqüentes agressões ao ambiente. Logo a busca de alternativas que possibilitem uma gestão mais racional deste problema deve auxiliar na manutenção e recuperação de áreas em que a presença do homem e suas indústrias sejam inevitáveis. Sob este aspecto espera-se que o presente trabalho contribua para uma melhor gestão do nosso ambiente, com resultados benéficos a todos e às futuras gerações.

7.2. Sugestões para futuros trabalhos

Para o futuro poderão ser introduzidas outras ferramentas tais como o uso de novas ferramentas heurísticas para a otimização da lista de alternativas. Também pode-se pensar na utilização de redes neurais, uma vez consolidada a base de dados, a qual teve início neste trabalho. Outrossim, sugere-se as seguintes melhorias e contribuições:

- ❖ ampliação da base de dados com continuidade de coleta de amostras em empresas da região, a fim de consolidar parâmetros para os projetos na região;
- ❖ ampliação da análise econômica, incluindo ferramentas de análise a médio e longo prazo;
- ❖ introdução de novas tecnologias e verificação da sua adequação à metodologia proposta;
- ❖ melhoria na estimativa do espaço físico calculado pelo programa, com a inclusão de ferramentas que propiciem a geração de lay-out das soluções sugeridas;
- ❖ ampliação e aperfeiçoamento das regras implantadas na metodologia desenvolvida de forma a obter um sistema mais robusto, ou seja, que situações extremadas ou fora da delimitação atual também tenham solução adequada;
- ❖ melhorias das saídas gráficas do sistema implantado;
- ❖ continuar a interligação entre a engenharia de produção, através da gestão ambiental e outras áreas, com o saneamento utilizando e aperfeiçoando ferramentas computacionais na busca de soluções otimizadas;
- ❖ inclusão de uma interface gráfica para entrada dos dados, com alguns valores iniciais (defaults) pré-definidos;
- ❖ introduzir ferramentas de análise multicritério, como forma de desenvolver a metodologia em implementação direcionada a sistemas ambientais;
- ❖ integrar com algum sistema de simulação ou desenvolver um específico para este caso.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **ISO 14.001**. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ABNT. **ISO 14.004**. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

AGUADO, E.; REMSON, I.; PIKUL, M.F.; THOMAS, W.A. Optimal pumping for aquifer dewatering. **ASCE J. Hydraul.**, v.100, n.7, p. 869-877, 1974.

AHLFELD, D.P. Two-stage ground-water remediation design. **ASCE J. Water Res. Plan. and Mgmt.**, v.116, n.4, p. 517-529, 1990.

AHLFELD, D.P.; MULVEY, J.M.; PINDER, G.F. Designing optimal strategies for contaminates groundwater remediation. **Adv. In Water Resour.**, v.9, n.2, p. 77-84, 1986.

AHLFELD, D.P.; MULVEY, J.M.; PINDER, G.F.; WOOD, E.F. Contaminated groundwater remediation design using simulation, optimization and sensitivity theory 1. Model development. **Water Resour. Res.**, p. 431-441, 1988.

AHLFELD, D.P.; HEIDARI, M. Applications of optimal hydraulic control to groundwater systems. **ASCE J. Water Res. Plan. And Mgmt.**, p. 350-365, 1994.

ALLEY, W.M.; AGUADO, E.; REMSON, I. Aquifer management under transient and steady-state conditions. **Water Resour. Bull.**, v.12, n.5, p. 963-972, 1976.

AMUNDSEN, Audun. **Preventive wastes minimization process for sustainable developement**. Palestra no Prim. Congresso Internacional de Tecnologia Limpa Aplicada ao Setor de Alimentos. Florianópolis, ago. 1999.

ANDERSON, J.A. Primary sedimentation of sewage. **J. Inst. of Wat. Pollut. Control**, p. 413-424, 1981.

- ANDERSON, M.W.; DAY, H.J. Regional management of water quality - a systems approach. **J. Water Poll. Control Fed.**, v.40, n.10, p. 1679-1687, 1968.
- ANDRADE, Nélío J.; MACÊDO, Jorge A.B. **Higienização na indústria de alimentos**. São Paulo: Varela, 1996.
- ANDREOLI, Cleverson V.; BONNET, Bárbara R.P. **Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto**. Curitiba: Sanepar, 1998.
- ANDRICEVIC, R.; KITANIDIS, P.K. Optimization of uncertainty. **Water Resour. Res.**, v.26, n.5, p. 875-885, 1990.
- ARBABI, M.; ELZINGA, J. A general linear approach to stream water quality modeling. **Water Resour. Res.**, v.11, n.2, p. 191-196, 1975.
- ASDRUBALI, M.; STRADELI, A. **Los mataderos**. Zaragoza: Acribia, 1969.
- BANA E COSTA, Carlos A. **Metodologias multicritérios de apoio à decisão**, apostila ao curso de. Florianópolis: ENE-UFSC. 1995.
- BELLIA Vitor. **Introdução à economia do meio ambiente**. Brasília: IBAMA, 1996.
- BERLE, Gustav. **O empreendedor do verde**. Trad. Gladys P. Wiesel. São Paulo: McGraw-Hill, 1992.
- BERKEMER, R.; MAKOWSKI, M.; WATKINS, D. **A prototype of a decision support system for river basin water quality management in Central and Eastern Europe**. Working Paper WP-93-049. Austria: IIASA, 1993.
- BERNARDO, Luiz Di; CAMACHO, Rubem D.P. et al. Emprego de reator anaeróbio de fluxo ascendente com manto de lodo para tratamento de despejos líquidos provenientes de laticínios. **Anais 15º Congr. Bras. Eng. Sanit.** Belém: ABES, v.2 tomo III, 1989.

BOEHNKE, Botho; DIERING, Bernard; ZUCKUT, Stefan W. Cost-effective wastewater treatment process for removal of organics and nutrients. Part I. Rev. **Water/Engineering & Management**, p. 30-35, may 1997.

BOEHNKE, Botho; DIERING, Bernard; ZUCKUT, Stefan W. Cost-effective wastewater treatment process for removal of organics and nutrients. Part II. Rev. **Water/Engineering & Management**, p. 18-22, jul., 1997.

BORGES, Cristina. **A Filiação Suinícola em Santa Catarina**. Florianópolis, 1993. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

BRAILE, Pedro M. **Despejos industriais**. Rio de Janeiro: Fed. Ind., 1971.

BRAILE, Pedro M.; CAVALCANTI, José E.W.A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. São Paulo: CETESB, 1979.

BRILL JR., E.D.; LIEBMAN, J.C.; REVELLE, C.S. Equity measures for exploring water quality management alternatives. **Water Resour. Res.**, v.12, n.5, p. 845-850, 1976.

BRINDLE, Keith; STEPHENSON, Tom. The application of membrane biological reactor for the treatment of wastewaters. **J. Biotechnology and Bioengineering**. v. 49, n. 6, p. 601-610, mar., 1996.

BURN, D.H.; LENCE, B.J. Comparison of optimization formulations for waste-load allocations. **ASCE J. Environ. Engin.**, v.118, n.4, p. 597-612, 1992.

BURN, D.H.; McBEAN, E.A. Optimization modeling of water quality in an uncertain environment. **Water Resour. Res.**, v.21, n.7, p. 934-940, 1985.

CAJAZEIRA, Jorge E. R. **ISO 14000 - Manual de Implantação**. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 1997.

- CARDWELL, H.; ELLIS, H. Stochastic dynamic programming models for water quality management. **Water Resour.**, v.29, n.4, p. 803-813, 1993.
- CARVALHO, Telismar C. **Análise geral do SGQ: sistema ISO 14000 (SGA) e sistema ISO 18000 (SGL), completando o sistema ISO 9000 (SGQ e SGP)**. Belo Horizonte: Literal, 1997.
- CETESB. **Relatório para estabelecimento de padrões de emissão – indústria de carnes**. São Paulo: CETESB. 1978.
- CHAN, N. Partial infeasibility method for chance-constrained aquifer management. **ASCE J. Water Resour. Plan. and Mgmt.**, v.120, n.1, p. 70-89, 1994.
- CHANG, S.; YEH, W. Optimal allocation of artificial aeration along a polluted stream using dynamic programming. **Water Resour. Bull.**, v.9,n.5, p. 985-997, 1973.
- CHEVERRY, C.; MENETRIER, Y. et alii. **Distribuição do chorume de suíno e fertilização**. Trad. Oswaldo E. Aranha. Curitiba: Acarpa, 1986.
- CHI, T. Wastewater conveyance models. Cap. 8, org. by DORFMAN et al. in **Models for managing regional water quality**. Cambridge, Mass.: Harvard U.P., p. 312-361, 1972.
- CLARK, R.M.; ADAMS, J.Q. Modeling and operations research for drinking water systems. Org. by LEV et al. in **Strategic planning in energy and natural resources**. North-Holland: New York., p. 81-104, 1987.
- CLOUGH, D.J.; BAYER, M.B. Optimal waste treatment and pollution abatement benefits on a closed river system. **Canadian Opnl. Res. Soc. J.**, v.6, p. 153-170, 1968.
- CNTL. **Centro Nacional de Tecnologias Limpas: Relatório**. Porto Alegre: FIERGS, 1998.
- COLARULLO, S.J.; HEIDARI, M.; MADDOCK III, T. Identification of an optimal groundwater management strategy in a contaminated aquifer. **Water Resour. Bull.**, v.20, n.5, p. 747-760, 1984.

CULVER, T.B.; SHOEMAKER, C.A. Optimal control for groundwater remediation by differential dynamic programming with quasi-Newton approximations. **Water Resour. Res.**, v.29, n.4, p. 823-831, 1993.

DAHL, K.; NØRGAARD, P. Mesophilic and thermophilic anaerobic digestion of abattoir waste and sewage sludge. FERRERO, G.L.; FERRANTI, M.P.; NAVEAU, H. **Anais of Anaerobic digestion and carbohydrate hydrolysis of waste**. Inglaterra: Elsevier, p. 331-340, 1984.

DANESH, Shahnaz; OLESZKIEWICZ, Jan. A. Volatile fatty acid production and uptake in biological nutrient removal systems with process separation. **Water Env. Res.** v. 69, n. 6, p. 1106-1111, set./oct., 1997.

DANIELSON, John A. (org). **Air Pollution Engineering Manual**. EUA: EPA, 1973.

DAVIS, Mackenzie L.; CORNWELL, David A. **Introduction to environmental engineering**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1996.

DEININGER, R.A. **Water quality management: the planning of economically optimal pollution control systems**. Evanston, 1965. Ph.D. Thesis - Department of Civil Engineering, Northwestern University.

DIPOA-MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Inspeção de carnes: padronização de técnicas, instalações e equipamentos - I - Bovinos, Currais e seus Anexos, Sala de Matança**. Brasília: Dipoa, 1971.

DONAIRE, Denis. **Gestão ambiental na empresa**. São Paulo: Atlas, 1995.

DYSART III, B.C.; HINES, W.W. Control of water quality in a complex natural systems. **IEEE Trans. Syst. Sci. And Cybern.**, v.6, n.4, p. 322-329, 1970.

ECKENFELDER, W.W. **Industrial water pollution control**. Singapura: McGraw-Hill, 1989.

ECKER, J.G. A geometric programming model for optimal allocation of stream dissolved oxygen. **Mgmt. Sci.**, v.21, n.6, p. 658-668, 1975.

ECKER, J.G.; McNAMARA, J.R. Geometric programming and the preliminary design of industrial waste treatment plants. **Water Resour. Res.**, v.7, n.1, p. 18-22, 1971.

EIGER, Sérgio; FERREIRA FILHO, Sidney S.; LAGE FILHO, Frederico A. Modelagem matemática de sistemas de ozonização de contato. Parte I: formulação teórica e Parte II: exemplos de aplicação. rev. **Engenharia sanitária de ambiental**, v. 3, n. 1, p. 15-31, jan./mar. 1998.

ELLIS, J.H. Stochastic water quality optimization using imbedded chance constraints. **Water Resour. Res.**, v.23,n.12, p. 2227-2238, 1987.

ELLIS, J.H. Acid rain control strategies: options exist despite scientific uncertainties. **Environ. Sci. and Tech.**, v.22, n.11, p. 1248-1255, 1988.

EPAGRI. **Aspectos práticos do manejo de dejetos suínos**. Florianópolis: EPAGRI/EMBRAPA-CNPSA, 1995.

ESOGBUE, A.O. A taxonomic treatment of dynamic programming models of water resources systems. Org. by Esogbue in **Dynamic programming for optimal water resources systems analysis**. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, p. 27-71, 1989.

EVEREST. **Higiene e sanitização para as empresas de alimentos**. Manual-série qualidade. Curitiba: Everest, 1995.

FEPAM. **Programa de ações ambientais: construindo a agenda 21/RS**. Porto Alegre: FEPAM, 1998.

FEROLLA, Guido. O Inmetro e a certificação 14001 no Brasil. Rev. **Meio Ambiente Industrial**, São Paulo, ed. 19, n. 18, p.10-14, mai./jun. 1999.

- FIACCO, A.V.; GHAEMI, A. Sensitivity analysis of a nonlinear water pollution control model using an upper Hudson river database. **Opns. Res.**, v.30, p. 1-28, 1982.
- FISCHER, Peter J. Wastewater treatment using aquatic plants. In: BHAMIDIMARRI, Rao. **Alternative waste treatment systems**. Inglaterra: Elsevier, 1988. p. 34-44.
- FISCHER, Rudolf; NOACK, Karl-Heinz; PFEIL, Wolfgang. **Industrias cárnicas: cálculo de costes y rendimientos**. Trad. Jaime E. Escobar. Zaragoza: Acribia, 1974.
- FISHELSON, G. Dynamic Aspects of water quality control. cap. 3, org. by Tolley et al. **Environmental policy**, vol. III: water quality. Cambridge, Mass.: Ballinger Publ., p. 43-60, 1983.
- FREEMAN, Harry. **Industrial pollution prevention handbook**. USA: McGraw-Hill, 1995.
- FUJIWARA, O.; GNANENDRAN, S.K.; OHGAKI, S. River quality management under stochastic stream-flow. **ASCE J. Environ. Engin.**, v.112, n.2, p. 185-198, 1986.
- FUJIWARA, O.; GNANENDRAN, S.K.; OHGAKI, S. Chance constrained model for river water quality management. **ASCE J. Environ. Engin.**, v.113, n.5, p. 1018-1031, 1987.
- FUTAGAMI, T.; TAMAI, N.; YATSUZUKA, M. FEM coupled with LP for water pollution control. **ASCE J. Hydraul.**, v.102, n.7, p. 881-897, 1976.
- GARCÍA, Benito M. El sistema inglés de evaluación y mejora de la higiene en los mataderos de mamíferos. **Rev. Eurocarne**, Espanha, n. 63, p. 91-103, jan./fev. 1998.
- GEORGAKAKOS, A.P.; YAO, H. New control concepts for uncertain water resources systems 1. Theory. **Water Resour. Res.**, v.29, n.6, p.1505-1516, 1993.
- GIGLIO, R.J.; WRIGHTINGTON, R. Methods for apportioning costs among participants in regional systems. **Water Resour.**, v.8, n.5, p. 1133-1144, 1972.

GODOY, Claudia. **Estudio del tratamiento anaeróbico de residuos de industrias alimenticias**. *Rev. Ingeniería química*, Buenos Aires, p. 52-56, may.-jun. 1996.

GOODMAN, A.S.; DOBBINS, W.E. Mathematical model for water pollution control studies. *ASCE J. Sanit. Engin.*, v.92, n.6, p. 1-19, 1966.

GORELICK, S.M. A review of distributed parameter groundwater management modeling methods. *Water resour. Res.*, v.19, n.2, p. 305-319, 1983.

GORELICK, S.M. Large-scale nonlinear deterministic and stochastic optimization: formulations involving simulation of subsurface contamination. *Math. Prog.*, v.48, n.1, p. 19-39, 1990.

GORELICK, S.M.; REMSON, I. Optimal dynamic management of groundwater pollutant sources. *Water Resour. Res.*, v. 18, n. 1, p. 71-76, 1982.

GORELICK, S.M.; REMSON, I.; COTTLE, R.W. Management model of a groundwater system with a transient pollutant source. *Water Resour. Res.*, v. 15, n. 5, p. 1243-1249, 1979.

GRAVES, G.W.; HATFIELD, G.B.; WHINSTON, A. WATER POLLUTION CONTROL USING BY-PASS PIPING. *Water Resour. Res.*, v.5, n.1, p. 13-47, 1969.

GRAY, A.V. Phosphorus reduction studies. *Wat. Pollut. Control*. p. 333-340, 1981.

GREENBERG, Harvey J. Mathematical programming models for environmental quality control. *Rev. Operations Research*, Estados Unidos, v. 43, n.4, p. 578-623, jul./ago. 1995.

GREENBERG, M.R. **Applied linear programming for the socioeconomic and environmental sciences**. New York: Academic P., 1978.

GRUBBS, R.B. Selecting a supplier for biological wastewater pretreatment. *Rev. Water/Engineering & Management*, p. 20-22, apr. 1996.

- GUNN, Ian W. Septic tank systems - state of the art, 1988. In: BHAMIDIMARRI, Rao. **Alternative waste treatment systems**. Inglaterra: Elsevier, 1988. p. 2-13.
- HAANDEL, Adrianus C. van; LETTINGA, Gatzke. **Tratamento anaeróbio de esgotos**. Campina Grande: UFP, 1994.
- HAIMES, Y.Y. Modelling and control of the pollution of water resources systems via multilevel approach. **Water Resour. Bull.** v.7, n.1, p. 93-101, 1971.
- HAITH, D.A. **Environmental systems optimization**. New York: John Wiley, 1982.
- HARRIS, S.C. Water resources planning and management. In **Proceedings of the 16th annual conference**. New York: ASCE, 1989.
- HASS, J.E. Optimal taxing for the abatement of water pollution. **Water Resour. Res.**, v.6, n.2, p. 353-365, 1970.
- HON, K. Water management in the '90s: a time for innovation. In **Proceedings of the 20th anniversary conference**. New York: ASCE, 1993.
- HOROWITZ, A.J. **Optimization of water quality systems by nonlinear programming**. Los Angeles, 1970. M.S. Thesis, School of Engineering and Applied Science, University of California.
- HUDAK, P.F.; LOAICIGA, H.A. Na optimization method for monitoring network design in multilayered groundwater flow systems. **Water Resour. Res.**, v.29, n.8, p.2835-2845, 1993.
- HWANG, C.L.; WILLIAMS, J.L.; SHOJALASHKARI, R.; FAN, F.T. Regional water quality management by the generalized reduced gradient method. **Water Resour. Bull.**, v.9, n.6, p.1159-1181, 1973.
- IBAMA. **Avaliação de Impacto Ambiental: agentes sociais, procedimentos e ferramentas**. Versão de Paula Yone Stroh et Alii. Brasília: IBAMA, 1995.

IMHOFF, Karl; IMHOFF, Klaus R. **Manual de tratamento de águas residuárias**. São Paulo: E.Blücher, 1996.

INCE, O. Performance of a two-phase anaerobic digestion system when treating dairy wastewater. **Wat. Res.** v. 32, n. 9, p 2707-2713, 1998.

JAWORSKI, N.A.; WEBER JR., W.J.; DEININGER, R.A. Optimal reservoir releases for water quality control. **ASCE J. Sanit. Engin.**, v.96, n.3, p.727-741.

JEMAA, F.B.; MARIÑO, M.A. Optimal strategy for aquifer remediation. **In Proceedings of the 20th anniversary conference**. New York: ASCE, p.585-588, 1993.

JOHNSON, E.L. A study in the economics of water quality management. **Water Resour. Res.**, v.3, n.2, p.291-305, 1967.

JOHNSON, P.E. What kind of expert should a system be? **J. of Medicine and Philosophy**, v.8, p.77-97, 1983.

JORDANO, José C. **Boas práticas de fabricação na indústria de alimentos**. Pal. no 5º simpósio de tecnologia de produtos cárneos. Santa Maria, abr. 1997.

KERRI, K.D. An economic approach to water quality control. **J. Water Pollut. Control Fed.**, v.38, n.12, p.1883-1897, 1966.

KERRI, K.D. A dynamic model for water quality control. **J. Water Pollut. Control Fed.**, v.39, n.5, p.772-789, 1967.

LAACK, Rein. Passive removal of nitrogen and phosphorous usin na alternativa on-site wastewater system. In: BHAMIDIMARRI, Rao. **Alternative waste treatment systems**. Inglaterra: Elsevier, 1988. p. 14-21.

LAKEL, A.; BAUDU, M.; DAGOT, C. Hydrodynamique d'un filtre biologique en systeme insature avec nitrification d'un effluent septique. **Wat. Res.** v. 32, n. 10 p. 3157-3167, 1998.

LAPOLLI, Flávio R. **Sistema especialista difuso para controle de estações de tratamento de esgotos pelo processo de lodos ativados**. Florianópolis, 1993. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

LAWS, Edward A. **Aquatic pollution: an introductory text**. 2nd ed. USA: John Wiley, 1993.

LAZZARETTI, Eduardo. Utilização de microorganismos em estações de tratamento de efluentes - (bioaumentação). Uma opção para plantas de lodos ativado. *Rev. Meio Ambiente Industrial*, ed. 18, n. 17, p. 81-84, mar./abr. 1999.

LE, Tu Van. **Techniques of Prolog programming with implementation of logical negation and quantifies goals**. USA: John Wiley, 1993.

LEE, Kun M.; STENSEL, H. D. Aeration and substrate utilization in a sparged packed-bed biofilm reactor. *Jr. WPCF*, v. 58, n. 11, p. 1066-1072, nov. 1986.

LEE, S.I.; KITANIDIS, P.K. Optimal estimation and scheduling in aquifer remediation with incomplete information. *Water Resour. Res.*, v.27, n.9, p.2203-2217, 1991.

LIEBMAN, J.C.; LYNN, W.R. The optimal allocation of stream-dissolved oxygen. *Water Resour. Res.*, v.2, n.3., p.581-591, 1966.

LIN, Sheng H.; LAN, Wen J. Treatment of waste oil/water emulsion by ultrafiltration and ion exchange. *Wat. Res.* v. 32, n. 9, p. 2680-2688, 1998.

LISK, Ian. DAF and ozone eliminate quality woes, meet new regs. *Rev. Water/Engineering & Management*, , p. 27-29, oct., 1994.

LIU, Yin A.; BAUGHMAN, D. Richard. **Neural Networks in Bioprocessing and Chemical Engineering**. USA, San Diego: Academic Press, 1995.

LOHANI, B.N.; THANH, N.C. Stochastic programming model for water quality management in a river. *J. Water Pollut. Control Fed.*, v.50, p.2175-2182, 1978.

LOPES, Carlos E.; VASCONCELOS, Eliane C. et alii. Perfil da concentração volumétrica de biomassa em um fermentador de fluxo ascendente com levedura floculante. **Rev. Bras. Eng. Química**. v. 16, n. 1, p. 16-22, 1996.

LOUCKS, D.P.; REVELLE, C.S.; LYNN, W.R. Linear programming models for water pollution control. **Mgmt. Sci.**, v.14, n.4, p.B166-B181, 1967.

LOUCKS, D.P.; STEDINGER, J.R.; HAITH, D.A. **Water resource systems planning and analysis**. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1981.

LYNN, W.R.; LOGAN, J.A.; CHARNES, A. Systems analysis for planning wastewater treatment plants. **J. Water Pollut. Control Fed.**, v.34, n.6, p.565-581, 1962.

MAIMON, Dalia. **Passaporte verde: gerência ambiental e competitividade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1996.

MATASCI, Raymond N.; KAEMPFER, Christopher, HEIDMAN, James A. Full-scale studies of the trickling filter/solids contact process. **Jr. WPCF**, v. 58, n. 11, p. 1043-1049, nov. 1986.

MARQUARDT, Liliane. **Influência do Estresse ante Morten sobre a Qualidade da Carne Suína e Sua Consequência na Elaboração de Presuntos Cozidos**. Santa Maria, 1997. Dissertação (Mestrado em Eng. de Produção) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria.

MARRYOTT, R.A.; DOUGHERTY, D.E.; STOLLAR, R.L. Optimal groundwater management 2. Application of simulated annealing to a field-scale contamination site. **Water Resour. Res.**, v.29, n.4, p.847-860, 1993.

MARTINE, George (org.). **População, meio ambiente e desenvolvimento: verdades e contradições**. Campinas: UNICAMP, 1993.

MEDRI, Waldir. **Modelagem e otimização de sistemas de lagoas de estabilização para tratamento de dejetos suínos**. Florianópolis, 1997. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

MENDONÇA, Sérgio R. **Tópicos avançados em sistemas de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 1987.

METCALF & EDDY, INC. **Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse**. 3rd ed. revised by George Tchobanoglous, Frank Burton. Singapura: McGraw-Hill, 1991.

MEYER, P.D.; BRILL, E.D. A method for locating wells in a groundwater monitoring network under conditions of uncertainty. **Water Resour. Res.**, v.24, n.8, p.1277-1282, 1988.

MHAISALKAR, V.A.; BASSIN, J.K.; PARAMASIVAM, R.; KHANNA, P. Dynamic programming optimization of water-treatment-plant design. **ASCE J. Environ. Engin.**, v.119, n.6, p.1158-1175, 1993.

MIDDLEBROOKS, E. Joe. **Industrial Pollution Control**. v. 1: agroindustries. EUA: John Wiley. 1979.

MILLER, W.L.; BYERS, D.M. Development and display of multiple-objective project impacts. **Water Resour. Res.**, v.9, n.1, p.11-20, 1973.

MINO, T.; VAN LOOSCRECHT, M.C.M.; HEIJNEN, J.J. Microbiology and biochemistry of the enhanced biological phosphate removal process. **Wat. Res.**, v. 32, n. 11, p. 3193-3207, 1998.

MORETTO, Eliane; ALVES, Roseane F. **Manual de normas higiênico-sanitárias e controle de qualidade para indústrias de carnes e derivados**. Florianópolis: Soc. Catarinense de Bromatologia. 1986.

MOSEY, F.E. Anaerobic biological treatment of food industry waste waters. **Wat. Pollut. Control**. p. 273-291, 1981.

- MUCCILOLO, Pasqual. **Carnes, estabelecimentos de matança e de industrialização**. São Paulo: Ícone, 1985.
- NEMEROW, Nelson L. **Aguas residuales industriales**. Trad. Gamalial M. de Bascarán. Espanha: H.Blume, 1975.
- NOONAN, M.J.; HARMAN, H. ; KEELEY, G.M. Na alternative method for reducing numbers of faecal coliform bacteria in slaughterhouse effluent. In: BHAMIDIMARRI, Rao. **Alternative waste treatment systems**. Inglaterra: Elsevier, 1988. p. 219-229.
- OCKERMANN, W.; HANSEN, C.L. **Industrializacion de Subproductos de Origen Animal**. Espanha: Acríbia, 1994.
- OHTSUKI, T.; KAWAZOE, T.; MASUI, T. Intelligent control system based on blackboard concept for wastewater treatment processes. **Wat. Sci. Tech.**, v. 37, n. 12, p. 77-85, 1998.
- OLIVEIRA, Antonio I.A. **O licenciamento ambiental**. São Paulo: Eglu, 1998.
- OSTFELD, A.; SHAMIR, U. Optimal operation of multiquality networks I: steady-state conditions. **ASCE J. Water Resour. Plan and Mgmt.**, v.119, n.6, p.645-662, 1993.
- OSTFELD, A.; SHAMIR, U. Optimal operation of multiquality networks II: unsteady-state conditions. **ASCE J. Water Resour. Plan and Mgmt.**, v.119, n.6, p.663-684, 1993.
- PALAZZO, Luiz A. M. **Introdução à programação PROLOG**. Pelotas: EDUCAT, 1997.
- PARDI, Miguel C.; SANTOS, Iacir F.; SOUZA, Elmo R.; PARDI, Henrique S. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. v. 1. Goiânia:CEGRAF-UFG, 1993.
- PAULI, Gunter. **Emissão zero: a busca de novos paradigmas: o que os negócios podem oferecer à sociedade**. Trad. José W.M. Kathler; Maria T.R. Rodriguez. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1996.

PERRY, Robert H.; GREEN, Don W. **Chemical engineer's handbook**, 7. ed. EUA: McGraw-Hill, 1997.

PESSÔA, Constantino A.; JORDÃO, Eduardo P. **Tratamento de Esgotos Domésticos, v. 1: concepções clássicas de tratamento de esgotos domésticos**, 3ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

PINTÉR, J.; MEEUWIG, J.W.; MEEUWIG, D.J.; FELS, M.; LYCON, D.S. ESIS-an intelligent decision support system for assisting industrial wastewater management. **Ann. Opns. Res.**, 1993.

PINTÉR, J.; SOMLYODY, L. Optimization of regional water-quality-monitoring strategies. **Integrated design of hydrological networks** (proceedings of the Budapest symposium), IAHS Publ., n.158, p.259-268, 1986.

PIRES, Marco R.; FIGUEIREDO, Roberto F. Efeito do tempo de enchimento no desempenho de um reator tipo batelada. rev. **Engenharia sanitária e ambiental**, v.3, n. 3, p. 113-116, out./dez. 1998.

POLLACK, P. **Biological waste disposal from slaughterhouse**. Anais of Anaerobic Digestion and Carbohydrate Hidrolisis of Waste. EUA: Elsevier Publisher, p. 323-331.

PRICE, J.F.; SCHWEIGERT, B.S. **Ciencia de la carne y de los productos carnicos**. Zaragoza(Espanha): Acribia, 1976.

RABUSKE, Renato A. **Inteligência artificial**. Florianópolis: UFSC, 1995.

RAMALHO, Rubens S. **Introduction to wastewater treatment processes**. New York: Academic Press, 1977.

REBHUN, Menahem; GROSSMAN-HELLER, Lilly; MANKA, Josepha. Formation of disinfection byproducts during chlorination of secondary effluent and renovated water. **Water Env. Res.** v. 69, n. 6, p. 1154-111162, set./oct., 1997.

RECK-SUAN, Loy; AHN, Kyu-Hong. Treatability study of organic and ammonia nitrogen removal; sludge settling and stabilisation in a rotating biological contactor - settling tank system. In: BHAMIDIMARRI, Rao. **Alternative waste treatment systems**. Inglaterra: Elsevier, 1988. p. 230-240.

RUSZCZYŃSKI, A. Water quality management: problem formulations and solution methods. **Working Paper WP-93-36**, Laxemburg, Austria: IIASA, 1993 .

SACK, W.A.; CUTRIGHT, J.A. et alii. Operation of air drive rotating biological contactors. **Jr. WPCF**, v. 58, n. 11, p. 1050-1056, nov. 1986.

SCHROEDER, Edward D. **Water and wastewater treatment**. EUA: McGraw-Hill, 1977.

SCHWARTZ, Gaston A. **Geração de horário em instituições de ensino com otimização simultânea de tempo e espaço**. Florianópolis, 1990. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

Secretaria da Agricultura e Abastecimento – CISPOA. **Normas técnicas mínimas para funcionamento de indústrias de produtos cárneos (indústria de embutidos, exceto enlatados) – padronização de instalações, equipamentos e operações**. Porto alegre: CISPOA, 1987.

Secretaria da Agricultura e Abastecimento – CISPOA. **Normas técnicas mínimas para funcionamento de matadouros de aves no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto alegre: CISPOA, 1987.

Secretaria da Agricultura e Abastecimento – Programa Carne de Qualidade. **Relatório de execução do programa**. Porto Alegre: Secr. Agric. E Abastec., Período 10/95 a 12/96, 1997.

SENAI. Novo Hamburgo: [http:// www.ciet.senai.br/ciet](http://www.ciet.senai.br/ciet). 1998.

SENAI. **Guia do empresário para o sistema APPCC**. Rio de Janeiro: SENAI/DN, 1998.

- SHEN, C.F.; GUIOT, S.R. Long-term impact of dissolved O₂ on the activity of anaerobic granules. **J. Biotechnology and Bioengineering**, v. 49, n. 6, p. 611-620, mar., 1996.
- SHIH, C.S.; KRISHNAN, P. Dynamic optimization for industrial waste treatment design. **J. Water Pollut. Control Fed.**, v.41, p.1787-1802, oct. 1969.
- SILVEIRA, Djalma D. **Análise de custos equivalentes para alternativas no tratamento de efluentes de um frigorífico**. Santa Maria, 1986. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria.
- SILVEIRA, Djalma D.; MÜLLER, Felipe; MARQUARDT, Liliane et alii. Situação dos sistemas de tratamento de efluentes em pequenos e médios frigoríficos do Rio Grande do Sul. **Rel. téc.**, UFSM, p. 1-8, 1996.
- SILVEIRA, Djalma D. **Relatório: Convênio UFSM-FATEC/SEBRAE/ASSOCIAÇÃO DE PEQUENOS E MÉDIOS FRIGORÍFICOS DO RS**. UFSM, 1996.
- SILVEIRA, Djalma D. **Relatório: Ação de tecnologia de efluentes para frigoríficos do Rio Grande do Sul**, Conv. SEBRAE/UFSM-FATEC. UFSM, 1997.
- SILVEIRA, Djalma D. **Tratamento de resíduos industriais na indústria cárnea**. Pal. no 5º Simp. Tecnologia de Produtos Cárneos. UFSM, abr., 1997.
- SILVEIRA, Djalma D.; COSTA, Rejane H.R.; VARVAKIS, Gregório. **Avaliação do processo e variáveis ambientais em um indústria de carnes: caso de pequenos abatedouros**. Anais do II simpósio internacional de qualidade ambiental. Porto Alegre: PUC, p. 46-50, out. 1998.
- SIMON, Cheryl; DeFRIES, RUTH S. **Uma terra, um futuro**. Trad. Maria Cláudia S.R. Ratto. São Paulo: Makron Books, 1992.
- SIRINAOVAKUL, B.; THAJCHAYAPONG, P. A knowledge base to assist a heuristic search approach to facility layout. **Int. J. Prod. Res.**, v. 32, n. 1, p. 141-160, 1994.

SMITH, Robin. **Chemical process design**. USA: McGraw-Hill, 1995.

SOUZA, Marco A.A. **Methodology for selection of wastewater treatment processes**. Birmingham, UK, 1992. PhD Thesis, School of Civil Engineering, The University of Birmingham.

SOUZA, Marco A.A.; FORSTER, CHRISTOPHER L. Metodologias para seleção de processos de tratamento de águas residuárias. **Rev. Eng. Sanitária e Amb.**, ABES, a. I, v. 2, p. 19-31, abr/jun 1996.

Standard methods for the examination of water and wastewater. 19 ed.. EUA: APHA-AWWA-WEF, 1995.

STRAUSS, Werner. **Industrial gas cleaning**. 2nd ed. EUA: Pergamon Press. 1985.

SUTTON, Paul M.; HURVID, Jim; HOEKSEMA, Martin. Biological fluidized-bed treatment of wastewater from byproduct coking operations: full-scale case history. **Water Env. Res.**, v. 71, n. 1, p. 5-9, jan./feb. 1999.

TAFNER, Malcon A; XEREZ, Marcos de; RODRIGUES Filho, Ilson W. **Redes neurais artificiais: introdução e princípios de neurocomputação**. Blumenau: EKO/FURB, 1995. 199p.

TERRA, Nelcindo N. **Apontamentos sobre tecnologia de carnes**. São Leopoldo: UNISINOS, 1998. 236p.

TUNG, Y.K. Groundwater management by chance-constrained model. **ASCE J. Water Resour. Plan. and Mgmt.**, v.112, n.1, p.1-19, 1986.

VALLE, Cyro E. **Qualidade ambiental: como se preparar para as Normas ISO 14000**. São Paulo: Pioneira, 1995.

VAN BENTHUM, W.A.J.; GARRIDO, J.M. et alii. Nitrogen removal in intermittently aerated biofilm airlift reactor. **J. Env. Eng.**, p. 239-248, mar. 1998.

- VON SPERLING, Marcos. **Lagoas de Estabilização**. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1996.
- VON SPERLING, Marvos. **Princípios básicos do tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1996.
- WEILING, Heinz. **Tecnologia practica de la carne: materias primas, procedimientos de despiece y métodos de fabricación de productos cárnicos**. Zaragoza: Acribia, 1973.
- WILLIS, R. Optimal groundwater quality management: well injection of waste waters. **Water Resour. Res.**, v.12, n.1, p.47-53, 1976.
- WILLIS, R. A planning model for the management of groundwater quality. **Water Resour. Res.**, v.15, n.6, p.1305-1312, 1979.
- YAKOWITZ, S. Dynamic programming applications in water resources. **Water Resour. Res.**, v.18, n.4, p.673-696, 1982.
- YANG, P. Y. On-site hybrid anaerobic treatment of particulated poultry wastes. In: BHAMIDIMARRI, Rao. **Alternative waste treatment systems**. Inglaterra: Elsevier, 1988. p. 154-165.
- ZITZ, Miriam M. A questão ambiental atinge as pequenas e micro empresas. **Rev. Meio Ambiente Industrial**, São Paulo, ed. 18, n. 17, p.18-19, mar./abr. 1999.

9. ANEXOS

Anexo 01

Modelo baseado em sistema especialista para gerar alternativas técnico-econômicas para o tratamento de efluentes da indústrias de carnes

Planejamento:

- montagem de um sistema protótipo utilizando metodologias de sistemas especialistas
- problema teste - simulação de um abatedouro de bovinos
- avaliação do problema teste e generalização do problema
- testes adicionais.

Equipe:

- Djalma Dias da Silveira - aluno do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) da Universidade Federal de Santa Catarina
- Profª Rejane Helena Ribeiro da Costa - orientadora, vinculada ao PPGEP/UFSC
- Profº Felipe Martins Müller - co-orientador, vinculado à Universidade Federal de Santa Maria

Dados de entrada:

- tipo de empresa (abatedouro, salsicharia, mista, etc.)
- caracterização da empresa (dados físicos, produção, localização, etc.)
- situação da empresa
- processo

Especialista:

- informações sobre as tecnologias de tratamento de resíduos
- impressões ou opinião sobre a condução de um projeto
- conhecimento sobre o desempenho de tecnologias e/ou conjunto de tecnologias direcionadas à indústria de carnes

Conhecimento base:

- dados e informações armazenadas sobre as tecnologias
- capacidade de projeção e algoritmos sobre os dados disponíveis

Saída(s):

- lista de alternativas (rotas) para o sistema de tratamento dos resíduos da empresa
- eficiência esperada das alternativas
- alternativas em ordem decrescente de custos relativos entre si
- possibilidade de alternativas solicitadas pelo usuário
- alternativas analisadas tecnicamente em relação à espaço físico necessário, inclinação de terreno e à eficiência de remoção da carga orgânica
- possibilidade de análise técnica em relação a outros parâmetros: nutrientes, coliformes, óleos e graxas.

Linguagem utilizada:

C++, para plataforma windows

Dados de entrada:**1 - tipo de empresa (atividade principal):**

1. abatedouro
 - 1.1. bovinos
 - 1.2. suínos
 - 1.3. bovinos e suínos
 - 1.4. aves
2. salsicharia (processamento de carnes)
3. mista (salsicharia e abatedouro)
 - 3.1. abatedouro de bovinos e salsicharia
 - 3.2. abatedouro de suínos e salsicharia
 - 3.3. abatedouro de bovinos, de suínos e salsicharia
 - 3.4. abatedouro de aves e salsicharia

2 - dados físicos

- 2.1. área da empresa
- 2.2. área construída
- 2.3. área a construir (ampliação)
- 2.4. áreas de preservação permanente ou reservadas
- 2.5. áreas disponível para sistema de tratamento (ou reservada)
- 2.6. inclinação do terreno, se diferenciada, a média
- 2.7. informações sobre córregos, rios, riacho, nascentes, etc. na propriedade
 - 2.7.1. largura média do curso d'água
 - 2.7.2. vazão do curso d'água
 - 2.7.3. comprimento do curso d'água na propriedade
 - 2.7.4. distância entre o curso d'água e a empresa
 - 2.7.5. largura média de matas ciliares
- 2.8. áreas reservadas para tráfego e estacionamento.

3 - dados de produção

- 3.1. número de dias de operação semanal
- a) abatedouro
- 3.2. número de dias de abate na semana
 - 3.3. número de animais abatidos diariamente
 - 3.4. frequência de abate na semana
 - 3.5. número de horas destinadas ao abate diário
 - 3.6. tempo médio de espera dos animais para o abate
 - 3.7. distância de currais e pocilgas ao abatedouro
 - 3.8. inclinação média do corredor de acesso ao abatedouro
- b) salsicharia
- 3.9. produção total de embutidos (frescal, cozidos, defumados)
 - 3.10. número de horas de operação diária
 - 3.11. quantidade de matéria-prima desossada
 - 3.12. quantidade de matéria-prima não desossada

4 - informações sobre o sistema gerencial

- 4.1. possui sistema de gestão ambiental (SGA)
- 4.2. implantação de normas ISO 14000, ISO 9000, HACCP, etc.
- 4.3. limites dos principais parâmetros a serem observados nos efluentes

Anexo 02

Planilhas e arquivos utilizados pelo sistema

1. Planilha com as características das tecnologias de tratamento de resíduos líquidos

Conteúdo: arquivo com registros em vetor de 16 posições, possuindo os valores para as posições:

0 - tipo de tratamento:

- 1 - primário;
- 2 - secundário;
- 3 - terciário;
- 4 - secundário e eventualmente primário

1 - tipo de processo:

- 0 - não existe
- 1 - processo anaeróbio
- 2 - processo aeróbio
- 3 - processo físico
- 4 - processo químico

2 - seqüência típica ou especial de usuário:

- 0 - não existe
- 1 - processo anaeróbio seguido por processo aeróbio
- 2 - outra situação (proposta por usuário)
- 3 - idem, 4 - idem, etc.

3 - uso de espaço físico

[0-1] - valor 1 usa espaço físico maior

4 - custo de implantação

[0-1] - valor 1 tem o custo mais elevado

5 - custo de manutenção

[0-1] - valor 1 tem o custo mais elevado

6 - eficiência do equipamento em relação a DBO

[0-1]

7 - eficiência do equipamento em relação a óleos e graxas

[0,1]

8 - eficiência na remoção de nutrientes: Nitrogênio e Fósforo

[0,1]

9 - eficiência na remoção de coliformes (totais):

[0-1]

10 - uso histórico em indústrias de carnes:

[0-1]

11 - possibilidade de uso em série da mesma alternativa:

0 - única;

1 - uma repetição,

2 - duas repetições, etc.

12 - tipo de geometria (na superfície) usada

0 - não definida

1 - circular

2 - retangular

3 - quadrada

4 - oval

13 - principal parâmetro limitante

0 - não existe

1 - carga DBO superficial

- 2 - carga DBO volumétrica
- 3 - tempo de retenção
- 4 - velocidade ascensional
- 5 - velocidade superficial
- 6 - óleos e graxas
- 7 - diâmetro
- 8 - altura
- 9 - comprimento
- 10 - vazão

14 - valor do parâmetro limitante

15 - tempo de vida útil do equipamento (tempo necessário para promover uma limpeza geral ou reforma).

2. Planilha com a lista nominal das tecnologias cadastradas

Arquivo com registro em vetor com 80 posições

3. Planilha de alternativas

Conteúdo: vetor interno ao programa, contendo 12 posições, contendo as informações:

0 - contém o número de tecnologias alocadas à alternativa

1 - 9 - contém o índice (ou posição) relativa no arquivo de cadastro da tecnologia alocada

10 - contém a eficiência esperada calculada para a alternativa correspondente

11 - coluna utilizada para alocar o coeficiente econômico da alternativa

4. Planilha com dados gerais sobre a indústria e equipamentos (tecnologias) utilizados

Conteúdo: registro com três posições, adotando os valores:

Primeira posição: o tipo de dados: 1-9 - tipo de empresa

1. abatedouro de bovinos

2. abatedouro de suínos

3. abatedouro de bovinos e suínos

4. abatedouro de aves

5. salsicharia

6. salsicharia e abatedouro de bovinos

7. salsicharia e abatedouro de suínos

8. salsicharia e abatedouro de bovinos e suínos

9. salsicharia e abatedouro de aves

se o dado se refere a informações sobre tecnologias usar uma tabela para identificar a correspondência de valores:

10 - 30 - tratamento primário

31 - 50 - tratamento secundário

51 - 70 - tratamento terciário

Segunda posição: a variável correspondente ao tipo de dado (identificada em até três dígitos):

DBO, DQO, NIT, FOT, SSE, SSU, CLO, PH, TEM, COL, COT, A, Q

Onde as iniciais identificam a variável com sua simbologia mais significativa:

DBO – demanda biológica de oxigênio

DQO – demanda química de oxigênio

NIT – nitrogênio total

FOT – fósforo total

SSE – sólidos sedimentáveis

SSU – sólidos suspensos

CLO – cloretos

PH – pH (potencial de hidrogênio)

TEM – temperatura

COL – coliformes fecais

COT – coliformes totais

A – área utilizada pelo equipamento (tecnologia, etc.)

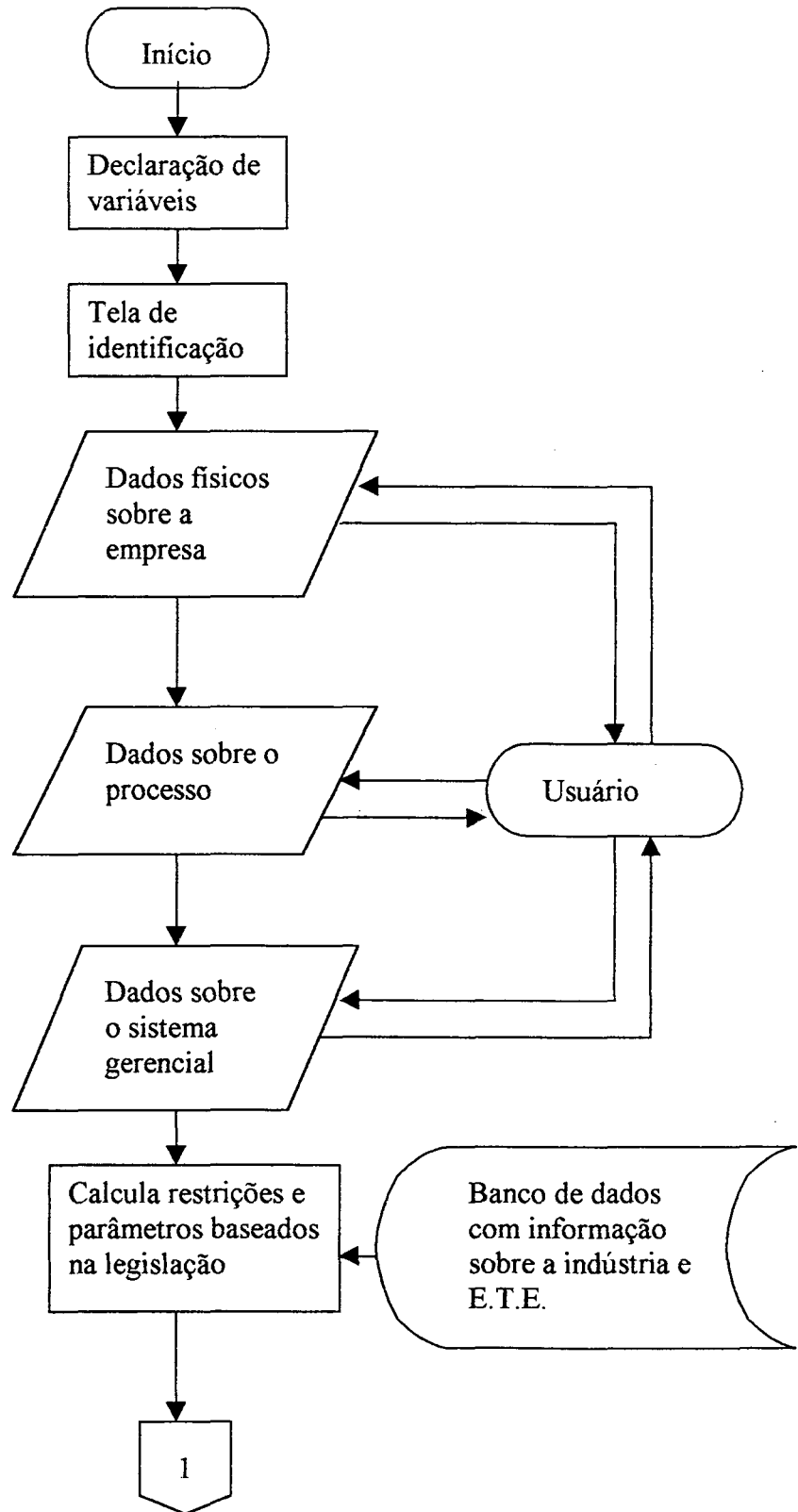
Q – vazão

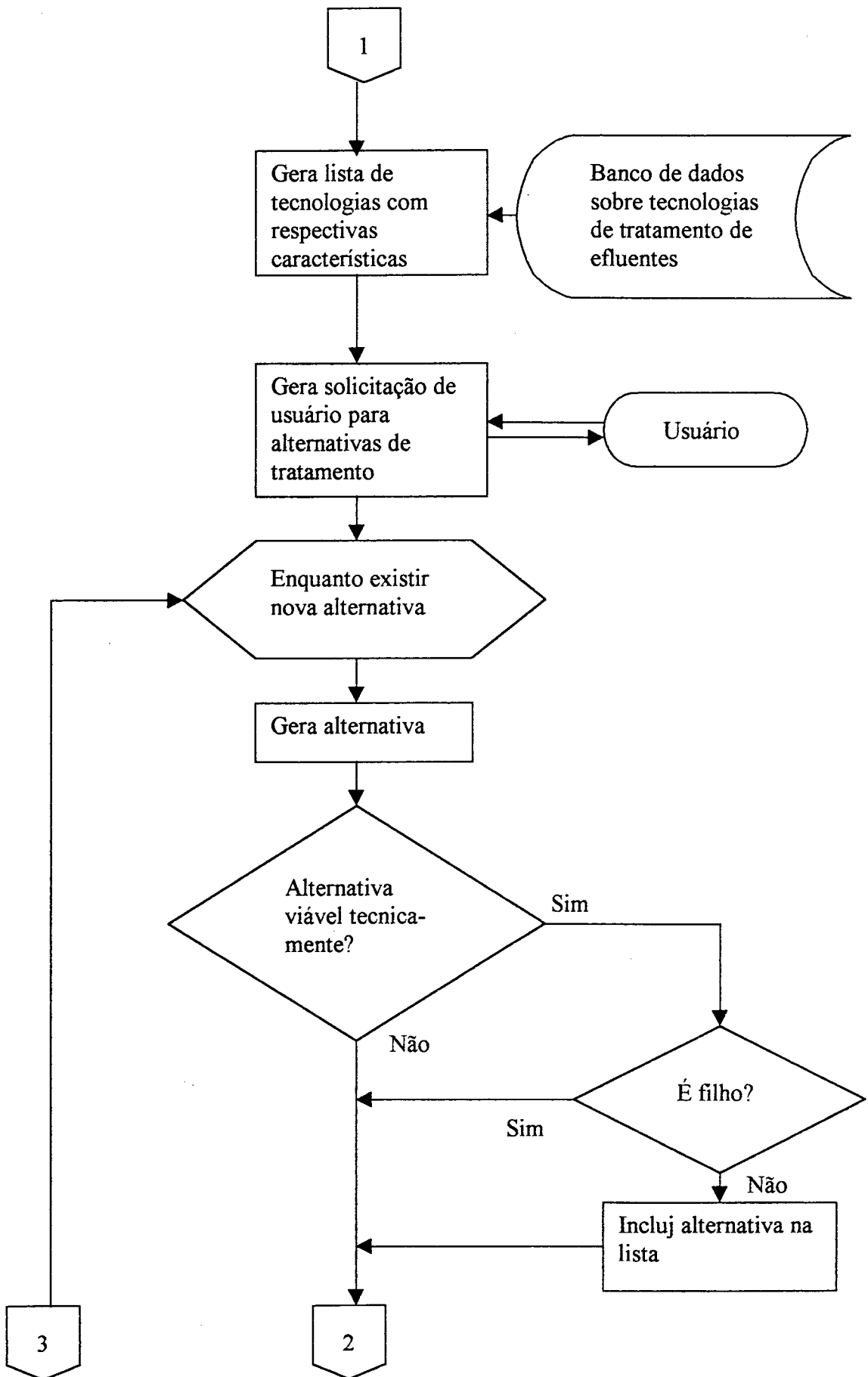
.....

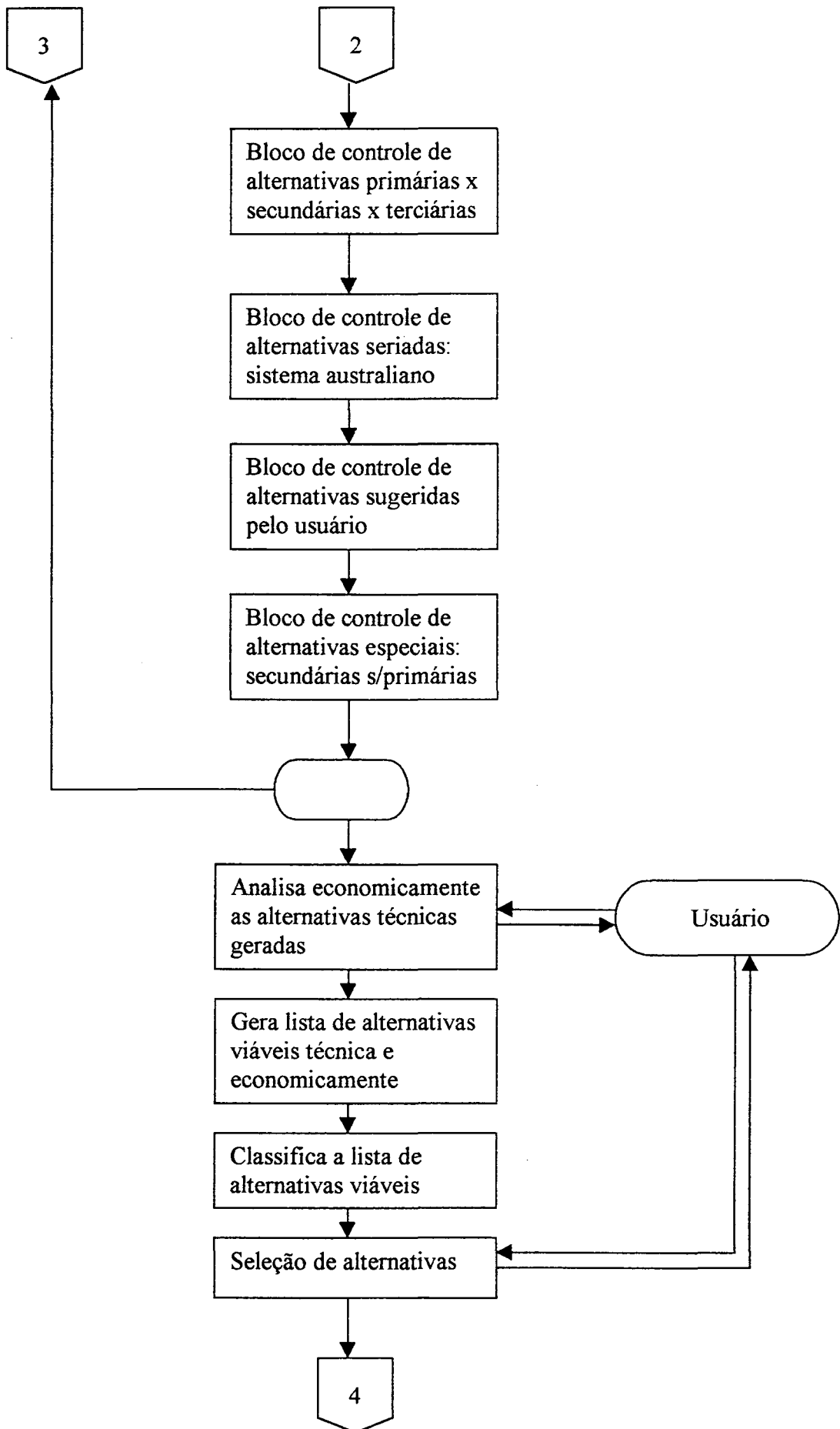
Terceira posição: contém o valor correspondente à identificação dada pelos primeiros dois campos.

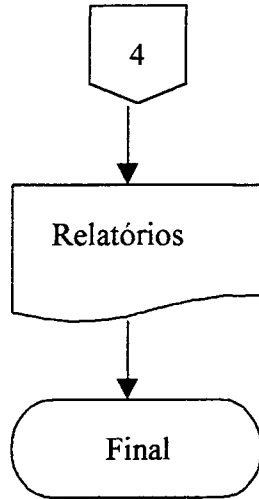
Anexo 03

Diagrama de fluxo do programa GERALT









Anexo 04

Listagem do programa GERALT

```

#include <conio.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>
#include <string.h>
#include <ctype.h>
#include <stddef.h>

char teclastr (char zstr[80]);
char tecla ();
float tecla2();
float dados (int tipdado, char variavel[3], float xmax, float xmin);
float funarea (float ax0, float ax1, float ax2, float ax3, float vazao,
float dboe);
float fator (float taxa, int n_anos);
void borda (int, int, int, int);

/*****
 *      PROGRAMA GERALT
 *      sistema especialista para sistema de
 *      tratamento de efluentes de indústria
 *      de carnes
 *
 *      programa teste
 *
 *****/

char tipo_empr, empr_exis, dig, it, op_cont, op_area, restricao;
float area, area_contr, area_ampli, area_preserv,
      area_sist, inclinacao, area_trafego, area_protec,
      area_estac, area_disp;
float larg_rio, vazao_rio, compr_rio, dist_rio, larg_preserv;
float dist_min, dist_sist;
char str[80], b1, b2, b3, b4, b5, b6, nome_empr[80], marreta;
int i, icont, jcont, lcont, mcont, ncont, kcont;
int n_dias, n_bovinos, n_diasbov, n_suinos, n_diasui, nlinhas_bov,
    num_probl, n_aves, n_diasaves, nlinhas_aves, nhoras_aves;
float dist_curral, nhoras_sui, n_diasal, fdia_sal;
float dist_pocilga, tesp_curral, tesp_pocilga, incl_bov, incl_sui;
float vazao_bov, vazao_sui, pesovivo_bov, pesovivo_sui;
float vazao_bovp, vazao_suip, vazao_salp, vazao_sal, vazaoim;
float carga_bov, carga_sui, carga_sal, dboi, vazaoi, dbof, dboint;
float total_embut, prod_frescal, prod_cozidos, prod_defum,
      matprim_desos, matprim_ndesos, vazao_aves, vazao_avesp, carga_aves;
float nhoras_salsich, pesovivo_aves;
float fincl, fai, fprod, fstress, larg_flor, saldo_area;
float tm_s, nlinhas_sui, fatsui, fprod_s, fadisui, fainclsui;
float fsal, foleos, fdbo_sal, ffre, fcoz, fdef;
float horas_abatebov, fainclbov, fadisbov, fatbov, faqual, tm;
float fp_bov, fp_sui, fq_bov, fq_sui, fdia_sui, fdia_bov;
float lim_dbo, lim_dqo, lim_ss, lim_nitrog, lim_fosforo,
      lim_oleosg, lim_colifs;
int il, ilp, j, l1, l2;
char zlistr[80], lista[50][80], itec, curso_agua, curso_agual;
int primario[20], secundario[20], terciario[20];

```

```

int k, jj, j11, j2, indice, lim1, lim2;
int ik, ikk, ii, ik1, ji;
int altern[300][12];
double altern2[300];
int lcon, mcon, ncon;
char snome[80], ient, chave_usuar;
int iseq, vetlista[40][2];
int lim3, indice2, l3, j3, j4;
float media, zmax, zmin, dbo, dbop, dbo_bov, dbo_sui, dbo_sal;
float areai, dboe, ax0, ax1, ax2, ax3, areag;
char vari[3], ie[2], bruxo;
int idado, li, ia, ial, ia2, ia3;
int vetaux[12], ivet[12];
char filho, exclui;
float carac[50][16], vetor[16], gnet;
char chave, chav_prim, chav_sec, chav_terc, nprim, nsec, nterc;
char chave2, ichave2, iprim, isec, iterc, chave3, ichave3, chave4, ichave4;
int matr[3][4], vetl[20], ic, il, i2, l, nalt, ncomp;
char crit, ole, nut, col, opsc;
double custo1, custo2, custo2l, xmin, imin[40];
double fator1, fator2, custof, fcusto;
float areaf, xx, areamax, fa, fneta, taxa, fatr, fatc, x;
float oleoint, nutrint, colifint, histint, oleosi, nutrin, coliin;
main(void)
{

/* imprime identificacao inicial na tela */

clrscr();
/* desenha a borda em volta da tela */
/* borda (1,1,79,25); */

printf ("\n      Universidade Federal de Santa Catarina \n");
printf ("\n Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção \n \n");
printf ("\n aluno de doutorado: MSc. Djalma Dias da Silveira \n");
printf (" orientadora:          Profa. Dra. Rejane Helena Ribeiro da Costa
\n");
printf (" co-orientador:          Prof. Dr. Felipe Martins Müller \n \n");
printf (" Sistema especialista para sistema de tratamento \n");
printf ("      de efluentes da indústria de carnes \n");
printf ("\n \n      ** programa análise de alternativas ** \n");

printf ("\n \n para continuar digite uma tecla qualquer: ");

getch ();

clrscr ();
/* informações sobre a atividade e a empresa */

printf ("\n Informe o nome da empresa: \n ");
teclastr(nome_empr);
printf ("\n \n a empresa abate bovinos (e/ou bubalinos)? s/n  ");
b1 = tecla();
printf ("\n a empresa abate suínos? s/n  ");
b2 = tecla();
printf ("\n a empresa processa carnes (fabrica embutidos, etc.)? s/n  \n
");
b3 = tecla();
printf ("\n a empresa abate aves (frangos, peru, etc.)? s/n  ");

```



```

                                tipo_empr = '7';
                                }
                                }
                                else if (b3 == 's')
                                    tipo_empr = '4';
if ((b5 == 's') && (tipo_empr != '2'))
{
    printf ("\n este abate adicional deve ser transformado em abate");
    printf ("\n equivalente de suínos e adicionados aos dados a");
    printf ("\n serem solicitados pelo programa.");
    if (tipo_empr == '1')
        tipo_empr = '2';
        else if (tipo_empr == '6')
            tipo_empr = '8';
            else if (tipo_empr == '5')
                tipo_empr = '7';
    }
if (tipo_empr == '0')
{
    printf ("\n erro: não foram informadas características que ");
    printf ("\n identifique a atividade da empresa. O programa será");
    printf ("\n cancelado. Corrija.");
    exit(1);
}

/* nova tela */
clrscr ();

/* informações sobre a empresa e sua área */
printf ("\n a empresa já existe no local? digite s para sim; ");
printf ("\n digite n para empresa nova. ");
    empr_exis = tecla();
printf ("\n \n nas informações a seguir, entre com as áreas ");
printf ("\n em metros quadrados e distâncias em metros");
printf ("\n caso não se aplique, digite zero");

printf ("\n \n informe a área da propriedade: ");
area = tecla2();
printf ("\n informe a área construída: ");
area_contr = tecla2();
printf ("\n informe a área reservada para ampliação: ");
area_ampli = tecla2();
printf ("\n informe área de preservação permanente: ");
area_preserv = tecla2();
printf ("\n informe a área reservada a circulação de ");
printf ("\n veículos (estradas, etc.): ");
area_trafego = tecla2();
printf ("\n informe a área reservada para estacionamento: ");
area_estac = tecla2();
printf ("\n informe a área previamente reservada");
printf ("\n para o sistema de tratamento: ");
area_sist = tecla2();

    /* clrscr (); */
printf ("\n \n informe a inclinação média do terreno ");
printf ("\n em percentagem: ");
inclinacao = tecla2();

/* informações sobre cursos d'água na empresa */

```



```

printf ("\n existem cursos d'água na ");
printf ("\n propriedade? (córrego, riacho, etc.) s/n: ");
dig = tecla();
if (dig == 's')
{
printf ("\n o curso d'água atravessa a propriedade? s/n ");
curso_agua = tecla();
if (curso_agua != 's')
{
printf ("\n o curso d'água atua como um dos limites da");
printf ("\n propriedade? s/n ");
curso_agua = tecla();
}
vazao_rio = 0;
dist_rio = 0;
printf ("\n informe a largura média do curso d'água ");
printf ("\n (em metros): ");
larg_rio = tecla2();
printf ("\n informe o comprimento do curso d'água");
printf ("\n dentro ou junto à propriedade (em metros): ");
compr_rio = tecla2();
printf ("\n informe a vazão aproximada do curso d'água");
printf ("\n (em metros cúbicos/min): ");
vazao_rio = tecla2();
printf ("\n informe a distancia entre o curso d'água");
printf ("\n e a indústria (em metros): ");
dist_rio = tecla2();
printf ("\n informe a largura média da mata junto às");
printf ("\n margens (mata ciliar) do curso d'água");
printf ("\n (em metros): ");
larg_flor = tecla2();
}
else {
larg_rio = 0;
compr_rio = 0;
vazao_rio = 0;
dist_rio = 0;
}
printf ("\n informe o número de dias de operação da");
printf ("\n empresa por semana: ");
n_dias = tecla2();

/* entrada de dados referente a abatedouro */

/* clrscr (); */

it = tipo_empr;
faqual = 1.0;

if ((it == '1') || (it == '3') || (it == '6') || (it == '8'))
{
/* le dados de abatedouro de bovinos */
printf ("\n \n informe o número de dias em que ocorrem abates");
printf ("\n de bovinos na semana: ");
n_diasbov = tecla2();
printf ("\n informe o número de bovinos a abater");
printf ("\n diariamente: ");
n_bovinos = tecla2();
printf ("\n informe o num. de horas destinadas ao ");
printf ("\n abate diario: ");
}

```

```

horas_abatebov = tecla2();
nlinhas_bov = 1;
printf ("\n informe o número de linhas de abate: ");
nlinhas_bov = tecla2();

printf ("\n a empresa utiliza abate de animais baseado em ");
printf ("\n golpe manual (marreta ou equivalente)? s/n ");
marreta = tecla();
if (marreta == 's')
    faqual = faqual * 1.1; /* fator de correção da qualidade da matança */
else
    {
        printf ("\n caso contrário, a empresa utiliza sistema");
        printf ("\n mais moderno (dardo cativo ou outro)? s/n ");
        marreta = tecla();
        if (marreta == 's')
            faqual = faqual * 1.0;
        else faqual = 1.1;
    }

printf ("\n \n o peso médio estimado para os bovinos é de 500 kg, ");
printf ("\n considerando peso vivo. Existe necessidade de ");
printf ("\n correção (caso de bubalino)? s/n: ");

dig = tecla();
if (dig == 's')
    {
        printf ("\n informe o peso correto: ");
        pesovivo_bov = tecla2();
    }
else pesovivo_bov = 500;

printf ("\n o consumo médio de água por bovino abatido ");
printf ("\n estimado é de 1.000 litros/bovino. Existe ");
printf ("\n necessidade de correção? s/n: ");

dig = tecla();
if (dig == 's')
    {
        printf ("\n entre com a vazão correta: ");
        vazao_bov = tecla2();
    }
else vazao_bov = 1000;
tesp_curral = 0;
dist_curral = 0;
incl_bov = 0;
printf ("\n informe o tempo médio de espera nos currais ");
printf ("\n (em horas): ");
tesp_curral = tecla2();
printf ("\n informe a distância entre o curral e o ");
printf ("\n abate (em metros): ");
dist_curral = tecla2();
printf ("\n informe a inclinação da rampa de acesso ao abate ");
printf ("\n em percentagem: ");
incl_bov = tecla2();

/* calcula fatores de correção para parâmetros */
x = n_dias;
fdia_bov = n_diasbov/x;
fq_bov = vazao_bov/1000;
fp_bov = pesovivo_bov/500;

```

```

tm= ((horas_abatebov*60 - 42)/n_bovinos)*nlinhas_bov;
fprod = 1.0; /* fator de correção do tempo de sangria */
if (fprod >= 3.0);
else fprod = 1.1;
if (tesp_curral < 12) /* fator de correção do tempo de espera no curral
*/
    fatbov = 1.1;
else fatbov = 1.0;
if (dist_curral < 80) /* fator de correção da distância do curral */
    fadisbov = 1.0;
else if (dist_curral < 120)
    fadisbov = 1.1;
else fadisbov = 1.15;
if (incl_bov < 10) /* fator correção da inclinação da rampa da
matança */
    fainclbov = 1.0;
else if (incl_bov < 20)
    fainclbov = 1.1;
else if (incl_bov < 25)
    fainclbov = 1.15;
else fainclbov = 0.;
}
if ((it == '2') || (it == '3') || (it == '7') || (it == '8'))
{
/* le dados de abatedouro de suínos */

printf ("\n informe o número de dias em que ocorrem abates");
printf ("\n de suínos na semana: ");
n_diasui = tecla2();
printf ("\n informe o número de suínos a abater diariamente: ");
n_suínos = tecla2();
printf ("\n a empresa utiliza abate de animais baseado em ");
printf ("\n insensibilização elétrica (choque ou equivalente");
printf ("\n ou insensibilização por gás (CO2 ou outro)? s/n ");
marreta = tecla();
if (marreta == 's')
    faqual = faqual * 1.0; /* fator de correção da qualidade da matança */
else
{
    printf ("\n caso contrário, a empresa utiliza sistema");
    printf ("\n mais antigo (marreta ou outro)? s/n ");
    marreta = tecla();
    if (marreta == 's')
        faqual = 1.1;
    else faqual = faqual * 1.0;
}
}

printf ("\n o peso médio estimado para os suínos é de 90 kg, ");
printf ("\n considerando peso vivo. Existe necessidade de ");
printf ("\n correção? s/n: ");
dig = tecla();
if (dig == 's')
{
    printf ("\n informe o peso correto: ");
    pesovivo_sui = tecla2();
}
else pesovivo_sui = 90;
printf ("\n informe o número de horas para o abate diário: ");
nhoras_sui = tecla2();

```

```

printf ("\n informe o número de linhas (entrada) para o");
printf ("\n  abate de suínos:  ");
nlinhas_sui = tecla2();

printf ("\n o consumo médio de água por suíno abatido ");
printf ("\n  estimado é de 500 litros/suíno. Existe ");
printf ("\n  necessidade de correção? s/n: ");

dig = tecla();
if (dig == 's')
{
    printf ("\n entre com a vazão correta (em litros/suíno): ");
    vazao_sui = tecla2();
}
else vazao_sui = 500;
printf ("\n informe o tempo médio de espera nas pocilgas (em horas): \n
");
tesp_pocilga = tecla2();
printf ("\n informe a distância da pocilga ao abate (em metros): \n
");
dist_pocilga = tecla2();
printf ("\n informe a inclinação da rampa de acesso ao abate ");
printf ("\n  (em percentagem):  ");
incl_sui = tecla2();

    /* calcula fatores de correção para parâmetros */
x = n_dias;
fdia_sui = n_diasui/x;
fq_sui = vazao_sui/500;
fp_sui = pesovivo_sui/90;
tm_s = ((nhoras_sui*60 - 42)/n_suinos)*nlinhas_sui;
fprod_s = 1.0; /* fator de correção do tempo de sangria */
if (tm_s > 3.0)
    fprod_s = 1.0;
    else fprod_s = 1.1;
if (tesp_pocilga < 3) /* fator de correção do tempo de espera no curral
*/
    fatsui = 1.1;
    else if (tesp_pocilga > 4)
        fatsui = 1.1;
        else fatsui = 1.0;
if (dist_pocilga < 40) /* fator de correção da distância do curral */
    fadisui = 1.0;
    else if (dist_pocilga < 80)
        fadisui = 1.1;
        else fadisui = 1.15;
if (incl_sui < 10) /* fator correção da inclinação da rampa da
matança */
    fainclsui = 1.0;
    else if (incl_sui < 20)
        fainclsui = 1.1;
        else if (incl_sui < 25)
            fainclsui = 1.15;
            else fainclsui = 0.;
}
if ((it == '4') || (it == '9'))
{
    printf ("\n \n Observação: os dados para abate de aves não estão");
    printf ("\n  cadastrados. O programa será abortado até correção.");
}

```

```

    exit (1);
/* le dados de abatedouro de aves */
printf ("\n informe o número de dias em que ocorrem abates");
printf ("\n de aves na semana: ");
n_diasaves = tecla2();
printf ("\n informe o número de aves a abater diariamente: ");
n_aves = tecla2();
printf ("\n o peso médio estimado para as aves é de 3,0 kg, ");
printf ("\n considerando peso vivo. Existe necessidade de ");
printf ("\n correção? s/n: ");

dig = tecla();
if (dig == 's')
    {
        printf ("\n informe o peso correto: ");
        pesovivo_aves = tecla2();
    }
    else pesovivo_aves = 3.0;
printf ("\n informe o número de horas para o abate diário: ");
nhoras_aves = tecla2();

printf ("\n informe o número de linhas (entrada) para o");
printf ("\n abate de aves: ");
nlinhas_aves = tecla2();

printf ("\n o consumo médio de água por ave abatida ");
printf ("\n estimado é de 26 litros/ave. Existe ");
printf ("\n necessidade de correção? s/n: ");

dig = tecla();
if (dig == 's')
    {
        printf ("\n entre com a vazão correta (em litros/suíno): ");
        vazao_aves = tecla2();
    }
    else vazao_aves = 26;
}

if ((it == '5') || (it == '6') || (it == '7') || (it == '8') ||
    (it == '9'))
    {
/* le dados de salsicharia */
printf ("\n informe o número de dias em que ocorre ");
printf ("\n processamento de carnes na semana: ");
n_diasal = tecla2();
printf ("\n informe a produção total de");
printf ("\n embutidos (ton/mês): ");
total_embut = tecla2();
printf ("\n informe a produção de embutidos");
printf ("\n tipo frescal (ton/mês): ");
prod_frescal = tecla2();
printf ("\n informe a produção de embutidos");
printf ("\n tipo cozidos (ton/mês): ");
prod_cozidos = tecla2();
printf ("\n informe a produção de embutidos");
printf ("\n tipo defumados (ton/mês): ");
prod_defum = tecla2();
printf ("\n informe o número de horas de");
printf ("\n operação diária: ");
nhoras_salsich = tecla2();

```

```

printf ("\n informe a quantidade de matéria-prima");
printf ("\n      desossada (em ton/mês):  ");
matprim_desos = tecla2();
printf ("\n informe a quantidade de matéria-prima");
printf ("\n      não desossada (em ton/mês):  ");
matprim_ndesos = tecla2();
vazao_sal = 6700 * total_embut/20;
x = n_dias;
fdia_sal = n_diasal/x;
if (prod_frescal > 0)
    ffre = prod_frescal/total_embut;
    else ffre = 1;
if (prod_cozidos > 0)
    fcoz = prod_cozidos/total_embut;
    else fcoz = 1;
if (prod_defum > 0)
    fdef = prod_defum/total_embut;
    else fcoz = 1;
fsal = 1.0;
fdbo_sal = 1.0;
foleos = 1.0;
if (ffre > 0.8)
    fsal = 1.0;
    else
    {
        if (fcoz > 0.5)
            fsal = fsal * 1.1;
        else if (fcoz > 0.3)
            fsal = fsal * 1.2;
        if (fdef > 0.5)
            fsal = fsal * 1.1;
        else if (fdef > 0.3)
            fsal = fsal * 1.2;
        foleos = 1.2;
        fdbo_sal = 1.1;
    }
if (matprim_desos > matprim_ndesos)
    fsal = fsal * 1.0;
    else fsal = fsal * 1.1;
}

/* lê dados sobre o sistema gerencial */
{
    printf ("\n a empresa possui ou está implantando sistema");
    printf ("\n de qualidade tipo HACCP, APPCC, ISO 9000, ");
    printf ("\n ISO 14000, em forma plena ou parcial? s/n ");
    dig = tecla();
    if (dig == 's')
        faqual = faqual * 1.0;
        else faqual = faqual * 1.1;
}

/* verifica a compatibilidade de áreas e inclinação */
compatibilidade_area:
{
    if (inclinacao > 45)
    {
        printf ("\n ** atencao ** a inclinação do terreno é considerada");
        printf ("\n de preservação permanente segundo a legislação");
        printf ("\n florestal.");
        restricao = '1';
    }
}

```

```

    fincl = 0;
}
else
{
    if (inclinacao <10)
        fincl = 1.0;
    else if (inclinacao <20)
        fincl = 0.5;
    else if (inclinacao <30)
        fincl = 0.3;
    else if (inclinacao < 45)
        fincl = 0.1;
    else fincl = 0;
}
larg_preserv = 0;
/* printf (" \n \n largura do rio = %f",larg_rio); */
if (larg_rio > 0)
{
    if (larg_rio < 10)
        larg_preserv = 30;
    else if (larg_rio < 50)
        larg_preserv = 50;
    else if (larg_rio < 200)
        larg_preserv = 100;
    else if (larg_rio < 600)
        larg_preserv = 200;
    else larg_preserv = 500;
}
if (larg_flor > 0)
    if (larg_flor < larg_preserv)
        larg_preserv = larg_flor;
if (curso_agua == 's')
    area_protec = compr_rio * (larg_preserv * 2 + larg_rio);
else if (curso_agual == 's')
    area_protec = compr_rio * larg_preserv;
else area_protec = 0;
/* calcula a área disponível para sistema de tratamento */
area_disp = area - (area_contr + area_ampli + area_preserv +
    area_trafego + area_estac + area_protec);

if (area_sist == 0)
    area_sist = area_disp;

if (area_disp > 0)
{
    if (area_disp >= area_sist)
        area_disp = area_sist;
    saldo_area = area_disp/10000;
    if (saldo_area < 0.1)
        fai = 0.1;
    else if (saldo_area < 0.5)
        fai = 0.2;
    else if (saldo_area < 1.0)
        fai = 0.5;
    else if (saldo_area < 3)
        fai = 0.7;
    else fai = 1;
}

if (area_disp < 0)

```

```

{
    /* a area disponível para a ETE possui problemas */
    restricao = '2';
}
if (area_disp < area_sist)
{
    /*
        a área calculada é menor que a área reservada ao sistema
de tratamento,"");
        as alternativas com maior área serão excluídas
        é conveniente revisar a topografia local */
    restricao = '3';
}

}
/* módulo de montagem das restrições iniciais */

if ((it == '1') || (it == '3') || (it == '6') || (it == '8'))
{
    ie[0] = '1';
    ie[1] = '\0'; /* coloca final do string */
    idado = atoi(ie);
    strcpy(vari,"DBO");
    /* chama a função dados para gerar a DBO média
        onde idado é o tipo de empresa;
        vari é a variável de busca;
        zmax é o valor máximo encontrado;
        zmin é o valor mínimo encontrado; */
    dbop = dados (idado, vari, zmax, zmin);

    dbo_bov = dbop * fprod * fatbov * fadisbov * fainclbov * faqual *
fp_bov;

    /* chama a função dados para gerar a vazão média */
    vazao_bovp = 0.;
    strcpy(vari,"Q");
    vazao_bovp = dados (idado, vari, zmax, zmin);
    if (vazao_bovp == 0)
        vazao_bovp = 1000.;
    else if (vazao_bovp > 1000)
        vazao_bovp = 1000;
    vazao_bov = fdia_bov * fq_bov * (vazao_bovp + vazao_bov)/2;
    carga_bov = dbo_bov * vazao_bov * n_bovinos;

    if ((it == '3') || (it == '8'))
    {
        ie[0] = '2';
        idado = atoi(ie);
        strcpy(vari,"DBO");
        dbop = dados (idado, vari, zmax, zmin);

        dbo_sui = dbop * fprod_s * fatsui * fadisui * fainclsui * faqual *
fp_sui;
        strcpy(vari,"Q");
        vazao_suip = dados (idado, vari, zmax, zmin);
        if (vazao_suip == 0)
            vazao_suip = 500;
        if (vazao_suip > 500)
            vazao_suip = 500;
    }
}

```



```

vazao_sui = fdia_sui * fq_sui * (vazao_sui + vazao_sui)/2;
carga_sui = dbo_sui * vazao_sui * n_suiños;
}

if ((it == '6') || (it == '8'))
{
    ie[0] = '5';
    idado = atoi(ie);
    strcpy(vari,"DBO");
    dbop = dados (idado, vari, zmax, zmin);
    if (dbop == 0)
        dbop = 1400;
    dbo_sal = dbop * fdbo_sal * fsal * fprod;
    strcpy(vari,"Q");
    vazao_salp = dados (idado, vari, zmax, zmin);
    if (vazao_salp == 0)
        vazao_salp = 6700 * total_embut/20;
    vazao_sal = fdia_sal * (vazao_salp + vazao_sal)/2;
    carga_sal = dbo_sal * vazao_sal ;
}

if (it == '1')
{
    dboi = dbo_bov;
    vazaoi = vazao_bov * n_bovinos;
}
else if (it == '3')
{
    vazaoi = vazao_bov * n_bovinos + vazao_sui * n_suiños;
    dboi = (carga_bov + carga_sui)/vazaoi;
    ie[0] = '3';
    idado = atoi(ie);
    strcpy(vari,"DBO");
    dbop = dados (idado, vari, zmax, zmin);
    if (dbop > 0)
        dboi = (dboi + dbop)/2;
}
else if (it == '6')
{
    vazaoi = vazao_bov * n_bovinos + vazao_sal;
    dboi = (carga_bov + carga_sal)/vazaoi;
    ie[0] = '6';
    idado = atoi(ie);
    strcpy(vari,"DBO");
    dbop = dados (idado, vari, zmax, zmin);
    if (dbop > 0)
        dboi = (dboi + dbop)/2;
}

else if (it == '8')
{
    vazaoi = vazao_bov * n_bovinos + vazao_sui *
        n_suiños + vazao_sal;
    dboi = (carga_bov + carga_sui +
carga_sal)/vazaoi;
    ie[0] = '8';
    idado = atoi(ie);
    strcpy(vari,"DBO");
    dbop = dados (idado, vari, zmax, zmin);
    if (dbop > 0)
        dboi = (dboi + dbop)/2;
}

```

```

    }
}
if ((it == '2') || (it == '7'))
{
    ie[0] = '2';
    idado = atoi(ie);
    strcpy(vari,"DBO");
    dbop = dados (idado, vari, zmax, zmin);
    dbo_sui = dbop * fprod_s * fatsui * fadisui * fainclsui * faqual *
fp_sui;
    strcpy(vari,"Q");
    vazao_suip = dados (idado, vari, zmax, zmin);
    if (vazao_suip == 0)
        vazao_suip = 500;
    vazao_sui = fdia_sui * fq_sui * (vazao_suip + vazao_sui)/2;
    carga_sui = dbo_sui * vazao_sui * n_suinos;

    if (it == '7')
    {
        ie[0] = '5';
        idado = atoi(ie);
        strcpy(vari,"DBO");
        dbop = dados (idado, vari, zmax, zmin);
        if (dbop == 0)
            dbop = 2000;
        dbo_sal = dbop * fdbo_sal * fsal;
        strcpy(vari,"Q");
        vazao_salp = dados (idado, vari, zmax, zmin);
        if (vazao_salp == 0)
            vazao_salp = 6700 * total_embut/20;
        vazao_sal = (vazao_salp + vazao_sal)/2;
        carga_sal = dbo_sal * vazao_sal * total_embut/20;
    }
    if (it == '2')
    {
        vazaoi = vazao_sui * n_suinos;
        dboi = carga_sui/vazaoi;
    }
    else
    {
        vazaoi = vazao_sui * n_suinos + vazao_sal * total_embut/20;
        dboi = (carga_sui + carga_sal)/vazaoi;
        ie[0] = '7';
        idado = atoi(ie);
        strcpy(vari,"DBO");
        dbop = dados (idado, vari, zmax, zmin);
        if (dbop > 0)
            dboi = (dboi + dbop)/2;
    }
}
if (it == '5')
{
    ie[0] = '5';
    idado = atoi(ie);
    strcpy(vari,"DBO");
    dbop = dados (idado, vari, zmax, zmin);
    /* dbo_sal = dbop * f */
    dbo_sal = dbop * faqual;
    strcpy(vari,"Q");
    vazao_salp = dados (idado, vari, zmax, zmin);

```

```

if (vazao_salp == 0)
  vazao_salp = 6700 * total_embut/20;
vazao_sal = (vazao_salp + vazao_sal)/2;
carga_sal = dbo_sal * vazao_sal * total_embut/20;
vazaoi = vazao_sal ;
dboi = carga_sal/vazaoi;
}

if ((it == '4') || (it == '9'))
{
  /* calcula DBO e Vazão para abate de aves
    ou abate de aves c/salsicharia */

}

  /* busca limites de óleos e graxas */
ie[0] = it;
idado = atoi(ie);
strcpy(vari,"O&G");
oleosi = dados (idado, vari, zmax, zmin);
if (oleosi == 0)
  oleosi = 479.6;
if (oleosi > 500)
  oleosi = 479.6;

  /* busca limites de nutrientes - base de nitrogênio total */
strcpy(vari,"NIT");
nutrin = dados (idado, vari, zmax, zmin);
if (nutrin == 0)
  if (it == '1')
    nutrin = 162.8;
  else if (it == '2')
    nutrin = 168.5;
  else if (it == '5')
    nutrin = 44.8;
  else if (it == '4')
    nutrin = 89.1;
  else nutrin = 165.7;
if (nutrin > 200)
  nutrin = 165.7;
  /* busca limites para coliformes totais */
strcpy(vari,"COL");
coliin = dados (idado, vari, zmax, zmin);
if (coliin == 0)
  if (it == '5')
    coliin = 1.0e8;
  else if (coliin == '4')
    coliin = 4.0e7;
  else coliin = 2.0e8;

  /* calcula os limites da legislação */

/* limites da resolução CONAMA 020/86 - para águas classe 3
  limites do decreto 14.250 de 05/06/81 do Estado de SC
  limites da resolução 05/89 da Secr. Meio Ambiente do Estado do RS */

lim_nitrog = 10;
lim_fosforo = 1;

```

```

lim_oleosg = 30;
lim_colifs = 4000; /* limite resol. conama - águas classe 3 */

printf ("\n São realizadas análises do rendimento em relação à ");
printf ("\n carga orgânica e ao espaço físico (área). Deseja");
printf ("\n realizar outro parâmetro? s/n  ");
dig = tecla();
if (dig == 's')
{
    printf ("\n deseja analisar o rendimento em relação à remoção de");
    printf ("\n nutrientes? s/n  ");
    nut = tecla();
    printf ("\n deseja analisar o rendimento em relação à remoção de");
    printf ("\n coliformes fecais e totais? s/n  ");
    col = tecla();
    printf ("\n deseja analisar o rendimento em relação à remoção de");
    printf ("\n óleos e graxas (gorduras)? s/n  ");
    ole = tecla();
}

/* verificar limite de 80% da carga se ultrapassar 60 mg/l de DBO5 */

printf ("\n Existem regiões onde é aceita uma eficiência na remoção");
printf ("\n de até 80%% da carga poluidora, se o limite de 60 mg/l");
printf ("\n de DBO5 for ultrapassado. Deseja utilizar esta opção?");
printf ("\n s/n  ");
opsc = tecla();

/* limites segundo a legislação do RS */
vazaoim = vazaoi/1000; /* transforma para metros cúbicos */
if (empr_exis == 's')
{
    if (vazaoim <= 20)
    {
        lim_dbo = 200;
        lim_dqo = 450;
        lim_ss = 200;
    }
    else if (vazaoim <= 200)
    {
        lim_dbo = 150;
        lim_dqo = 450;
        lim_ss = 150;
    }
    else if (vazaoim <= 1000)
    {
        lim_dbo = 120;
        lim_dqo = 360;
        lim_ss = 120;
    }
    else if (vazaoim <= 2000)
    {
        lim_dbo = 80;
        lim_dqo = 240;
        lim_ss = 80;
    }
    else if (vazaoim <= 10000)
    {
        lim_dbo = 60;
    }
}

```

```

        lim_dqo = 200;
        lim_ss = 70;
    }
    else {
        lim_dbo = 40;
        lim_dqo = 160;
        lim_ss = 50;
    }
}
else {
    if (vazaoim <= 200)
    {
        lim_dbo = 120;
        lim_dqo = 360;
        lim_ss = 120;
    }
    else if (vazaoim <= 1000)
    {
        lim_dbo = 80;
        lim_dqo = 240;
        lim_ss = 80;
    }
    else if (vazaoim <= 2000)
    {
        lim_dbo = 60;
        lim_dqo = 200;
        lim_ss = 70;
    }
    else if (vazaoim <= 10000)
    {
        lim_dbo = 40;
        lim_dqo = 160;
        lim_ss = 50;
    }
    else {
        lim_dbo = 20;
        lim_dqo = 100;
        lim_ss = 40;
    }
}

/* calcula a área extrema como base para o cálculo das áreas
   individuais das tecnologias em função dos coeficientes
   de área e de metade do limite de DBO para efluentes */
if (lim_dbo >= 120)
    areamax = vazaoi * (dboi - 60) * 0.055/1000;
else areamax = vazaoi * (dboi - lim_dbo/2) * 0.055/1000;
areamax = areamax/2;
if (areamax > area_disp)
    areamax = area_disp * .9;

/* módulo de leitura da lista de características em arquivo */
FILE *fp;
if ((fp=fopen("caracter","rb")) == NULL)
{
    printf ("\n o arquivo com matriz de características não foi encontrado
\n");
    exit (1);
}

```

i = -1;

- /* posições no vetor:
- 0 - tipo de tratamento:
 - 1 - primário;
 - 2 - secundário;
 - 3 - terciário;
 - 4 - secundário e eventualmente primário

 - 1 - tipo de processo:
 - 0 - não existe
 - 1 - processo anaeróbio
 - 2 - processo aeróbio
 - 3 - processo físico
 - 4 - processo químico

 - 2 - sequência típica ou especial de usuário:
 - 0 - não existe
 - 1 - processo anaeróbio seguido por processo aeróbio
 - 2 - outra situação (proposta por usuário)
 - 3 - idem, 4 - idem, etc.

 - 3 - uso de espaço físico
 - [0-1] - valor 1 usa espaço físico maior

 - 4 - custo de implantação
 - [0-1] - valor 1 tem o custo mais elevado

 - 5 - custo de manutenção
 - [0-1] - valor 1 tem o custo mais elevado

 - 6 - eficiência do equipamento em relação a DBO
 - [0-1]

 - 7 - eficiência do equipamento em relação a óleos e graxas
 - [0,1]

 - 8 - eficiência na remoção de nutrientes: Nitrogênio e Fósforo
 - [0,1]

 - 9 - eficiência na remoção de coliformes: fecais e totais
 - [0-1]

 - 10 - uso histórico em indústria de carnes: [0-1]

 - 11 - possibilidade de uso em série da mesma alternativa:
 - 0 - única;
 - 1 - uma repetição,
 - 2 - duas repetições, etc.

 - 12 - tipo de geometria usada
 - 0 - não existe
 - 1 - circular
 - 2 - retangular
 - 3 - quadrada
 - 4 - oval

 - 13 - principal parâmetro limitante
 - 0 - não existe
 - 1 - carga DBO superficial
 - 2 - carga DBO volumétrica

```

        3 - tempo de retenção
        4 - velocidade ascensional
        5 - velocidade superficial
        6 - óleos e graxas
        7 - diâmetro
        8 - altura
        9 - comprimento
        10 - vazão

    14 - valor do parâmetro

    */

for ( j = 0; j < 16; ++j)
    vetor[j] = 0;

do
{
    if (fread(vetor,sizeof(vetor),1,fp) != 1)
    /* if (fread(vetor,60,1,fp) != 1) */
    {
        if (!feof(fp))
            printf ("\n erro na leitura do arquivo com matriz de
características \n");
    }
    else
    {
        ++i;
        for (j = 0; j < 16; ++j)
            carac[i][j] = vetor[j];
    }
} while ( !feof(fp));

fclose (fp);

printf ("\n num. de registros lidos matriz de caracteristicas = %d ",i+1);
/* icont: contador de registros de características */
icont = i+1;
FILE *gp;
if ((gp=fopen("alternat","rt")) == NULL)
{
    printf ("\n o arquivo com lista de alternativas não foi encontrado \n");
    exit (1);
}
i = -1;
do
{
    if (fread(snome, sizeof(snome),1,gp) != 1)
    {
        if (!feof(fp))
            printf ("\n erro na leitura do arquivo com lista de alternativas");
    }
    else
    {
        ++i;
        for (j = 0; j < 80; ++j)
            lista[i][j] = snome[j];
    }
} while ( !feof(gp));
printf ("\n num. de registros lidos lista de alternativas = %d ",(i+1));

```

```

        /* jcont: contador do registros de alternativas */
    jcont = i+1;
    fclose (gp);
    if (icont <= 1)
    {
        printf ("\n ** atenção: os arquivos de características estão com");
        printf ("\n          registros nulos ou sem registros. Verifique");
    }
    if (icont != jcont)
    {
        printf ("\n ** erro na leitura de arquivos: o num. de registros");
        printf ("\n    de tecnologias difere do num. de registros das");
        printf ("\n    respectivas características. Verifique. Será");
        printf ("\n    adotado o num. de características.");
    }

    /* módulo para incluir/alterar características de uma alternativa */

    printf ("\n se desejar incluir/alterar alguma característica,");
    printf ("\n    deve-se utilizar o programa de alteração de ");
    printf ("\n    características.");

    /* módulo para montar as alternativas para processamento */

        /* etapa de montagem das tecnologias */
    lcont = -1;
    mcont = -1;
    ncont = -1;
    kcont = -1;

    for (i=0; i< icont; ++i)
        if (carac[i][0] == 1)
            {
                ++lcont;
                primario[lcont] = i;
            }
        else if ((carac[i][0] == 2) || (carac[i][0] == 4))
            {
                ++mcont;
                secundario[mcont] = i;
                if (carac[i][0] == 4)
                    {
                        ++kcont;
                        vetl[kcont] = i;
                    }
            }
        else if (carac[i][0] == 3)
            {
                ++ncont;
                terciario[ncont]=i;
            }
    printf ("\n num de tecnol. primarias = %d", lcont+1);
    printf ("\n num de tecnol. secundarias = %d", mcont+1);
    printf ("\n num de tecnol. terciarias = %d", ncont+1);

    printf ("\n \n para continuar, digite uma tecla qualquer: ");
    getch();
    /*
        módulo para introduzir sequência de usuário */

```



```

clrscr();
printf ("\n As alternativas analisadas são sequências de");
printf ("\n  tecnologias primárias x secundárias x terciárias");
printf ("\n Podem opcionalmente serem incluídas sequências de");
printf ("\n  usuário dentro da mesma classe. Exemplificando-se:");
printf ("\n  lagoa anaeróbia (secundária) x lagoa facultativa");
printf ("\n  (secundária) - sistema australiano - já incluído.");
printf ("\n Existe necessidade de incluir uma ou mais sequências");
printf ("\n  de alternativas? (s/n) \n");
dig = tecla ();
chave_usuar = '0';
if (dig == 's')
{
  chave_usuar = '1';
  iseq = -1;
  getchar();
  while (dig == 's')
  {
    printf ("\n entre com o nome da 1a. alternativa na sequência: \n");
    teclastr(snome);
    ient = '0';
    for (j = 0; j <= lcont; ++j)
    {
      l2 = primario[j];
      for (i = 0; i < 80; ++i)
        zlistr[i] = lista[l2][i];
      l1 = strcmp(snome,zlistr);
      if (l1 == 0)
      {
        ient = '1';
        ++iseq;
        vetlista[iseq][0] = l2;
        break;
      }
    }
    if (ient == '0')
    {
      for (j = 0; j <= mcont; ++j)
      {
        l2 = secundario[j];
        for (i = 0; i < 80; ++i)
          zlistr[i] = lista[l2][i];
        l1 = strcmp(snome,zlistr);
        if (l1 == 0)
        {
          ient = '1';
          ++iseq;
          vetlista[iseq][0] = l2;
          break;
        }
      }
      if (ient == '0')
      {
        for (j = 0; j <= ncont; ++j)
        {
          l2 = terciario[j];
          for (i = 0; i < 80; ++i)
            zlistr[i] = lista[l2][i];
          l1 = strcmp(snome,zlistr);
          if (l1 == 0)
          {

```



```

                break;
            }
        }
    }
    if (ient == '0')
    {
        iseq = iseq - 1;
        printf ("\n A tecnologia digitada não está cadastrada");
        printf ("\n está incorreta.");
        printf ("\n verifique o cadastro de alternativas.");
        printf ("\n Esta entrada será desconsiderada");
    }
}

printf ("\n deseja incluir outra sequência de alternativas? (s/n)");
dig = tecla();
if (iseq >= 20)
{
    dig = 'n';
    printf ("\n não é possível entrar com novas sequências.");
}
}

/* montagem da lista de alternativas */
k=-1;
/* inicialização antes do laço */

matr[0][0] = 0;
j = primario[0];
chav_prim = '0';
chav_sec = '1';
chav_terc = '1';
matr[0][1] = carac[j][11];
matr[0][2] = lcont;
matr[1][0] = 0;
j = secundario[0];
matr[1][1] = carac[j][11];
matr[1][2] = mcont;
matr[2][0] = 0;
j = terciario[0];
matr[2][1] = carac[j][11];
matr[2][2] = ncont;
for (il = 0; il < 12; ++il)
{
    ivet[il] = 0;
    vetaux[il] = 0;
}
chave = '1'; /* controla sequencias de alternativas normais */
chave2 = '0'; /* controla sequencias do sistema australiano */
ichave2 = '0';
chave3 = '0'; /* controla sequencias de usuario */
ichave3 = '0';
chave4 = '0'; /* controla alternativas que iniciam com a secundária */
ichave4 = '0';

/* cria e testa alternativas técnicas enquanto a chave estiver ligada */
nprim = '0';

```

```

nsec = '0';
nterc = '0';
ic = 0;
ll = -1;

while ((chave == '1') || (chave2 == '1') || (chave3 == '1') || (chave4 ==
'1'))
{
++ic;
/* se chav_prim está ligada, cria alternativa primária */
if (chav_prim == '0')
{
if (matr[0][1] >= 0)
{
vetaux[0] = vetaux[0] + 1;
j = vetaux[0];
i = matr[0][0];
if (chave == '0')
{
if (chave2 == '1')
vetaux[j] = secundario[i];
if (chave3 == '1')
vetaux[j] = i;
}
else vetaux[j] = primario[i];

matr[0][1] = matr[0][1] + 1;
if (nprim == '0')
{
nprim = '1';
ilp = matr[0][1];
matr[0][3] = vetaux[0] + 1;
}
if (matr[0][1] <= 0)
iprim = '0';
else iprim = '1';
}
}
/* se chav_sec está ligada, cria alternativa secundária */
if (chav_sec == '0')
{
if (matr[1][1] >= 0)
{
vetaux[0] = vetaux[0] + 1;
j = vetaux[0];
i = matr[1][0];
if (chave3 == '1')
vetaux[j] = i;
else vetaux[j] = secundario[i];
matr[1][1] = matr[1][1] + 1;
if (nsec == '0')
{
nsec = '1';
il = matr[1][1];
matr[1][3] = vetaux[0];
}
if (matr[1][1] <= 0)
isec = '0';
else isec = '1';
}
}
}

```

```

}
/* se chav_terc está ligada, cria alternativa terciária */
if (chav_terc == '0')
{
  if (matr[2][1] >= 0)
  {
    vetaux[0] = vetaux[0] + 1;
    j = vetaux[0];
    i = matr[2][0];
    vetaux[j] = terciario[i];
    matr[2][1] = matr[2][1] + 1;
    if (nterc == '0')
    {
      nterc = '1';
      matr[2][3] = vetaux[0];
    }
  }
  if (matr[2][1] <= 0)
  {
    iterc = '0';
    else iterc = '1';
  }
}

}

/* ---> acrescenta a funcao restricao e cria registro */

filho = '0';
/* verifica se tem alternativa com problema de inclinação */
ial = vetaux[0];
for (ia2 = 1; ia2 <= ial; ++ia2)
{
  ia = vetaux[ia2];
  if ((carac[ia][3] > 0.5) && (fincl < 0.3))
    exclui = '1'; /* exclui alternativa */
}

if (exclui == '0')
{
  ial = vetaux[0]; /* verifica o rendimento da alternativa */
  dboint = dboi;
  areaf = 0;
  areag = 0;
  oleoint = oleosi;
  nutrint = nutrin;
  colifint = coliin;
  histint = 1;
  if (ial > 10)
    exclui = '1'; /* alternativa com muitos passos: exclui */
  for (ia2 = 1; ia2 <= ial; ++ia2)
  {
    ia = vetaux[ia2];
    if (carac[ia][1] == 1)
    {
      if (vazao)
        fneta = carac[ia][6];
      else if (vazao <= 30)
        fneta = carac[ia][6] * 0.85;
      else if (vazao <= 100)
        fneta = carac[ia][6] * 0.9;
      else fneta = carac[ia][6];
    }
  }
}

```

```

        else fneta = carac[ia][6];
        if (carac[ia][1] == 1)
        {
            /* correção do fator de espaço físico para processos
            anaeróbios, em função da produção */
            xx = exp(-0.027*vazao);
            fa = areamax * carac[ia][3] * xx;
        }
        else if (carac[ia][1] == 2)
        {
            /* correção do fator de espaço físico para processos
            aeróbios, em função da produção */
            xx = exp(-0.005*vazao);
            fa = areamax * carac[ia][3] * xx;
        }
        else if (carac[ia][3] < 0.1)
            fa = 20;
        else fa = areamax * carac[ia][3];
        if (carac[ia][3] >= 0.5)
            fa = fa * 1.1;
        else if (carac[ia][3] >= 0.15)
            fa = fa * 1.5;
        areaf = fa + areaf;
        ax0 = carac[ia][1];
        ax1 = carac[ia][13];
        ax2 = carac[ia][14];
        ax3 = carac[ia][3];
        areai = funarea (ax0, ax1, ax2, ax3, vazao, dpoint);
        dpoint = (1. - fneta) * dpoint;
        oleoint = (1. - carac[ia][7]) * oleoint;
        nutritint = (1. - carac[ia][8]) * nutritint;
        colifint = (1. - carac[ia][9]) * colifint;
        histint = histint * carac[ia][10];
        if (areai == 9999)
            exclui = '1';
        if (areai == 9998)
            areai = areamax * carac[ia][3];
        if (carac[ia][3] >= 0.15)
            areai = areai * 1.1;
        areag = areai + areag;
        if (areaf < areag)
            areaf = areag;
    }

    if (opsc == 's')
    {
        if (dpoint > 60)
        {
            gneta = (dpoi - dpoint)/dpoi;
            if (gneta < 0.8)
                exclui = '1';
            else filho = '1'; /* rendimento aceitável, exclui os
filhos */
        }
        else filho = '1';
    }
    else if (dpoint > lim_dbo)
        exclui = '1';
    else filho = '1'; /* rendimento suficiente, exclui
os filhos */

```

```

    if (ole == 's')
    if (oleoint > lim_oleosg)
        exclui = '1';
    else filho = '1'; /* nível suficiente, exclui filhos */

if (nut == 's')
if (nutrint > lim_nitrog)
    exclui = '1';
    else filho = '1'; /* nível suficiente, exclui filhos */

    if (col == 's')
if (colifint > lim_colifs)
    exclui = '1';
    else filho = '1'; /* nível suficiente, exclui filhos */

/* acrescenta área básica para o pré-tratamento */

if (it == '5')
    areaf = areaf + 50;
    else areaf = areaf + 100;
if (areaf > area_disp)
    exclui = '1';
    else filho = '1'; /* área suficiente, exclui os filhos */
}
/* poda de ramos:
   testa e exclui as alternativas derivadas de uma
   alternativa tecnicamente viável */
if ((filho == '1') && (k > 0))
{
    i = vetaux[0];
    for (il = 1; il < i; ++il)
        if (vetaux[il] != ivet[il])
            break;
    if (il == i)
        if (il > ivet[0])
        {
            exclui = '1'; /* exclui os filhos */
            ivet[i] = vetaux[i];
        }
}
ia = vetaux[1];
i = vetaux[2];
if ((carac[ia][0] == 4) && (carac[i][0] == 1))
    exclui = '1';
/* se não existem problemas, aloca a alternativa */

if (exclui == '0')
{
    ++k;
    i = vetaux[0];
    for (il=0; il<=i; ++il)
        altern[k][il] = vetaux[il];
    for (il = i+1; il<12; ++il)
        altern[k][il] = 0;
    altern[k][10] = dboint*10;
    /* armazena registro gerado em auxiliar */
    for (i=0; i < 12; ++i)

```

```

        ivet[i] = altern[k][i];
        filho = '1';
    }

    /* bloco para construir alternativas primarias x secundarias x terciarias
    */
    if (chave == '1')
    {
        /* realiza os testes */
        if (chav_prim == '0')
        {
            chav_prim = '1';
            chav_sec = '0';
        }
        else if (chav_sec == '0')
        {
            chav_sec = '1';
            chav_terc = '0';
        }
        else if (chav_terc == '0')
        {
            chav_terc = '1';
            chav_prim = '0';
        }
    }
    if ((iterc == '1') && (chav_prim == '0'))
    {
        chav_prim = '1';
        chav_terc = '0';
        chav_sec = '1';
    }
    else if ((iterc == '0') && (chav_prim == '0'))
        if (matr[2][0] >= matr[2][2])
        {
            /* encerrou ciclo terciário, verifica o ciclo secundário */
            if (matr[1][0] < matr[1][2])
                if (isec == '1')
                {
                    chav_prim = '0';
                    chav_sec = '1';
                    chav_terc = '1';
                    vetaux[0] = matr[1][3] + 1 - matr[1][1];
                    matr[2][0] = 0;
                    j = terciario[0];
                    matr[2][1] = carac[j][11];
                    nterc = '0';
                }
            else
            {
                chav_prim = '1';
                chav_sec = '0';
                chav_terc = '1';
                matr[1][0] = matr[1][0] + 1;
                i = matr[1][0];
                j = secundario[i];
                matr[1][1] = carac[j][11];
                nsec = '0';
                vetaux[0] = matr[1][3]-1;
                matr[2][0] = 0;
                j = terciario[0];
            }
        }
    }

```



```

    matr[2][1] = carac[j][11];
    nterc = '0';

}
else /* encerrou ciclo secundário */

if (matr[0][0] <= matr[0][2])
if (iprim == '1')
{
    chav_prim = '0';
    chav_sec = '1';
    chav_terc = '1';
    vetaux[0] = matr[0][3] + ilp - matr[0][1];
    matr[1][0] = 0;
    j = secundario[0];
    matr[1][1] = carac[j][11];
    nsec = '0';
    matr[2][0] = 0;
    j = terciario[0];
    matr[2][1] = carac[j][11];
    nprim = '0';
    nterc = '0';
}
else
{
    chav_prim = '0';
    chav_sec = '1';
    chav_terc = '1';
    matr[0][0] = matr[0][0] + 1;
    if (matr[0][0] > matr[0][2])
    {
        chave = '0';
        chave2 = '1';
        ichave2 = '0';
    }
    i = matr[0][0];
    j = primario[i];
    matr[0][1] = carac[j][11];
    nprim = '0';
    matr[1][0] = 0;
    j = secundario[0];
    matr[1][1] = carac[j][11];
    nsec = '0';
    vetaux[0] = 0;
    matr[2][0] = 0;
    j = terciario[0];
    matr[2][1] = carac[j][11];
    nterc = '0';
}
else
{
    chave = '0';
    chave2 = '1';
    ichave2 = '0';
}
}
else
{
    matr[2][0] = matr[2][0] + 1;
    i = matr[2][0];
    j = terciario[i];
}

```

```

        matr[2][1] = carac[j][11];
        nterc = '0';
        vetaux[0] = matr[2][3]-1;
        chav_prim = '1';
        chav_terc = '0';
        chav_sec = '1';
    }
else if ((isec == '1') && (chav_prim == '0'))
    {
        chav_prim = '1';
        chav_sec = '0';
        chav_terc = '1';
        vetaux[0] = matr[1][3];
        matr[2][0] = 0;
        j = terciario[0];
        matr[2][1] = carac[j][11];
        nterc = '0';
    }
}
/* bloco para construir alternativas sistema australiano */
if (chave2 == '1')
    if (ichave2 == '0')
        {
            ichave2 = '1';
            matr[0][2] = mcont;
            matr[1][0] = 0;
            for (ii = 0; ii <= mcont; ++ii)
                {
                    i = secundario[ii];
                    if ((carac[i][2] == 1) && (carac[i][1] == 1))
                        break;
                }
            if (ii > mcont)
                chave2 = '0';
            /* encontrou opção de lagoa anaeróbia */
            nprim = '0';
            nsec = '0';
            nterc = '0';
            iprim = '0';
            isec = '0';
            iterc = '0';
            vetaux[0] = 1;
            vetaux[1] = i;
            matr[0][0] = ii;
            matr[0][1] = carac[i][11] - 1;
            matr[0][3] = 1;
            if (matr[0][1] >= 0)
                {
                    iprim = '1';
                    nprim = '1';
                    ilp = matr[0][1];
                }
            matr[1][2] = mcont;
            matr[2][0] = 0;
            for (ii = 0; ii <= mcont; ++ii)
                {
                    i = secundario[ii];
                    if ((carac[i][1] == 2) && (carac[i][0] == 2))
                        break;
                }
            if (ii > mcont)

```

```

    {
    chave2 = '0';
    if (chave_usuar == '1')
    chave3 = '1';
        else chave4 = '1';
    }
    /* encontrou opção aeróbia */
    matr[1][0] = ii;
    matr[1][1] = carac[i][11];
    nsec = '0';
    chav_prim = '1';
    chav_sec = '0';
    chav_terc = '1';
}
else
    {
    if (chav_prim == '0')
    {
    chav_prim = '1';
    chav_sec = '0';
    }

    else if (chav_sec == '0')
    {
    chav_sec = '1';
    chav_terc = '0';
    }
    else if (chav_terc == '0')
    {
    chav_terc = '1';
    chav_prim = '0';
    }
    else chav_prim = '0';
    if ((iterc == '1') && (chav_prim == '0'))
    {
    chav_prim = '1';
    chav_terc = '0';
    chav_sec = '1';
    }
    else if ((iterc == '0') && (chav_prim == '0'))
    if (matr[2][0] >= matr[2][2])
    {
    /* encerrou ciclo terciário, verifica o ciclo secundário */
    if (matr[1][0] < matr[1][2])
    if (isec == '1')
    {
    chav_prim = '1';
    chav_sec = '0';
    chav_terc = '1';
    vetaux[0] = matr[1][3] + i1 - matr[1][1];
    matr[2][0] = 0;
    j = terciario[0];
    matr[2][1] = carac[j][11];
    nterc = '0';
    }
    else
    {
    chav_prim = '1';
    chav_sec = '0';
    chav_terc = '1';
    }
    }
    }

```

2))

```

matr[1][0] = matr[1][0] + 1;
for (ii = matr[1][0]; ii <= mcont; ++ii)
{
    i = secundario[ii];
    if ((carac[i][1] == 2) && (carac[i][0] ==
break;
}
if (ii <= mcont)
{
    matr[1][0] = ii;
    matr[1][1] = carac[i][11];
    nsec = '0';
    vetaux[0] = matr[1][3]-1;
    matr[2][0] = 0;
    j = terciario[0];
    matr[2][1] = carac[j][11];
    nterc = '0';
}
else
{
    matr[1][0] = mcont + 1;
    chav_prim = '0';
    chav_sec = '1';
}
}
/*encerrou ciclo secundário */
if (matr[1][0] >= matr[1][2])
    if (matr[0][0] <= matr[0][2])
        if (iprim == '1')
            {
                chav_prim = '0';
                chav_sec = '1';
                chav_terc = '1';
                vetaux[0] = matr[0][3] + ilp - matr[0][1];
for (ii = 0; ii <= mcont; ++ ii)
{
    i = secundario[ii];
    if ((carac[i][1] == 2) && (carac[i][0] == 2))
        break;
}
    matr[1][0] = ii;
    j = secundario[ii];
    matr[1][1] = carac[j][11];
    nsec = '0';
    matr[2][0] = 0;
    j = terciario[0];
    matr[2][1] = carac[j][11];
    nprim = '0';
    nterc = '0';
}
else
{
    chav_prim = '0';
    chav_sec = '1';
    chav_terc = '1';
    matr[0][0] = matr[0][0] + 1;
for (ii = matr[0][0]; ii <= mcont; ++ii)
{
    i = secundario[ii];

```

```

1))
    if ((carac[i][2] == 1) && (carac[i][1] ==
        break;
    }
matr[0][2]))
    if ((matr[0][0] > matr[0][2]) || (ii >
        {
            chave = '0';
            chave2 = '0';
            ichave2 = '1';
            if (chave_usuar == '1')
                chave3 = '1';
                else chave4 = '1';
        }
        matr[0][0] = ii;
        i = matr[0][0];
    j = secundario[i];
        matr[0][1] = carac[j][11];
        nprim = '0';
    for (ii = 0; ii <= mcont; ++ ii)
        {
            i = secundario[ii];
            if ((carac[i][1] == 2) && (carac[i][0] ==
2))
                break;
        }
    if (ii <= mcont)
        {
            matr[1][0] = ii;
            j = secundario[ii];
            matr[1][1] = carac[j][11];
            nsec = '0';
            vetaux[0] = 0;
            matr[2][0] = 0;
            j = terciario[0];
            matr[2][1] = carac[j][11];
            nterc = '0';
        }
    else
        {
            matr[0][0] = mcont + 1;
            chave2 = '0';
            if (chave_usuar == '1')
                chave3 = '1';
                else chave4 = '1';
        }
    else
        {
            chave = '0';
            chave2 = '0';
            ichave2 = '1';
            if (chave_usuar == '1')
                chave3 = '1';
                else chave4 = '1';
        }
    }
    else
        {
            matr[2][0] = matr[2][0] + 1;
            i = matr[2][0];

```

```

        j = terciario[i];
        matr[2][1] = carac[j][11];
        nterc = '0';
        vetaux[0] = matr[2][3]-1;
        chav_prim = '1';
        chav_terc = '0';
        chav_sec = '1';
    }
else if ((isec == '1') && (chav_prim == '0'))
    {
        chav_prim = '1';
        chav_sec = '0';
        chav_terc = '1';
        vetaux[0] = matr[1][3];
        matr[2][0] = 0;
        j = terciario[0];
        matr[2][1] = carac[j][11];
        nterc = '0';
    }
}

/* bloco de insercao de alternativas de usuario */
if (chave3 == '1')
    if (ichave3 == '0')
        {
            ichave3 = '1';
            l1 = l1 + 1;
            nprim = '0';
            nterc = '0';
            iprim = '0';
            isec = '0';
            iterc = '0';
            vetaux[0] = 1;
            i = vetlista[l1][0];
            vetaux[1] = i;
            matr[0][0] = i;
            matr[0][1] = carac[i][11] - 1;
            matr[0][2] = i;
            matr[0][3] = 1;
            if (matr[0][1] >= 0)
                {
                    iprim = '1';
                    nprim = '1';
                    ilp = matr[0][1];
                }
            matr[2][0] = 0;
            i = vetlista[l1][1];
            matr[1][0] = i;
            matr[1][1] = carac[i][11];
            matr[1][2] = i;
            nsec = '0';
            chav_prim = '1';
            chav_sec = '0';
            chav_terc = '1';
        }
else
    {
        if (chav_prim == '0')
            {
                chav_prim = '1';

```

```

chav_sec = '0';
}

else if (chav_sec == '0')
{
    chav_sec = '1';
    chav_terc = '0';
}
else if (chav_terc == '0')
{
    chav_terc = '1';
    chav_prim = '0';
}

if ((iterc == '1') && (chav_prim == '0'))
{
    chav_prim = '1';
    chav_terc = '0';
    chav_sec = '1';
}
else if ((iterc == '0') && (chav_prim == '0'))
    if (matr[2][0] >= matr[2][2])
    {
/* encerrou ciclo terciário, verifica o ciclo secundário */
        if (matr[1][0] < matr[1][2])
            if (isec == '1')
            {
                chav_prim = '1';
                chav_sec = '0';
                chav_terc = '1';
                vetaux[0] = matr[1][3] + il - matr[1][1];
                matr[2][0] = 0;
                j = terciario[0];
                matr[2][1] = carac[j][11];
                nterc = '0';
            }
        else
        {
            matr[1][0] = matr[1][0] + 1;
            chav_prim = '0';
            chav_sec = '1';
        }

/* encerrou ciclo secundário */
        if (matr[1][0] >= matr[1][2])
            if (matr[0][0] <= matr[0][2])
                if (iprim == '1')
                {
                    chav_prim = '0';
                    chav_sec = '1';
                    chav_terc = '1';
                    vetaux[0] = matr[0][3] + ilp - matr[0][1];
                    i = matr[1][0];

                    matr[1][1] = carac[i][11];
                    nsec = '0';
                    matr[2][0] = 0;
                    j = terciario[0];
                    matr[2][1] = carac[j][11];
                }
            }
    }
}

```

```

        nprim = '0';
        nterc = '0';
    }
    else
    {
        if ((l1+1) > iseq)
        {
            chave3 = '0';
            chave4 = '1';
        }
        else
        {
            l1 = l1 + 1;
            nprim = '0';
            nterc = '0';
            iprim = '0';
            isec = '0';
            iterc = '0';
            vetaux[0] = 1;
            i = vetlista[l1][0];
            vetaux[1] = i;
            matr[0][0] = i;
            matr[0][1] = carac[i][l1] - 1;
            matr[0][2] = i;
            matr[0][3] = 1;
            if (matr[0][1] >= 0)
            {
                iprim = '1';
                nprim = '1';
                ilp = matr[0][1];
            }
            matr[2][0] = 0;
            i = vetlista[l1][1];
            matr[1][0] = i;
            matr[1][1] = carac[i][l1];
            matr[1][2] = i;
            nsec = '0';
            chav_prim = '1';
            chav_sec = '0';
            chav_terc = '1';
        }
    }
    else
    {
        chave = '0';
        chave2 = '0';
        chave3 = '0';
        chave4 = '1';
    }
}
else
{
    matr[2][0] = matr[2][0] + 1;
    i = matr[2][0];
    j = terciario[i];
    matr[2][1] = carac[j][l1];
    nterc = '0';
    vetaux[0] = matr[2][3]-1;
    chav_prim = '1';
    chav_terc = '0';
    chav_sec = '1';
}

```



```

    }
    else if ((isec == '1') && (chav_prim == '0'))
    {
        chav_prim = '1';
        chav_sec = '0';
        chav_terc = '1';
        vetaux[0] = matr[1][3];
        matr[2][0] = 0;
        j = terciario[0];
        matr[2][1] = carac[j][11];
        nterc = '0';
    }
}

/* introduz alternativas secundárias que não necessitam
de alternativas primarias */

if (chave4 == '1')
if (ichave4 == '0')
{
    ichave4 = '1';
    l1 = 0;
    nprim = '0';
    nsec = '0';
    nterc = '0';
    iprim = '0';
    isec = '0';
    iterc = '0';
    vetaux[0] = 1;
    i = vetl[l1];
    vetaux[1] = i;
    matr[1][0] = i;
    matr[1][1] = carac[i][11] - 1;
    matr[1][2] = i;
    matr[1][3] = 1;
    if (matr[1][1] >= 0)
    {
        isec = '1';
        nsec = '1';
        ilp = matr[1][1];
    }
    matr[2][0] = 0;
    chav_prim = '1';
    chav_sec = '1';
    chav_terc = '0';
}
else
{
    if (chav_prim == '0')
    {
        chav_prim = '1';
        chav_sec = '0';
    }

    else if (chav_sec == '0')
    {
        chav_sec = '1';
        chav_terc = '0';
    }
    else if (chav_terc == '0')

```

```

        {
            chav_terc = '1';
            chav_prim = '0';
        }

if ((iterc == '1') && (chav_prim == '0'))
{
    chav_prim = '1';
    chav_terc = '0';
    chav_sec = '1';
}
else if ((iterc == '0') && (chav_prim == '0'))
    if (matr[2][0] >= matr[2][2])
        {
/* encerrou ciclo terciário, verifica o ciclo secundário */
            if (matr[1][0] <= matr[1][2])
                if (isec == '1')
                    {
                        chav_prim = '1';
                        chav_sec = '0';
                        chav_terc = '1';
                        vetaux[0] = matr[1][3] + il - matr[1][1];
                        matr[2][0] = 0;
                        j = terciario[0];
                        matr[2][1] = carac[j][11];
                        nterc = '0';
                    }
                else
                    {
                        matr[1][0] = matr[1][0] + 1;
                        chav_prim = '1';
                        chav_sec = '0';
                    }
            }

/* encerrou ciclo secundário */
            if (matr[1][0] > matr[1][2])
                if ((l1+1) > kcont)
                    chave4 = '0';
                else
                    {
                        l1 = l1 + 1;
                        nprim = '0';
                        nsec = '0';
                        nterc = '0';
                        iprim = '0';
                        isec = '0';
                        iterc = '0';
                        vetaux[0] = 1;
                        i = vetl[l1];
                        vetaux[1] = i;
                        matr[1][0] = i;
                        matr[1][1] = carac[i][11] - 1;
                        matr[1][2] = i;
                        matr[1][3] = 1;
                        if (matr[1][1] >= 0)
                            {
                                isec = '1';
                                nsec = '1';
                                ilp = matr[1][1];
                            }
                    }
            }

```

```

        }
        matr[2][0] = 0;
        j = terciario[0];
        matr[2][1] = carac[j][11];
            chav_prim = '1';
            chav_sec = '1';
            chav_terc = '0';
        }

    }
else
    {
        matr[2][0] = matr[2][0] + 1;
        i = matr[2][0];
        j = terciario[i];
        matr[2][1] = carac[j][11];
            nterc = '0';
        vetaux[0] = matr[2][3]-1;
            chav_prim = '1';
        chav_terc = '0';
            chav_sec = '1';
    }
else if ((isec == '1') && (chav_prim == '0'))
    {
        chav_prim = '1';
        chav_sec = '0';
            chav_terc = '1';
        vetaux[0] = matr[1][3];
        matr[2][0] = 0;
        j = terciario[0];
        matr[2][1] = carac[j][11];
            nterc = '0';
    }
}

if (ic > 5000)
    {
        chave = '0';
        chave2 = '0';
        chave3 = '0';
        chave4 = '0';
        printf ("\n excedeu 5000 ciclos: programa será cancelado");
    }

} /* finaliza o while */

/* módulo de análise econômica
   procede a varredura do vetor de alternativas criado */

ncomp = 2;
printf ("\n informe o número das melhores alternativas a ");
printf ("\n analisar (ideal de 5): ");
nalt = tecla2();
printf ("\n para a análise das alternativas informe se o ");
printf ("\n critério é somente o custo de implantação? s/n \n ");
crit = tecla();
if (crit == 'n')
    {

```

```

printf ("\n caso contrário o critério utiliza o custo inicial");
printf ("\n de implantação e também o custo de manutenção ");
printf ("\n anual. Informe o número de anos a analisar. O ");
printf ("\n número recomendado é de 5 anos:  ");
ncomp = tecla2();
if ((ncomp < 2) || (ncomp > 15))
{
    printf ("\n o número informado é inválido. Cinco será assumido.");
    ncomp = 5;
}

}
taxa = 6;
printf ("\n a taxa atrativa anual adotada é de 6% a.a.");
printf ("\n Deseja utilizar outra taxa? s/n  ");
dig = tecla();
if (dig == 's')
{
    printf ("\n entre com a nova taxa atrativa ou de ");
    printf ("\n rentabilidade anual (em percentagem):  ");
    taxa = tecla2();
}
}
fator1 = 800000;
fator2 = 50000 * ncomp;
for (i = 0; i <= k; ++i)
{
    custo1 = 0;
    custo2 = 0;
    custo21 = 0;
    il = altern[i][0];
    for (j = 1; j <= il; ++j)
    {
        ii = altern[i][j];

        if (carac[ii][1] == 1)
        {
            /* correção do fator de espaço físico para processos
            anaeróbios, em função da produção */
            xx = exp(-0.027*vazaoim);
            fa = areamax * carac[ii][3] * xx;
        }
        else if (carac[ii][1] == 2)
        {
            /* correção do fator de espaço físico para processos
            aeróbios, em função da produção */
            xx = exp(-0.005*vazaoim);
            fa = areamax * carac[ii][3] * xx;
        }
        else if (carac[ii][3] < 0.1)
            fa = 20;
        else fa = areamax * carac[ii][3];
    }
    if (carac[ii][3] >= 0.15)
        fa = fa * 1.1;
    areaf = fa;
    ax0 = carac[ii][1];
    ax1 = carac[ii][13];
    ax2 = carac[ii][14];
    ax3 = carac[ii][3];
    areai = funarea (ax0, ax1, ax2, ax3, vazaoim, dpoint);
    if (areai == 9999)

```

```

        exclui = '1';
        if (areai == 9998)
            areai = areamax * carac[ii][3];
        if (carac[ii][3] >= 0.15)
            areai = areai * 1.1;
        areag = areai;
        if (areaf > areag)
            areaf = areag;
        fatc = 1 + areaf/area_disp;

    if (carac[ii][3] < 0.1)
    {
        fatc = fatc * (1 + vazaoim/100);
        custol = carac[ii][4] * fator1 * fatc + custol;
        custo2 = carac[ii][5] * fator2 * fatc + custo2;
        custo21 = carac[ii][5] * 50000 * fatc + custo21;
    }
    else
    {
        /* fa = areamax/vazaoim; */
        custol = carac[ii][4] * fator1 * fatc + custol;
        custo2 = carac[ii][5] * fator2 * fatc + custo2;
        custo21 = carac[ii][5] * 50000 * fatc + custo21;
    }
}

if (crit == 's')
    custof = custol + custo21 / (1 + taxa/100);
else
{
    fatr = fator(taxa, ncomp);
    custof = custol * fatr + custo2;
}
if (crit == 's')
    fcusto = custof / fator1;
else fcusto = custof / (fator1 + fator2);
altern2[i] = fcusto;
printf ("\n custo: %f ", fcusto);

} /* finaliza laço de varredura do vetor altern */

if (nalt > (k+1))
{
    printf ("\n o número de alternativas gerado é inferior ao ");
    printf ("\n número de alternativas solicitado. ");
    nalt = k + 1;
}

/* bloco de seleção das ==nalt== melhores alternativas econômicas */
for (il = 0; il < nalt; ++il)
{
    xmin = 999999;
    imin[il] = 9999;
    for (i = 0; i <= k; ++i)
        if (altern2[i] < xmin)
        {
            if (il == 0)
            {
                xmin = altern2[i];
                imin[il] = i;
            }
        }
}

```

```

    }
    for (i1 = 0; i1 < il; ++ i1)
    {
        for (i2 = 0; i2 < il; ++i2)
            if (imin[i2] == i)
                break;
            if (i2 >= il)
            {
                xmin = altern2[i];
                imin[i2] = i;
            }
    }
}
}

printf ("\n num. total de alternativas: %d",ic);

printf ("\n num de alternativas técnicas geradas = %d",k+1);
/* gera relatório de alternativas em arquivo para consulta */
FILE *ffp;
if ((ffp = fopen ("t_impres","wt")) == NULL )
{
    printf ("\n o arquivo t_impres não pode ser aberto");
    exit(1);
}

/* imprime dados básicos da empresa */

fprintf (ffp,"          Sistema Especialista para Seleção de Alternativa");
fprintf (ffp,"\n          para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes");
fprintf (ffp,"\n          autoria: Djalma D.
Silveira/PPGEP-UFSC");
fprintf (ffp,"\n \n Nome: %s",nome_empr);
if (it == '1')
    strcpy(str,"abatedouro de bovinos");
else if (it == '2')
    strcpy(str,"abatedouro de suínos");
else if (it == '3')
    strcpy(str,"abatedouro de bovinos e suínos");
else if (it == '4')
    strcpy(str,"abatedouro de aves");
else if (it == '5')
    strcpy(str,"fabricação de carne processada
(salsicharia ou embutidos)");
else if (it == '6')
    strcpy(str,"abatedouro de bovinos e fabricação
de carne processada (embutidos)");
else if (it == '7')
    strcpy(str,"abatedouro de suínos e
fabricação de carne processada (embutidos)");
else if (it == '8')
    strcpy(str,"abatedouro de bovinos e
suínos e fabricação de carne processada (embutidos)");
else strcpy(str,"abatedouro de aves e
fabricação de carne processada (embutidos)");
fprintf (ffp,"\n Atividade: %s",str);
fprintf (ffp,"\n Produção:");
if (it == '1')

```

```

fprintf (ffp, "\n %d bovinos/dia", n_bovinos);
else if (it == '2')
    fprintf (ffp, "\n %d suínos/dia", n_suínos);
else if (it == '3')
    fprintf (ffp, "\n %d bovinos/dia e %d
suínos/dia", n_bovinos, n_suínos);
else if (it == '4')
    fprintf (ffp, "\n %d aves/dia", n_aves);
else if (it == '5')
    fprintf (ffp, "\n %10.1f ton/mês", total_embut);
else if (it == '6')
    fprintf (ffp, "\n %d bovinos/dia e %10.1f
ton/mês", n_bovinos, total_embut);
else if (it == '7')
    fprintf (ffp, "\n %d suínos/dia e %10.1f
ton/mês", n_suínos, total_embut);
else if (it == '8')
    fprintf (ffp, "\n %d bovinos/dia; %d
suínos/dia e %f ton/mês", n_bovinos, n_suínos, total_embut);
else fprintf (ffp, "\n %d aves/dia e
%10.1f ton/mês", n_aves, total_embut);
fprintf (ffp, "\n \n área total da empresa: %10.1f metros quadrados", area);
fprintf (ffp, "\n área construída: %10.1f metros
quadrados", area_contr);
fprintf (ffp, "\n área disponível para a E.T.E. da empresa: %10.1f metros
quadrados", area_sist);

fprintf (ffp, "\n volume de efluentes gerados: %9.2f metros cúbicos/dia
\n", vazaoim);

printf ("\n deseja ver as informações sobre a etapa ");
printf ("\n de pré-tratamento? s/n \n ");
dig = tecla();
if (dig == 's')
{
    fprintf (ffp, "\n O sistema de pré-tratamento recomendado para a empresa
será:");
    if ((it == '1') || (it == '3') || (it == '6') || (it == '8'))
    {
        fprintf (ffp, "\n Para o abate de bovinos é importante que os resíduos
sejam");
        fprintf (ffp, "\n separados e tratados por tipo de resíduo. O sangue deve
ser");
        fprintf (ffp, "\n coletado em canaleta em separado; os resíduos da
lavagem de");
        fprintf (ffp, "\n não serão misturados com os resíduos da lavagem. Devem
ser");
        fprintf (ffp, "\n coletados em duto em separado e encaminhados para o
tanque");
        fprintf (ffp, "\n de sedimentação, separando o líquido dos sólidos
presentes.");
        fprintf (ffp, "\n Os sólidos dos currais também serão encaminhados a este
tanque.");
        fprintf (ffp, "\n O sólido retido receberá tratamento conforme a empresa;
o");
        fprintf (ffp, "\n será encaminhado para o tratamento primário, podendo
ser");
        fprintf (ffp, "\n tratado conjuntamente com os outros resíduos ou receber
um");
    }
}

```

```

    fprintf (ffp, "\n tratamento primário em separado, conforme o caso. Os
resíduos");
    fprintf (ffp, "\n de lavagem em geral devem passar por um conjunto de
penerias");
    fprintf (ffp, "\n ou grelhas (dispensa-se a caixa de areia devido à
oscilação");
    fprintf (ffp, "\n de fluxos) e posteriormente os resíduos serão
encaminhados à");
    fprintf (ffp, "\n um caixa de retenção de sólidos flutuantes (caixa de
gorduras");
    fprintf (ffp, "\n Após esta etapa os resíduos líquidos podem ser
encaminhados");
    fprintf (ffp, "\n para o sistema de tratamento recomendado abaixo.");
    if (vazaoim > 30)
    {
        fprintf (ffp, "\n Adicionalmente é recomendável utillizar uma fossa
séptica");
        fprintf (ffp, "\n ou lagoa anaeróbia, ou similar, para reduzir a carga
do ");
        fprintf (ffp, "\n efluente do sedimentador (ou estrumeira) antes de
ser ");
        fprintf (ffp, "\n adicionado ao restante do sistema de tratamento.");
    }
}
if ((it == '2') || (it == '3') || (it == '7') || (it == '8'))
{
    fprintf (ffp, "\n Para o abate de suínos é importante que os resíduos
sejam ");
    fprintf (ffp, "\n separados no interior do abatedouro: o sangue será
coletado em");
    fprintf (ffp, "\n canaleta em separado; as águas de escalda serão
coletadas em");
    fprintf (ffp, "\n separado, passando por uma peneira antes de chegar a um
tanque");
    fprintf (ffp, "\n de resfriamento. Os resíduos do tanque de resfriamento
poderão");
    fprintf (ffp, "\n misturados aos resíduos da lavagem. Os resíduos da sala
de ");
    fprintf (ffp, "\n limpeza de estômagos e tripas serão coletados em duto
isolado");
    fprintf (ffp, "\n e encaminhados ao tanque de sedimentação. Este tanque
receberá ");
    fprintf (ffp, "\n também os resíduos das pocilgas. O líquido separado
será ");
    fprintf (ffp, "\n encaminhado para o tratamento primário. Os sólidos
recolhidos");
    fprintf (ffp, "\n serão tratados conforme a empresa. Os resíduos de
lavagem ");
    fprintf (ffp, "\n devem passar por um conjunto de peneiras ou grelhas,
sendo o");
    fprintf (ffp, "\n resíduo encaminhado para a caixa de retenção de sólidos
");
    fprintf (ffp, "\n flutuantes (caixa de gordura). Após esta etapa os
resíduos");
    fprintf (ffp, "\n serão encaminhados para o sistema de tratamento
recomendado.");
    if ((it == '2') || (it == '7'))
        if (vazaoim > 30)
        {
            fprintf (ffp, "\n Adicionalmente é recomendável utillizar uma fossa
séptica");

```



```

        fprintf (ffp, "\n ou lagoa anaeróbia, ou similar, para reduzir a carga
do ");
        fprintf (ffp, "\n efluente do sedimentador (ou estrumeira) antes de
ser ");
        fprintf (ffp, "\n adicionado ao restante do sistema de tratamento.");
    }
}
if ((it == '4') || (it == '9'))
{
    /* imprime relatorio de sistema preliminar para abatedouro de aves */
}

if ((it == '5') || (it == '6') || (it == '7') || (it == '8'))
{
    fprintf (ffp, "\n Para a fabricação de embutidos é importante que os
resíduos");
    fprintf (ffp, "\n de cozimento e outros que produzam correntes aquecidas
sejam");
    fprintf (ffp, "\n tratados em linha separada, passando por um tanque de
resfriamento");
    fprintf (ffp, "\n que provoca a equalização do mesmo. Na saída este
efluente pode");
    fprintf (ffp, "\n ser misturado ao efluente geral da empresa, o qual deve
conter");
    fprintf (ffp, "\n basicamente resíduos da lavagem, passando o conjunto
por um ");
    fprintf (ffp, "\n sistema de peneiras ou grelhas. O efluente deve então
passar");
    fprintf (ffp, "\n para a caixa de retenção de sólidos flutuantes (caixa
de gorduras)");
    fprintf (ffp, "\n para ser alimentado ao sistema de tratamento
recomendado a seguir.");
}
}
else fprintf (ffp, "\n utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento
recomendado.");
if ((fincl <= 0.1) || (restricao == '1'))
{
    fprintf (ffp, "\n \n foi detectado problemas de inclinação no terreno,
as");
    fprintf (ffp, "\n alternativas com maior exigência de área foram
eliminadas. \n");
}
else if (restricao == '2')
{
    fprintf (ffp, "\n a área disponível para o sistema de tratamento");
    fprintf (ffp, "\n calculada é negativa. Verifique os dados
fornecidos");
    fprintf (ffp, "\n O programa analisou somente alternativas
compactas.");
    fprintf (ffp, "\n se ocorreu algum engano, podem ter ocorrido
distorções");
    fprintf (ffp, "\n inconvenientes.");
}
else if (restricao == '3')
{
    fprintf (ffp, "\n a área calculada para o sistema de
tratamento");
    fprintf (ffp, "\n é inferior à área informada. Verifique os
dados");
}
}

```

```

        fprintf (ffp, "\n fonecidos. O sistema analisou as
alternativas");
        fprintf (ffp, "\n compatíveis com a área calculada. Podem ter
");
        fprintf (ffp, "\n ocorrido distorções nas alternativas
geradas.");
    }
if (vazao_rio > vazaoim)
    {
        printf ("\n pode ser conveniente estudar a diluição (ou parte) do");
        printf ("\n efluente no corpo receptor");
    }
if (nalt < 0)
    fprintf (ffp, "\n com os dados fornecidos não houve solução viável.");
else
    {
        fprintf (ffp, "\n num. de alternativas possíveis:      %d ", ic);
        fprintf (ffp, "\n num. de alternativas técnicas geradas:  %d \n",
k+1);
        fprintf (ffp, "\n Alternativas técnica e economicamente viáveis
selecionadas: \n");
        if (nut == 's')
            fprintf (ffp, " análise técnica adicional: limite de nutrientes (como
Nitrogênio)");
        if (ole == 's')
            fprintf (ffp, " análise técnica adicional: limite de óleos e graxas
(gorduras)");
        if (col == 's')
            fprintf (ffp, " análise técnica adicional: limite de coliformes
totais)");

        if (crit == 's')
            fprintf (ffp, "\n análise econômica utilizada: custo de
implantação no primeiro ano");
        else
            {
                fprintf (ffp, "\n análise econômica utilizada: método do custo
anual incluindo o");
                fprintf (ffp, "\n de manutenção para %d anos à taxa atrativa de
%6.2f %%", ncomp, taxa);
            }
    }
if (nalt >= 0)
    for (l2 = 0; l2 < nalt; ++l2)
        {
            l = imin[l2];
            i = altern[l][0];
            /* fprintf (ffp, "\n \n alternativa: %d num. tecnologias: %d
dbo_fim: %d ", l2+1, i, altern[l2][10]); */
            fprintf (ffp, "\n \n alternativa: %d num. tecnologias: %d ", l2+1,
i);
            for (j2=1; j2<=i; ++j2)
                {
                    j11 = altern[l][j2];
                    for (j=0; j<80; ++j)
                        zlistr[j]=lista[j11][j];
                    fprintf (ffp, "\n tecnologia: %s ", zlistr);
                    fprintf (ffp, " vida útil: %5.1f ", carac[j11][15]);
                }
        }
    else if ((restricao == '1') || (restricao == '2') || (restricao == '3'))

```

```

        {
            fprintf (ffp, "\n o conjunto de dados e restrições aplicados
impossibilitou");
            fprintf (ffp, "\n a seleção de alguma das %d alternativas técnicas
geradas.", ic);
            fprintf (ffp, "\n Revise os dados ou introduza alternativas de
usuário.");
        }
fclose(ffp);
/* printf ("\n deseja imprimir os resultados? s/n ");
dig = tecla();
if (dig == 's')
{
    if ((ffp = fopen ("t_impres", "rt")) == NULL )
    {
        printf ("\n o arquivo t_impres não pode ser aberto");
        exit(1);
    }
    fscanf (ffp, "%s", str);
    while (!feof(ffp))
    {
        fprintf (stdprn, "%s", str);
        fscanf (ffp, "%s", str);
    }
} */
printf ("\n \n fim do programa");
getchar();

exit(0);
return 0;
}
char teclastr(char zstr[80])
{
    char zchav, ztr[80];
    int iz, izz;
    zchav = '0';
    while (zchav == '0')
    {
        gets (zstr);
        printf ("\n o nome digitado foi: \n %s", zstr);
        printf ("\n o nome está correto? (s/n) ");
        gets(ztr);
        izz = strlen(ztr);
        for (iz=0; iz < izz; ++iz)
            if ((ztr[iz] != ' ') && (ztr[iz] != '\0')) break;
        if ((ztr[iz] == 's') || (ztr[iz] == 'S'))
            zchav = '1';
        else printf ("\n digite o nome novamente: \n");
    }
    return 0;
}

char tecla ()
{
    int iy, iw;
    char ystr[80], ytr;
    scanf ("%s", ystr);
    iw= strlen(ystr);
    for (iy=0; iy <= iw; ++iy)
        if ((ystr[iy] != ' ') && (ystr[iy] != '\0')) break;
}

```

```

        ytr = ystr[iy];
        if (ytr == 'S')
            ytr = 's';
        else if (ytr == 'N')
            ytr = 'n';
        return ytr;
    }

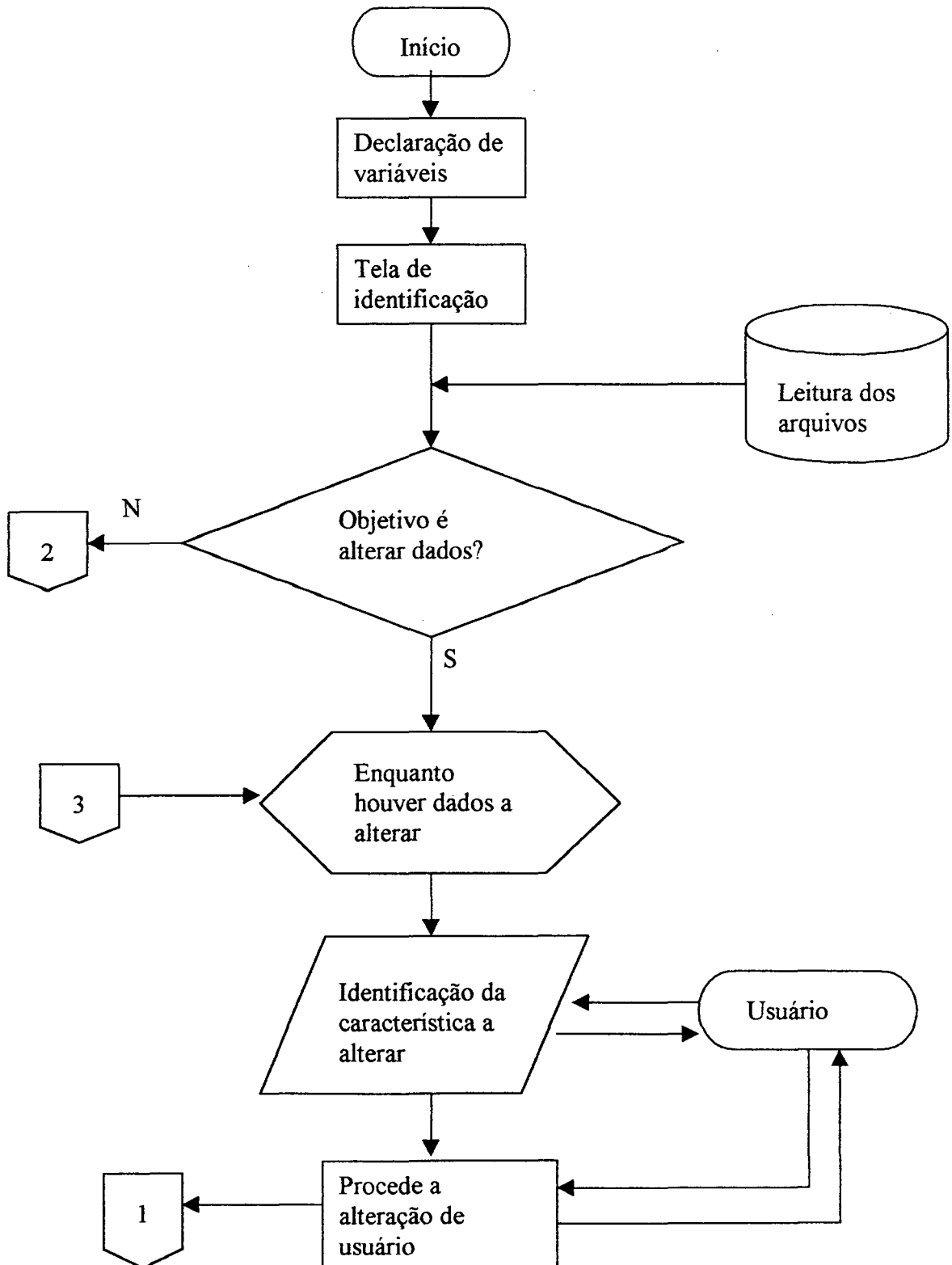
float tecla2 ()
{
    double xnum;
    int iy, iw, iz;
    char ystr[80], ytr, ichav;
    ichav = '1';
    while (ichav == '1')
    {
        scanf ("%s",ystr);
        ichav = '0';
        iw = strlen(ystr);
        for (iy=0; iy < iw; ++iy)
        {
            if (ystr[iy] == ',')
                ystr[iy] = '.';
            if (ystr[iy] == 'E')
                ystr[iy] = 'e';
            ytr = ystr[iy];
            if (isdigit(ytr) == 0)
            {
                if (ytr != 'e')
                    if (ytr != '.')
                    {
                        printf ("\n o num. digitado: ");

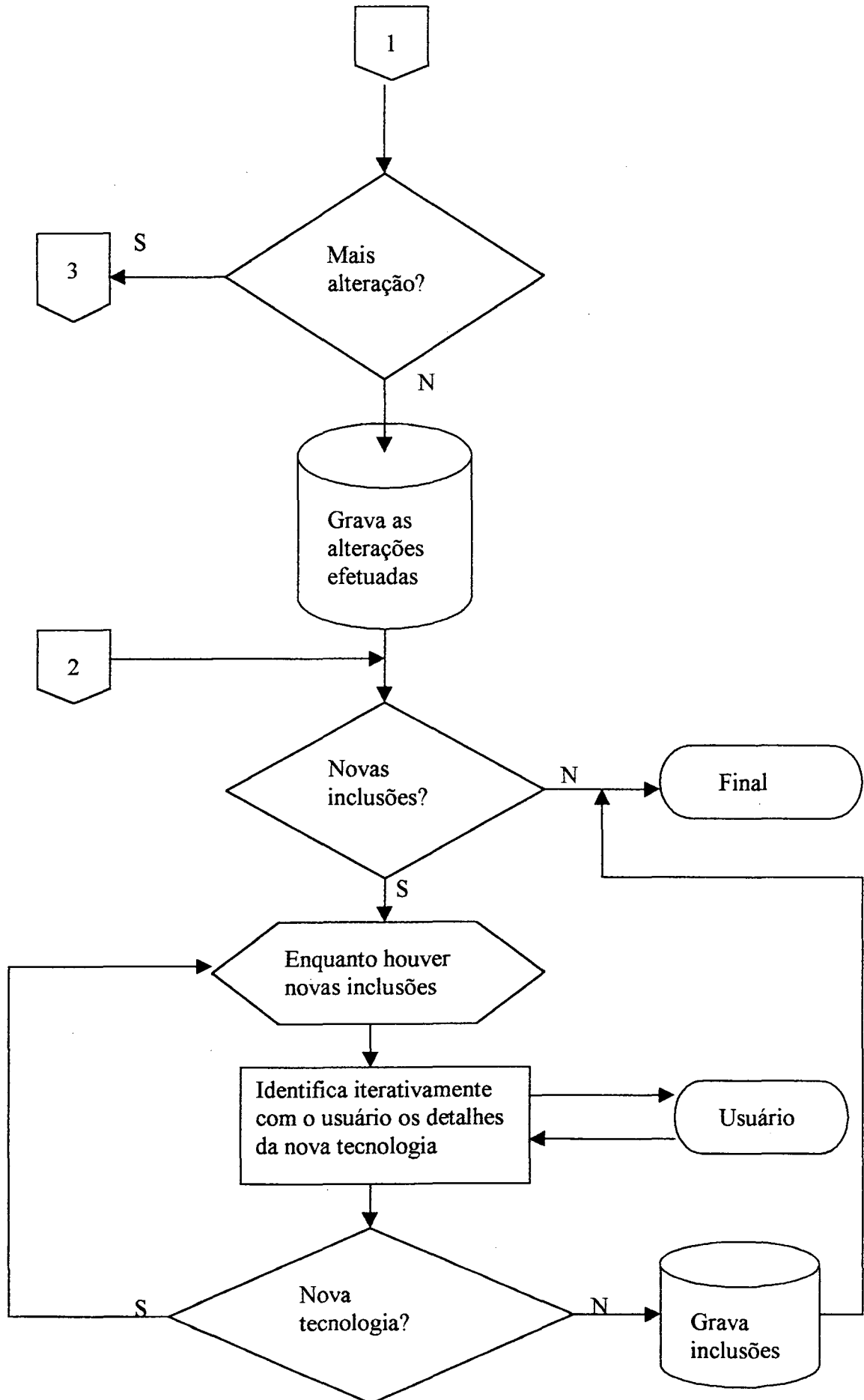
                        for (iz=0; iz< iw; ++iz)
                            printf ("%c", ystr[iz]);
                        if (ytr == '-')
                            printf ("\n não pode ser negativo, digite
novamente: \n");
                        else printf ("\n possui caracter inválido: %c,
digite novamente: \n",ytr);
                            ichav = '1';
                    }
                }
            if (ichav == '1') break;
        }
        if (ichav == '0')
        {
            xnum = atof(ystr);
        }
    }
    return xnum;
}

```

Anexo 05

Diagrama de fluxo do programa de alteração/ inclusão de tecnologias (ALTERCAR)





Anexo 06

Listagem do programa de alteração/inclusão de tecnologias (ALTERCAR)

```

#include <conio.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>
#include <time.h>
#include <string.h>
#include <ctype.h>

/* void borda (int, int, int, int); */

/*****
 *      PROGRAMA ALTERCAR      *
 *      sistema especialista para sistema de      *
 *      tratamento de efluentes de indústria      *
 *      de carnes      *
 *      *      *
 *      programa de alteração/inclusão de      *
 *      tecnologias de tratamento de resíduos      *
 *      *      *
 *****/
char tecla ();
float tecla2 ();
char xdig, xit, xlt, xmt, op_cont;
char xtr[80], xnome[80], ialt, jalt;
int xi, i, icont, grcont, jcont, lcont, mcont, ncont;
char xnt, nstr[80], lchav, icar;
int j, l1, l2;
char xlistr[80], xlista[101][80];
float xvetor[16], xcar[101][16], xk;
char xparlim, xparam, retangulo, circular, quadrado, oval, xrep, xnum,
xtrad;
char xcolif, xnitrog, xoleos, xdbo, ici, alvenaria, aerador, x19, x18, x17;
char x16, x15, x14, x13, x12, x11, x10, x9, x8, x7, x6, x5, x4, x3, x2, x1;
char xt, ichar, xps, xp, xs, xver, xpl, xvet, xa, iarea, xci, xunid, xconf;
float customanut, custoenergia, naerador, dolar, custoi, volt, ncarga;
float voltretro, area, profund, cub, custoaer, perimetro, lado, vazaom;
float trm, vazaomax, vazaomin, arealat, custoretro;

int k, jj, j1, j2, indice, lim1, lim2;

int lcon, mcon, ncon;

main()
{
/*
{
borda (1,1,79,25);
return 0;
}
void borda (int,int,int,int)
{
*/
/* imprime identificacao inicial na tela */

```

```

clrscr();
/* desenha a borda em volta da tela */
/* borda (1,1,79,25);      */

printf ("\n      Universidade Federal de Santa Catarina \n");
printf ("\n Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção \n \n");
printf ("\n aluno de doutorado: MSc. Djalma Dias da Silveira \n");
printf (" orientadora:          Profa. Dra. Rejane Helena Ribeiro da Costa
\n");
printf (" co-orientador:          Prof. Dr. Felipe Martins Muller \n \n");
printf (" Sistema especialista para sistema de tratamento \n");
printf ("      de efluentes da indústria de carnes \n");
printf ("\n \n ** programa de inclusão/alteração das tecnologias ** ");
printf ("\n **      individuais de tratamento de efluentes      ** ");

printf ("\n \n para continuar digite uma tecla qualquer: ");

xit = getch ();

clrscr ();

/* módulo de leitura da lista de características em arquivo */

FILE *fp, *gp;
if ((fp=fopen("caracter","r+b")) == NULL)
{
    printf ("\n o arquivo com matriz de características não foi encontrado
\n");
    exit (1);
}
i = -1;
do
{
    if (fread(xvetor,sizeof(xvetor),1,fp) != 1)
    {
        if (!feof(fp))
            printf ("\n erro na leitura do arquivo com matriz de
características \n");
    }
    else
    {
        ++i;
        for (j = 0; j <= 16; ++j)
            xcar[i][j] = xvetor[j];
    }

/* posições no vetor:
0 - tipo de tratamento:
    1 - primário;
    2 - secundário;
    3 - terciário;
    4 - secundário e eventualmente primário

1 - tipo de processo:
    0 - não existe
    1 - processo anaeróbio
    2 - processo aeróbio
    3 - processo físico
    4 - processo químico

2 - sequência típica ou especial de usuário:

```



```

0 - não existe
1 - processo anaeróbico seguido por processo aeróbico
2 - outra situação (proposta por usuário)
3 - idem, 4 - idem, etc.

3 - uso de espaço físico
    [0-1] - valor 1 usa espaço físico maior

4 - custo de implantação
    [0-1] - valor 1 tem o custo mais elevado

5 - custo de manutenção
    [0-1] - valor 1 tem o custo mais elevado

6 - eficiência do equipamento em relação a DBO
    [0-1]

7 - eficiência do equipamento em relação a óleos e graxas
    [0,1]

8 - eficiência na remoção de nutrientes: Nitrogênio e Fósforo
    [0,1]

9 - uso histórico em abatedouros: [0-1]

10 - uso histórico em salsicharias: [0-1]

11 - possibilidade de uso em série da mesma alternativa:
    0 - única;
    1 - uma repetição,
    2 - duas repetições, etc.

12 - tipo de geometria usada
    0 - não existe
    1 - circular
    2 - retangular
    3 - quadrada
    4 - oval

13 - principal parâmetro limitante
    0 não existe
    1 - carga DBO superficial
    2 - carga DBO volumétrica
    3 - tempo de retenção
    4 - velocidade ascensional
    5 - velocidade superficial
    6 - óleos e graxas
    7 - diâmetro
    8 - altura
    9 - comprimento
    10 - vazão

14 - valor do parâmetro

15 - tempo de vida útil do equipamento

*/

}
} while ( !feof(fp));

```

```

printf ("\n num. de registros lidos matriz de caracteristicas = %d ",i+1);
/* icont: contador de registros de caracteristicas */
icont = i+1;
if ((gp=fopen("alternat","r+b")) == NULL)
{
printf ("\n o arquivo com lista de alternativas não foi encontrado \n");
exit (1);
}
i = -1;

do
{
if (fread(xlistr,sizeof(xlistr),1,gp) != 1)
{
if (!feof(gp))
printf ("\n erro na leitura do arquivo com lista de alternativas
\n");
}
else
{
++i;
for (j = 0; j < 80; ++j)
xlista[i][j] = xlistr[j];
}
} while ( !feof(gp));
printf ("\n num. de registros lidos lista de alternativas = %d ",i+1);
/* jcont: contador do registros de alternativas */
jcont = i+1;
/* fclose (gp);
fclose (fp); */

/* módulo para incluir/alterar características de uma alternativa */

clrscr ();
printf ("\n deseja alterar alguma tecnologia existente?");
printf ("\n      (s/n): ");
xdig = 's';
ialt = '0';
jalt = '0';
xdig = tecla ();
while (xdig == 's')
{
for (i=0; i < jcont; ++i)
{
for (j=0; j <80 ; ++j)
xtr[j] = xlista[i][j];
printf ("\n a tecnologia a alterar é: \n %s (s/n)? ",xtr);
xit = tecla ();
if (xit == 's')
{
xi = i;
printf ("\n deseja alterar o nome da tecnologia (s/n)? ");
xlt = tecla ();
if (xlt == 's')
{
xmt = 'n';
while (xmt == 'n')

```

```

    {
        printf ("\n entre com o novo nome da tecnologia: \n ");
        gets (xnóme);
        gets(xlistr);
        printf ("\n o novo nome da tecnologia será alterado para:
\n %s ",xlistr);
        printf ("\n este novo nome está correto? (s/n) ");
        xmt = tecla ();
        if (xmt == 's')
            {
                for (j=0; j<80; ++j)
                    xlista[xi][j] = xlistr[j];
                    ialt = '1';
            }
        else xmt = 'n';
    }
}
printf ("\n deseja alterar alguma característica da
tecnologia");
printf ("\n  selecionada?  s/n ");
xlt = tecla ();
if (xlt == 's')
    {
        if (xcar[xi][0] == 1)
            strcpy(nstr,"primário");
        else if (xcar[xi][0] == 2)
            strcpy(nstr,"secundário");
        else if (xcar[xi][0] == 3)
            strcpy(nstr,"terciário");
        else if (xcar[xi][0] == 4)
            strcpy(nstr,"secundário/primário");
        else strcpy(nstr,"valor inválido.
Corrigir.");
        printf ("\n o tipo de tratamento cadastrado é: %s",nstr);
        printf ("\n deseja alterar o tipo de tratamento? s/n ");
        xnt = tecla ();
        if (xnt == 's')
            {
                printf ("\n selecione uma das opções:");
                printf ("\n 1. tratamento primário \n 2. tratamento
secundário");
                printf ("\n 3. tratamento terciário \n 4. tratamento
secundário ");
                printf ("\n      e usado eventualmente como primário");
                printf ("\n digite a opção escolhida: ");
                lchav = '0';
                while (lchav == '0')
                    {
                        xk = tecla2();
                        lchav = '1';
                        if ((xk < 1) || (xk > 4))
                            {
                                printf ("\n o valor digitado não é opção válida.
Redigite-o. ");
                                lchav = '0';
                            }
                    }
                }
            xcar[xi][0] = xk;
            jalt = '1';
        }
    }

```

```

if (xcar[xi][1] == 1)
    strcpy(nstr,"processo anaeróbio");
else if (xcar[xi][1] == 2)
    strcpy(nstr,"processo aeróbio");
else if (xcar[xi][1] == 3)
    strcpy(nstr,"processo físico");
else if (xcar[xi][1] == 4)
    strcpy(nstr,"processo químico");
else strcpy(nstr,"valor inválido.
Corrigir.");
    printf ("\n o tipo de processo cadastrado é: %s",nstr);
printf ("\n deseja alterar o tipo de processo? s/n ");
xnt = tecla ();
if (xnt == 's')
    {
    printf ("\n selecione uma das opções:");
printf ("\n 1. processo anaeróbio \n 2. processo
aeróbio");

    printf ("\n 3. processo físico \n 4. processo químico ");
printf ("\n digite a opção escolhida: ");
lchav = '0';
while (lchav == '0')
    {
    xk = tecla2();
lchav = '1';
if ((xk < 1) || (xk > 4))
    {
    printf ("\n o valor digitado não é opção válida.
Redigite-o. ");
lchav = '0';
    }
    }
xcar[xi][1] = xk;
jalt = '1';
}

if (xcar[xi][2] == 1)
strcpy(nstr,"processo anaeróbio seguido por processo
aeróbio");
else if (xcar[xi][2] == 2)
strcpy(nstr,"situação proposta por usuário");
else if (xcar[xi][2] == 3)
strcpy(nstr,"situação proposta por usuário");
else if (xcar[xi][2] == 4)
strcpy(nstr,"situação proposta por
usuário");
else if (xcar[xi][2] == 0)
strcpy(nstr,"não existe");
else strcpy(nstr,"valor inválido.
Corrigir.");
    printf ("\n a sequência típica/especial cadastrada é:
%s",nstr);
printf ("\n deseja alterar a sequência? s/n ");
xnt = tecla ();
if (xnt == 's')
    {
    printf ("\n selecione uma das opções:");
printf ("\n 0. não existe \n 1. processo anaeróbio seguido
por processo aeróbio");
printf ("\n 2. situação proposta por usuário \n 3. situação
proposta por usuário ");

```

```

printf ("\n 4. situação proposta por usuário");
printf ("\n digite a opção escolhida: ");
lchav = '0';
while (lchav == '0')
{
    xk = tecla2();
    lchav = '1';
    if (xk > 4)
    {
        printf ("\n o valor digitado não é opção válida.
Redigite-o. ");
        lchav = '0';
    }
}
xcar[xi][2] = xk;
jalt = '1';
}

strcpy(nstr,"uso de espaço físico");
printf ("\n o coeficiente de %s cadastrado é:
%f",nstr,xcar[xi][3]);
printf ("\n deseja alterar o coeficiente? s/n ");
xnt = tecla ();
if (xnt == 's')
{
    printf ("\n o coeficiente de ocupação de espaço físico");
    printf ("\n pode variar no intervalo de 0.0 a 1.0.");
    printf ("\n as tecnologias que ocupam pouco espaço físico
");
    printf ("\n terão valor baixo, as outras, valores
elevados");
    printf ("\n digite o novo coeficiente: ");
    lchav = '0';
    while (lchav == '0')
    {
        xk = tecla2();
        lchav = '1';
        if ((xk < 0.) || (xk > 1.))
        {
            printf ("\n o valor digitado não é opção válida.
Redigite-o. ");
            lchav = '0';
        }
    }
    xcar[xi][3] = xk;
    jalt = '1';
}

strcpy(nstr,"custo de implantação");
printf ("\n o coeficiente do %s \n cadastrado é:
%f",nstr,xcar[xi][4]);
printf ("\n deseja alterar o coeficiente? s/n ");
xnt = tecla ();
if (xnt == 's')
{
    printf ("\n o coeficiente do %s ",nstr);
    printf ("\n pode variar no intervalo de 0.0 a 1.0.");
    printf ("\n as tecnologias que possuem baixo \n %s ",nstr);
    printf ("\n terão valor baixo, as outras, valores
elevados");
    printf ("\n digite o novo coeficiente: ");
    lchav = '0';
}

```

```

while (lchav == '0')
{
    xk = tecla2();
    lchav = '1';
    if ((xk < 0.) || (xk > 1.))
    {
        printf ("\n o valor digitado não é opção válida.
Redigite-o. ");
        lchav = '0';
    }
}
xcar[xi][4] = xk;
jalt = '1';
}
strcpy(nstr,"custo de manutenção");
printf ("\n o coeficiente do %s \n cadastrado é:
%f",nstr,xcar[xi][5]);
printf ("\n deseja alterar o coeficiente? s/n ");
xnt = tecla ();
if (xnt == 's')
{
    printf ("\n o coeficiente do %s",nstr);
    printf ("\n pode variar no intervalo de 0.0 a 1.0.");
    printf ("\n as tecnologias que possuem menor \n %s",nstr);
    printf ("\n terão valor baixo, as outras, valores
elevados");
    printf ("\n elevados. Digite o novo coeficiente: ");
    lchav = '0';
    while (lchav == '0')
    {
        xk = tecla2();
        lchav = '1';
        if ((xk < 0.) || (xk > 1.))
        {
            printf ("\n o valor digitado não é opção válida.
Redigite-o. ");
            lchav = '0';
        }
    }
    xcar[xi][5] = xk;
    jalt = '1';
}
strcpy(nstr,"eficiência na remoção de DBO5");
printf ("\n o coeficiente de %s \n cadastrado é:
%f",nstr,xcar[xi][6]);
printf ("\n deseja alterar o coeficiente? s/n ");
xnt = tecla ();
if (xnt == 's')
{
    printf ("\n o coeficiente da %s",nstr);
    printf ("\n pode variar no intervalo de 0.0 a 1.0.");
    printf ("\n as tecnologias que possuem menor \n %s",nstr);
    printf ("\n terão valor baixo, as outras, valores ");
    printf ("\n elevados. Digite o novo coeficiente: ");
    lchav = '0';
    while (lchav == '0')
    {
        xk = tecla2();
        lchav = '1';
        if ((xk < 0.) || (xk > 1.))
        {

```

```

printf ("\n o valor digitado não é opção válida.
Redigite-o. ");
    lchav = '0';
    }
    }
    xcar[xi][6] = xk;
    jalt = '1';
    }
    strcpy(nstr,"eficiência na remoção de óleos e graxas");
    printf ("\n o coeficiente da %s \n cadastrado é:
%f",nstr,xcar[xi][6]);
    printf ("\n deseja alterar o coeficiente? s/n ");
    xnt = tecla ();
    if (xnt == 's')
    {
        printf ("\n o coeficiente de %s",nstr);
        printf ("\n pode variar no intervalo de 0.0 a 1.0.");
        printf ("\n as tecnologias que possuem menor \n %s",nstr);
        printf ("\n terão valor baixo, as outras, valores ");
        printf ("\n elevados. Digite o novo coeficiente: ");
        lchav = '0';
        while (lchav == '0')
        {
            xk = tecla2();
            lchav = '1';
            if ((xk < 0.) || (xk > 1.))
            {
                printf ("\n o valor digitado não é opção válida.
Redigite-o. ");
                lchav = '0';
            }
        }
        xcar[xi][7] = xk;
        jalt = '1';
    }
    strcpy(nstr,"eficiência na remoção de nutrientes (N e P)");
    printf ("\n o coeficiente de %s \n cadastrado é:
%f",nstr,xcar[xi][7]);
    printf ("\n deseja alterar o coeficiente? s/n ");
    xnt = tecla ();
    if (xnt == 's')
    {
        printf ("\n o coeficiente de %s",nstr);
        printf ("\n pode variar no intervalo de 0.0 a 1.0.");
        printf ("\n as tecnologias que possuem menor \n %s",nstr);
        printf ("\n terão valor baixo, as outras, valores ");
        printf ("\n elevados. Digite o novo coeficiente: ");
        lchav = '0';
        while (lchav == '0')
        {
            xk = tecla2();
            lchav = '1';
            if ((xk < 0.) || (xk > 1.))
            {
                printf ("\n o valor digitado não é opção válida.
Redigite-o. ");
                lchav = '0';
            }
        }
        xcar[xi][8] = xk;
        jalt = '1';
    }

```

```

    }
    strcpy(nstr,"eficiência na remoção de coliformes");
    printf ("\n o coeficiente de %s \n cadastrado é:
%f",nstr,xcar[xi][9]);
    printf ("\n deseja alterar o coeficiente? s/n ");
    xnt = tecla ();
    if (xnt == 's')
    {
        printf ("\n o coeficiente de %s",nstr);
        printf ("\n pode variar no intervalo de 0.0 a 1.0.");
        printf ("\n as tecnologias que possuem menor \n %s",nstr);
        printf ("\n terão valor baixo, as outras, valores
elevados");
        printf ("\n digite o novo coeficiente: ");
        lchav = '0';
        while (lchav == '0')
        {
            xk = tecla2();
            lchav = '1';
            if ((xk < 0.) || (xk > 1.))
            {
                printf ("\n o valor digitado não é opção válida.
Redigite-o. ");
                lchav = '0';
            }
        }
        xcar[xi][9] = xk;
        jalt = '1';
    }
    strcpy(nstr,"uso histórico em industrias de carne");
    printf ("\n o coeficiente de %s \n cadastrado é:
%f",nstr,xcar[xi][10]);
    printf ("\n deseja alterar o coeficiente? s/n ");
    xnt = tecla ();
    if (xnt == 's')
    {
        printf ("\n o coeficiente de %s",nstr);
        printf ("\n pode variar no intervalo de 0.0 a 1.0.");
        printf ("\n as tecnologias que possuem menor \n %s",nstr);
        printf ("\n terão valor baixo, as outras, valores ");
        printf ("\n elevados. Digite o novo coeficiente: ");
        lchav = '0';
        while (lchav == '0')
        {
            xk = tecla2();
            lchav = '1';
            if ((xk < 0.) || (xk > 1.))
            {
                printf ("\n o valor digitado não é opção válida.
Redigite-o. ");
                lchav = '0';
            }
        }
        xcar[xi][10] = xk;
        jalt = '1';
    }
    strcpy(nstr,"possibilidade de uso em série da mesma
tecnologia");
    printf ("\n o valor cadastrado para a \n %s é: \n
%f",nstr,xcar[xi][11]);
    printf ("\n deseja alterar este valor? s/n ");

```



```

xnt = tecla ();
if (xnt == 's')
{
printf ("\n a %s",nstr);
printf ("\n pode possuir os valores:");
printf ("\n 0 - não existe repetição \n 1 - pode haver uma
repetição");
printf ("\n 2 - pode haver duas repetições \n 3 - pode
haver três repetições.");
printf ("\n digite o novo valor: ");
lchav = '0';
while (lchav == '0')
{
xk = tecla2();
lchav = '1';
if ((xk < 0) || (xk > 3))
{
printf ("\n o valor digitado não é opção válida.
Redigite-o. ");
lchav = '0';
}
}
xcar[xi][11] = xk;
jalt = '1';
}
strcpy(nstr,"tipo de geometria usada pela tecnologia");
printf ("\n o valor cadastrado para o \n %s é:
%f",nstr,xcar[xi][12]);
printf ("\n deseja alterar este valor? s/n ");
xnt = tecla ();
if (xnt == 's')
{
printf ("\n a %s",nstr);
printf ("\n pode possuir os valores:");
printf ("\n 0 - não existe \n 1 - circular");
printf ("\n 2 - retangular \n 3 - quadrado \n 4 - oval");
printf ("\n digite o novo valor: ");
lchav = '0';
while (lchav == '0')
{
xk = tecla2();
lchav = '1';
if ((xk < 0) || (xk > 4))
{
printf ("\n o valor digitado não é opção válida.
Redigite-o. ");
lchav = '0';
}
}
xcar[xi][12] = xk;
jalt = '1';
}
strcpy(nstr,"principal parâmetro limitante");
printf ("\n o valor cadastrado para o \n %s é:
%f",nstr,xcar[xi][13]);
printf ("\n deseja alterar este valor? s/n ");
xnt = tecla ();
if (xnt == 's')
{
printf ("\n a %s",nstr);
printf ("\n pode possuir os valores:");

```

```

printf ("\n 0 - não existe \n 1 - carga DBO superficial(kg
DBO/ha.dia)");
printf ("\n 2 - carga DBO volumétrica (g DBO/m3.dia) \n 3 -
tempo de retenção (dia)");
printf ("\n 4 - velociada ascencional (metro/hora) \n 5 -
velocidade superficial (metro/seg)");
printf ("\n 6 - teor de óleos e graxas (mg/L) \n 7 -
diâmetro (metro)");
printf ("\n 8 - altura (metro) \n 9 - comprimento
(metro)");
printf ("\n 10 - vazão (m3/dia)");
printf ("\n digite o novo valor: ");
lchav = '0';
while (lchav == '0')
{
xk = tecla2();
lchav = '1';
if ((xk < 0) || (xk > 10))
{
printf ("\n o valor digitado não é opção válida.
Redigite-o. ");
lchav = '0';
}
}
xcar[xi][13] = xk;
jalt = '1';
}
strcpy(nstr,"valor do parâmetro limitante");
printf ("\n o valor cadastrado para o \n %s é:
%f",nstr,xcar[xi][14]);
printf ("\n deseja alterar este valor? s/n ");
xnt = tecla ();
if (xnt == 's')
{
printf ("\n digite o novo valor: ");
lchav = '0';
while (lchav == '0')
{
xk = tecla2();
lchav = '1';
if ((xk < 0) || (xk > 99999))
{
printf ("\n o valor digitado não é opção válida.
Redigite-o. ");
lchav = '0';
}
}
xcar[xi][14] = xk;
jalt = '1';
}
strcpy(nstr,"tempo de vida útil do equipamento");
printf ("\n o valor cadastrado para o \n %s é:
%f",nstr,xcar[xi][15]);
printf ("\n deseja alterar este valor? s/n ");
xnt = tecla ();
if (xnt == 's')
{
printf ("\n digite o novo valor: ");
lchav = '0';
while (lchav == '0')
{

```

```

        xk = tecla2();
        lchav = '1';
        if ((xk < 0) || (xk > 50))
        {
            printf ("\n o valor digitado não é opção válida.
Redigite-o. ");
            lchav = '0';
        }
    }
    xcar[xi][15] = xk;
    jalt = '1';
}

    }
    printf ("\n após estas alterações, deseja continuar ");
    printf ("\n a pesquisa s/n? ");
    xdig = tecla ();
    if (xdig == 'n') break;
}
}
if (xdig == 's')
{
    printf ("\n deseja continuar com as alterações s/n? ");
    xdig = tecla ();
}
}
if (jalt == '1')
{
    /* bloco de regravação das alternativas alteradas */
    rewind(fp);
    for (i = 0; i < jcont; ++i)
    {
        for (j = 0; j < 16; ++j)
            xvetor[j] = xcar[i][j];
        if (fwrite(xvetor, sizeof(xvetor), 1, fp) != 1)
        {
            printf ("\n erro na re-gravação do arquivo de características.");
            printf ("\n Providencie na reconstituição do mesmo.");
        }
    }
}
}
if (ialt == '1')
{
    /* bloco de regravação da lista de tecnologias alterada */
    rewind(gp);
    for (i = 0; i < jcont; ++i)
    {
        for (j = 0; j < 80; ++j)
            xlistr[j] = xlista[i][j];
        if (fwrite(xlistr, sizeof(xlistr), 1, gp) != 1)
        {
            printf ("\n erro na re-gravação do arquivo de cadastro de");
            printf ("\n tecnologias. Providencie na reconstituição ");
            printf ("\n do mesmo.");
        }
    }
}
}
}
/* módulo de inclusão de novas tecnologias */

```

```

xver = 'n';
printf ("\n deseja incluir nova(s) tecnologia(s)? s/n ");
xdig = tecla();
grcont = jcont;
while (xdig == 's')
{
    printf ("\n para a inclusão de nova(s) tecnologia(s) é conveniente");
    printf ("\n verificar se a nova tecnologia já está cadastrada. Na
");
    printf ("\n sequência será apresentada uma lista de ");
    printf ("\n tecnologias previamente cadastradas ");
    xver = 'n';
    for (i=0; i < jcont; ++i)
    {
        for (j=0; j < 80; ++j)
            xtr[j] = xlista[i][j];
        printf ("\n a alternativa: \n %s \n é a desejada? s/n  ", xtr);
        xver = tecla();
        if (xver == 's')
        {
            printf ("\n o nome a incluir já existe ou é muito semelhante");
            printf ("\n de um nome cadastrado. A inclusão será anulada");
            break;
        }
    }
    if (i >= jcont)
    {
        /* procede à inclusão de novas tecnologias */
        printf ("\n a tecnologia não foi encontrada no cadastro.");
        printf ("\n Você pretende realmente incluí-la? s/n  ");
        xver = tecla();
        if (xver == 's')
        {
            xmt = 'n';
            while (xmt == 'n')
            {
                printf ("\n digite o nome da nova tecnologia. Utilize ");
                printf ("\n no máximo 80 colunas e não use acentuação ");
                printf ("\n ou ç para manter a portabilidade: \n ");
                gets(xnome);
                gets(xlistr);
                printf ("\n o nome da nova tecnologia digitado foi:");
                printf ("\n %s",xlistr);
                printf ("\n este nome está correto? s/n  ");
                xmt = tecla();
                if (xmt == 's')
                {
                    for (j=0; j < 80; ++j)
                        xlista[jcont][j] = xlistr[j];
                    ++jcont;
                }
            }
            if (xmt == 's')
            {
                /* passa a incluir as características da tecnologia */
                icar = '1';
                while (icar == '1')
                {
                    printf ("\n a tecnologia de tratamento é do tipo primária? s/n
");

```

```

xp = 'n';
xp = tecla();
xs = 'n';
printf ("\n a tecnologia de tratamento é do tipo secundária?
s/n  ");
xs = tecla();
if (xs == 's')
if (xp == 'n')
{
printf ("\n se a tecnologia for secundária, eventualmente
pode");
printf ("\n  ser usada sem tratamento primário? s/n  ");
xps = tecla();
if (xps == 's')
{
xvetor[0] = 4;
icar = '0';
}
else
{
xvetor[0] = 2;
icar = '0';
}
}
if (xp == 's')
{
xvetor[0] = 1;
icar = '0';
}
else if (xs == 's')
if (xp == 'n')
{
printf ("\n se a tecnologia for secundária,
eventualmente pode");
printf ("\n  ser usada sem tratamento primário? s/n
");
xps = tecla();
if (xps == 's')
{
xvetor[0] = 4;
icar = '0';
}
else
{
xvetor[0] = 2;
icar = '0';
}
}
else;
else
{
printf ("\n a tecnologia é do tipo terciária? s/n
");
xt = tecla();
if (xt == 's')
{
xvetor[0] = 3;
icar = '0';
}
else
{

```

```

uma combinação");
mista ou terciária");
printf ("\n verifique a tecnologia, pois não é
printf ("\n possível (primária, secundária,
printf ("\n entre novamente com os dados: ");
    icar = '1';
}
}
}
    icar = '1';
while (icar == '1')
{
    xvetor[1] = 0;
    printf ("\n etapa de identificação do tipo de
processo.");
    printf ("\n se não houver certeza sobre a resposta, ");
    printf ("\n digite n, caso contrário digite s");
    printf ("\n a tecnologia utiliza processo anaeróbio? s/n
");
    xpl = tecla();
    if (xpl == 's')
    {
        xvetor[1] = 1;
        icar = '0';
    }
    else
    {
        printf ("\n a tecnologia utiliza processo aeróbio?
s/n ");
        xpl = tecla();
        if (xpl == 's')
        {
            xvetor[1] = 2;
            icar = '0';
        }
        else
        {
            printf ("\n a tecnologia utiliza processo
físico? s/n ");
            xpl = tecla();
            if (xpl == 's')
            {
                xvetor[1] = 3;
                icar = '0';
            }
            else
            {
                printf ("\n a tecnologia utiliza processo
químico? s/n ");
                xpl = tecla();
                if (xpl == 's')
                {
                    xvetor[1] = 4;
                    icar = '0';
                }
            }
        }
    }
}
if (icar == '1')
{
    /* não houve identificação do processo, continua */

```

```

printf ("\n o equipamento utiliza reagentes? s/n  ");
x6 = tecla();
if (x6 == 's')
{
    printf ("\n os reagentes utilizados devem provocar
separação ");
    printf ("\n  de sólidos ou lodo expressivos,
clarificando o ");
    printf ("\n  efluente no tanque? s/n  ");
    x7 = tecla();
    if (x7 == 's')
    {
        xvetor[1] = 4;
        icar = '0';
    }
    else
    {
        printf ("\n os reagentes são utilizados para
correção de pH");
        printf ("\n  ou como nutrientes para processo
biológico? s/n  ");
        x8 = tecla();
    }
}
if (icar == '1')
{
    printf ("\n a tecnologia utiliza grandes
tanques ou lagoas? s/n  ");
    x1 = tecla();
    if (x1 == 's')
    {
        printf ("\n estes tanques são muito profundos
(acima de 3,0 m)? s/n  ");
        x2 = tecla();
        if (x2 == 's')
        {
            printf ("\n o aspecto da superfície é de camada
com espuma ou ");
            printf ("\n  o líquido é escuro? s/n  ");
            x3 = tecla();
            if (x3 == 's')
            {
                xvetor[1] = 1;
                icar = '0';
            }
            else
            {
                printf ("\n o tanque é fechado, ficando a
superfície");
                printf ("\n  isolada do ambiente? s/n  ");
                x4 = tecla();
                if (x4 == 's')
                {
                    xvetor[1] = 1;
                    icar = '0';
                }
                else
                {
                    printf ("\n apesar de profundos, o
tanque utiliza aerador ou");

```



```

        }
    } /* finaliza o while */
/* inclui informações sobre a sequência típica ou especial */
if ((xvetor[1] == 2) || (xvetor[1] == 4))
xvetor[2] = 0;
else if (xvetor[1] == 1)
{
printf ("\n a tecnologia foi identificada como
anaeróbia");
printf ("\n ela deverá obrigatoriamente ser seguida
por");
printf ("\n outra tecnologia aeróbia? s/n ");
x18 = tecla();
if (x18 == 's')
xvetor[2] = 1;
}
/* inclui informação sobre o uso de espaço físico */
printf ("\n a área média utilizada pela tecnologia é ");
printf ("\n conhecida e pode ser informada? s/n ");
trm = 0;
vazaom = 0;
vazaomin = 0;
vazaomax = 0;
profund = 0;
xa = tecla();
if (xa == 's')
{
printf ("\n entre com o valor conhecido em metros quadrados:
\n ");
area = tecla2();
}
else
{
iarea = '1';
while (iarea == '1')
{
printf ("\n a utilização de espaço físico pela
tecnologia");
printf ("\n será calculada pelas informações a seguir:");
printf ("\n a unidade do tempo de residência médio é ");
printf ("\n calculada em dias? s/n ");
xunid = tecla();
if (xunid == 's')
{
printf ("\n informe o tempo de residência médio (dia):
");
trm = tecla2();
}
else
{
printf ("\n informe o tempo de residência médio (em
horas): \n");
trm = tecla2();
}
printf ("\n a vazão média é conhecida? s/n ");
x19 = tecla();
if (x19 == 's')
{
if (xunid == 's')
{

```

```

printf ("\n informe a vazão média utilizada pela
tecnologia");
printf ("\n em metros cúbicos/dia:  ");
vazaom = tecla2();
}
else
{
tecnologia");
printf ("\n informe a vazão média utilizada pela
tecnologia");
printf ("\n em metros cúbicos/hora: \n  ");
vazaom = tecla2();
}
}
else
{
if (xunid == 's')
{
utilizada ");
printf ("\n pela tecnologia (em m3/dia): ");
vazaomin = tecla2();
printf ("\n entre agora com o valor da maior vazão
utilizada");
printf ("\n pela tecnologia (em m3/dia): ");
vazaomax = tecla2();
vazaom = (vazaomax + vazaomin)/2;
}
else
{
utilizada ");
printf ("\n pela tecnologia (em m3/hora): ");
vazaomin = tecla2();
printf ("\n entre agora com o valor da maior
vazão utilizada");
printf ("\n pela tecnologia (em m3/hora): ");
vazaomax = tecla2();
vazaom = (vazaomax + vazaomin)/2;
}
}
printf ("\n informe a profundidade (ou altura) média do
equipamento (metros): \n ");
profund = tecla2();
while (profund <= 0)
{
ser negativa");
printf ("\n ou igual a zero: reentre com a
profundidade: ");
profund = tecla2();
}
area = (vazaom * trm)/profund;
/* calcula o coeficiente em função da área */
iarea = '0';
if (area > 5000)
area = 5000;
if (area >= 1000)
xvetor[3] = .2/4000*area + .75;
else if (area >= 500)
xvetor[3] = .3/420*area + .443;
else if (area > 0)

```



```

else
{
printf ("\n informe a vazão média utilizada
pela tecnologia");
printf ("\n   em metros cúbicos/hora: \n
");
vazaom = tecla2();
}
else
{
if (xunid == 's')
{
printf ("\n entre com o valor da menor
vazão utilizada ");
printf ("\n   pela tecnologia (em m3/dia):
");
vazaomin = tecla2();
printf ("\n entre agora com o valor da
maior vazão utilizada");
printf ("\n   pela tecnologia (em m3/dia):
");
vazaomax = tecla2();
vazaom = (vazaomax + vazaomin)/2;
}
else
{
printf ("\n entre com o valor da menor vazão
utilizada ");
printf ("\n   pela tecnologia (em
m3/hora): ");
vazaomin = tecla2();
printf ("\n entre agora com o valor da
maior vazão utilizada");
printf ("\n   pela tecnologia (em
m3/hora): ");
vazaomax = tecla2();
vazaom = (vazaomax + vazaomin)/2;
}
}
printf ("\n informe a profundidade (ou altura)
média do equipamento ");
printf ("\n   (em metros):  ");
profund = tecla2();
while (profund <= 0)
{
printf ("\n a profundidade do equipamento
não pode ser negativa");
printf ("\n   ou igual a zero: reentre com
a profundidade: ");
profund = tecla2();
}
area = (vazaom * trm)/profund;
printf ("\n a forma do equipamento é
aproximadamente circular? s/n \n");
circular = tecla();
if (circular == 's')
perimetro = 2* sqrt(3.14*area);
else
{

```

```

printf ("\n a forma do equipamento é quadrada?
s/n \n");
    quadrado = tecla();
    perimetro = 4* sqrt(area);
}
if ((circular == 'n') && (quadrado == 'n'))
{
printf ("\n a forma do equipamento é retangular?
s/n \n");
    retangulo = tecla();
    if (retangulo == 's')
        perimetro = area/3.3;
    else
        {
printf ("\n a forma do equipamento é oval?
s/n \n");
            oval = tecla();
            if (oval == 's')
                perimetro = 4 * area;
            else perimetro = 2.15*area;
        }
}

/* calcula o coeficiente em função da área */
/* unidade de conversão: um CUB = US$ 260,00 */
cub = 260 * dolar;
printf ("\n o equipamento utiliza aeradores ou
outra ");
printf ("\n  forma de agitação? s/n ");
aerador = tecla();
custoaer = 0;
if (aerador == 's')
{
    lado = sqrt(area);
    naerador = ceil(lado/10 * 2);
    /* inclui o custo de n aeradores mais o
custo de bombas */
    custoaer = (naerador * 1500 + 500) * dolar;
}
printf ("\n a construção do equipamento utiliza
alvenaria");
printf ("\n  ou fibra de vidro ou material
semelhante? s/n ");
alvenaria = tecla();
if (alvenaria == 's')
{
    arealat = perimetro * profund;
    volt = (arealat + area)* 0.3;
    /* fator de 0,40 inclui mão-de-obra e
ferragem */
    custoi = cub * 0.4 * volt + custoaer;
    ici = '0';
}
else
{
    volt = (area * profund)/.7;
    ncarga = ceil(volt/6);
    voltretro = area * profund;
    custoretro = (voltretro/25) * cub *
.07;

```



```

{
printf ("\n entre com a eficiência no intervalo de (0-1):
\n");
xvetor[7] = tecla2();
}
else
{
printf ("\n caso contrário a eficiência será estimada.
Poderá ");
printf ("\n ser necessário a sua correção
posteriormente.");
xvetor[7] = .5;
}

/* verifica a eficiência do equipamento em relação a
nutrientes:
nitrogênio e fósforo */
printf ("\n em alguns casos a eficiência na remoção de
nutrientes");
printf ("\n é necessária para proteção do corpo receptor. A
");
printf ("\n eficiência na remoção de nitrogênio e fósforo é
");
printf ("\n conhecida? s/n ");
xnitrog = tecla();
if (xnitrog == 's')
{
printf ("\n entre com a eficiência na remoção de
nutrientes");
printf ("\n no intervalo de (0-1): ");
xvetor[8] = tecla2();
}
else
{
printf ("\n caso contrário a eficiência será estimada.
Poderá ");
printf ("\n ser necessário a sua correção posteriormente.
");
xvetor[8] = .6;
}

/* verifica a eficiência do equipamento em relação a
coliformes */
printf ("\n a eliminação de microorganismos patogênicos é
medida");
printf ("\n pelo poder de eliminação de coliformes fecais e
");
printf ("\n totais. A eficiência na remoção de coliformes é
");
printf ("\n conhecida? s/n ");
xcolif = tecla();
if (xcolif == 's')
{
printf ("\n entre com a eficiência na remoção de coliformes
no ");
printf ("\n intervalo de (0-1): ");
xvetor[9] = tecla2();
}
else
{

```



```

        printf ("\n caso contrário a eficiência será estimada.
Poderá ");
        printf ("\n ser necessário a sua correção posteriormente.
");
        xvetor[9] = .95;
    }

    /* estimativa do uso da tecnologia em indústria de carnes */
tecnologia");
    printf ("\n existe notícia ou há registro do uso desta
de ");
    printf ("\n aplicada ao tratamento de resíduos da indústria
de ");
    printf ("\n carnes? s/n ");
    xtrad = tecla();
    if (xtrad == 's')
    {
conhecidas");
        printf ("\n informe o número de casos ou aplicações
        printf ("\n e que tenha sucesso: ");
        printf ("\n o número é igual ou inferior a 2? s/n ");
        xnum = tecla();
        if (xnum == 's')
            xvetor[10] = .2;
        else
        {
a 5? s/n \n");
            printf ("\n caso contrário, o número é igual ou inferior
            xnum = tecla();
            if (xnum == 's')
                xvetor[10] = .4;
            else
                {
inferior a 8? s/n \n");
                    printf ("\n caso contrário, o número é igual ou
                    xnum = tecla();
                    if (xnum == 's')
                        xvetor[10] = .6;
                    else
                        {
inferior a 10? s/n \n");
                            printf ("\n caso contrário, o número é igual ou
                            xnum = tecla();
                            if (xnum == 's')
                                xvetor[10] = .8;
                            else
                                {
superior a 10? s/n \n");
                                    printf ("\n caso contrário, o número é
                                    xnum = tecla();
                                    if (xnum == 's')
                                        xvetor[10] = 1.0;
                                }
                            }
                        }
                    }
                }
            }
        }
    }

    /* possibilidade de uso em série da tecnologia */
repetidos e");
    printf ("\n em alguns casos os equipamentos podem ser

```

```

printf ("\n dispostos em série, por exemplo: o uso de duas
lagoas");
printf ("\n em seqüência. Informe a seguir a possibilidade
que o ");
printf ("\n equipamento/tecnologia possa ser repetido:");
printf ("\n O equipamento pode ser usado somente um vez ou não
é");
printf ("\n prática a sua repetição? s/n  ");
xrep = tecla();
if (xrep == 's')
xvetor[11] = 0;
else
{
printf ("\n caso contrário, o equipamento pode ser
repetido ou");
printf ("\n usado em série somente uma vez? s/n  ");
xrep = tecla();
if (xrep == 's')
xvetor[11] = 1;
else
{
printf ("\n caso contrário, o equipamento pode ser
repetido");
printf ("\n em até duas vezes? s/n  ");
xrep = tecla();
if (xrep == 's')
xvetor[11] = 2;
else
{
printf ("\n se o equipamento pode ser repetido
mais de");
printf ("\n duas vezes, informe o número de
repetições: \n");
xvetor[11] = tecla2();
}
}
}
}

/* verifica o tipo de geometria */
if (retangulo == 's')
xvetor[12] = 2;
else if (circular == 's')
xvetor[12] = 1;
else if (quadrado == 's')
xvetor[12] = 3;
else if (oval == 's')
xvetor[12] = 4;
else xvetor[12] = 0;

/* inclui principal parâmetro limitante */
printf ("\n a tecnologia possui algum parâmetro limitante? s/n
\n");
xparam = tecla();
if (xparam == 's')
{
printf ("\n os principais parâmetros limitantes são a carga
de DBO");
printf ("\n superficial ou volumétrica; o tempo de retenção;
a");
printf ("\n velocidade ascensional; a velocidade
superficial;");

```

```

altura;");
printf ("\n e o comprimento. No caso, o parâmetro limitante
é");
printf ("\n a carga aplicada de DBO superficial? s/n ");
xparlim = tecla();
if (xparlim == 's')
{
xvetor[13] = 1;
printf ("\n informe o valor em kg DBO/hectare.dia: ");
xvetor[14] = tecla2();
}
else
{
printf ("\n o parâmetro limitante é a carga volumétrica
aplicada");
printf ("\n de DBO? s/n");
xparlim = tecla();
if (xparlim == 's')
{
printf ("\n informe o valor em g DBO/m3.dia: ");
xvetor[13] = 2;
xvetor[14] = tecla2();
}
else
{
printf ("\n o parâmetro limitante é o tempo de retenção?
s/n \n");
xparlim = tecla();
if (xparlim == 's')
{
printf ("\n informe o valor em dias ou fração de dia:
");
xvetor[13] = 3;
xvetor[14] = tecla2();
}
else
{
printf ("\n o parâmetro limitante é a velocidade
ascensional? s/n \n");
xparlim = tecla();
if (xparlim == 's')
{
printf ("\n informe o valor em m/h: ");
xvetor[13] = 4;
xvetor[14] = tecla2();
}
else
{
printf ("\n o parâmetro limitante é a velocidade
superficial? s/n \n");
xparlim = tecla();
if (xparlim == 's')
{
printf ("\n informe o valor em m/seg: ");
xvetor[13] = 5;
xvetor[14] = tecla2();
}
else
{

```

```

printf ("\n o parâmetro limitante é o nível de
óleos e graxas? s/n \n");
xparlim = tecla();
if (xparlim == 's')
{
printf ("\n informe o valor em mg/L:  ");
xvetor[13] = 6;
xvetor[14] = tecla2();
}
else
{
do equipamento? s/n \n");
printf ("\n o parâmetro limitante é o diâmetro
do equipamento? s/n \n");
xparlim = tecla();
if (xparlim == 's')
{
printf ("\n informe o valor em metros:  ");
xvetor[13] = 7;
xvetor[14] = tecla2();
}
else
{
do equipamento? s/n \n");
printf ("\n o parâmetro limitante é a altura
do equipamento? s/n \n");
xparlim = tecla();
if (xparlim == 's')
{
printf ("\n informe o valor em metros:  ");
xvetor[13] = 8;
xvetor[14] = tecla2();
}
else
{
comprimento do equipamento? s/n \n");
printf ("\n o parâmetro limitante é o
comprimento do equipamento? s/n \n");
xparlim = tecla();
if (xparlim == 's')
{
printf ("\n informe o valor em metros:
");
xvetor[13] = 9;
xvetor[14] = tecla2();
}
else
{
vazão? s/n \n");
printf ("\n o parâmetro limitante é a
vazão? s/n \n");
xparlim = tecla();
if (xparlim == 's')
{
printf ("\n informe o valor em m3/hora:
");
xvetor[13] = 10;
xvetor[14] = tecla2();
}
else
{
pesquisado não será");
printf ("\n caso contrário, o parâmetro
importância.");
printf ("\n considerado ou não tem

```



```

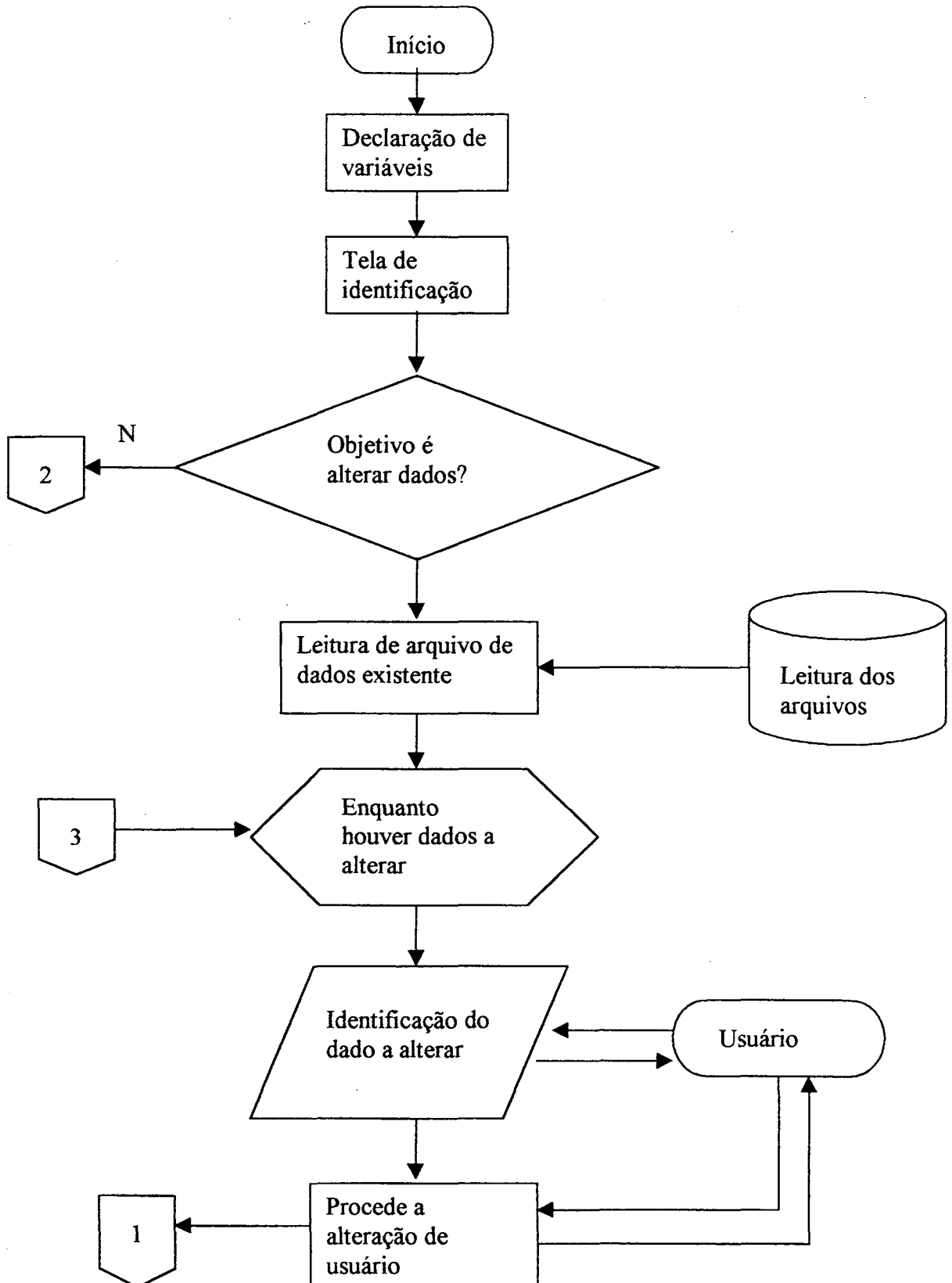
char tecla ()
{
    int iy, iw;
    char ystr[80], ytr;
    scanf ("%s",ystr);
    iw=strlen(ystr);
    for (iy=0; iy <= iw; ++iy)
        if ((ystr[iy] != ' ') && (ystr[iy] != '\0')) break;
    ytr = ystr[iy];
    if (ytr == 'S')
        ytr = 's';
    else if (ytr == 'N')
        ytr = 'n';
    return ytr;
}

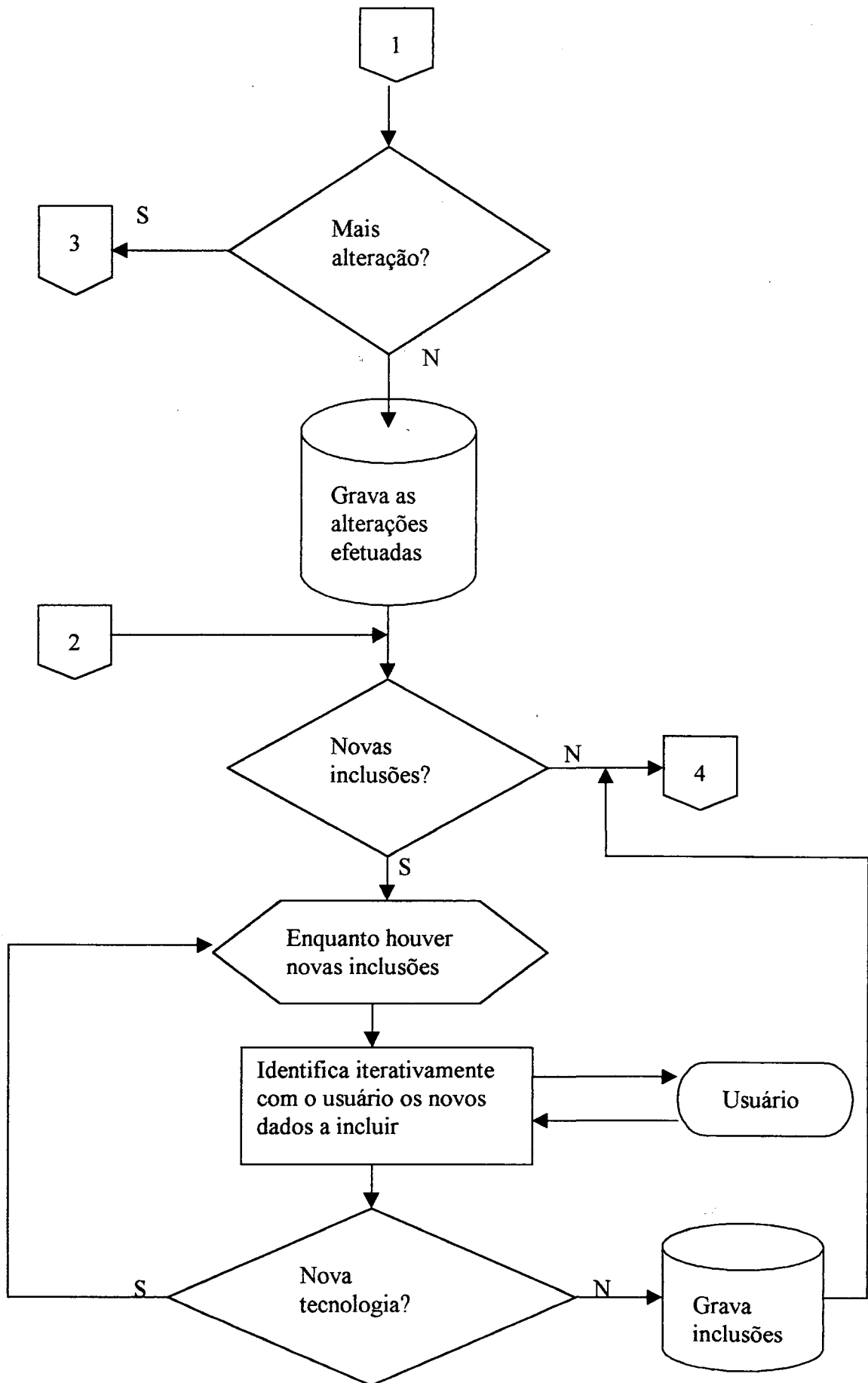
float tecla2 ()
{
    float xnum;
    int iy, iw, iz;
    char ystr[80], ytr, ichav;
    ichav = '1';
    while (ichav == '1')
    {
        scanf ("%s",ystr);
        ichav = '0';
        iw = strlen(ystr);
        for (iy=0; iy < iw; ++iy)
        {
            ytr = ystr[iy];
            if (isdigit(ytr) == 0)
            {
                if (ytr != '.')
                {
                    printf ("\n o num. digitado: ");
                    for (iz=0; iz< iw; ++iz)
                        printf ("%c", ystr[iz]);
                    printf ("\n possui caracter inválido, digite
novamente: \n",ystr);
                    ichav = '1';
                }
            }
            if (ichav == '1') break;
        }
        if (ichav == '0')
        {
            xnum = atof(ystr);
        }
    }
    return xnum;
}

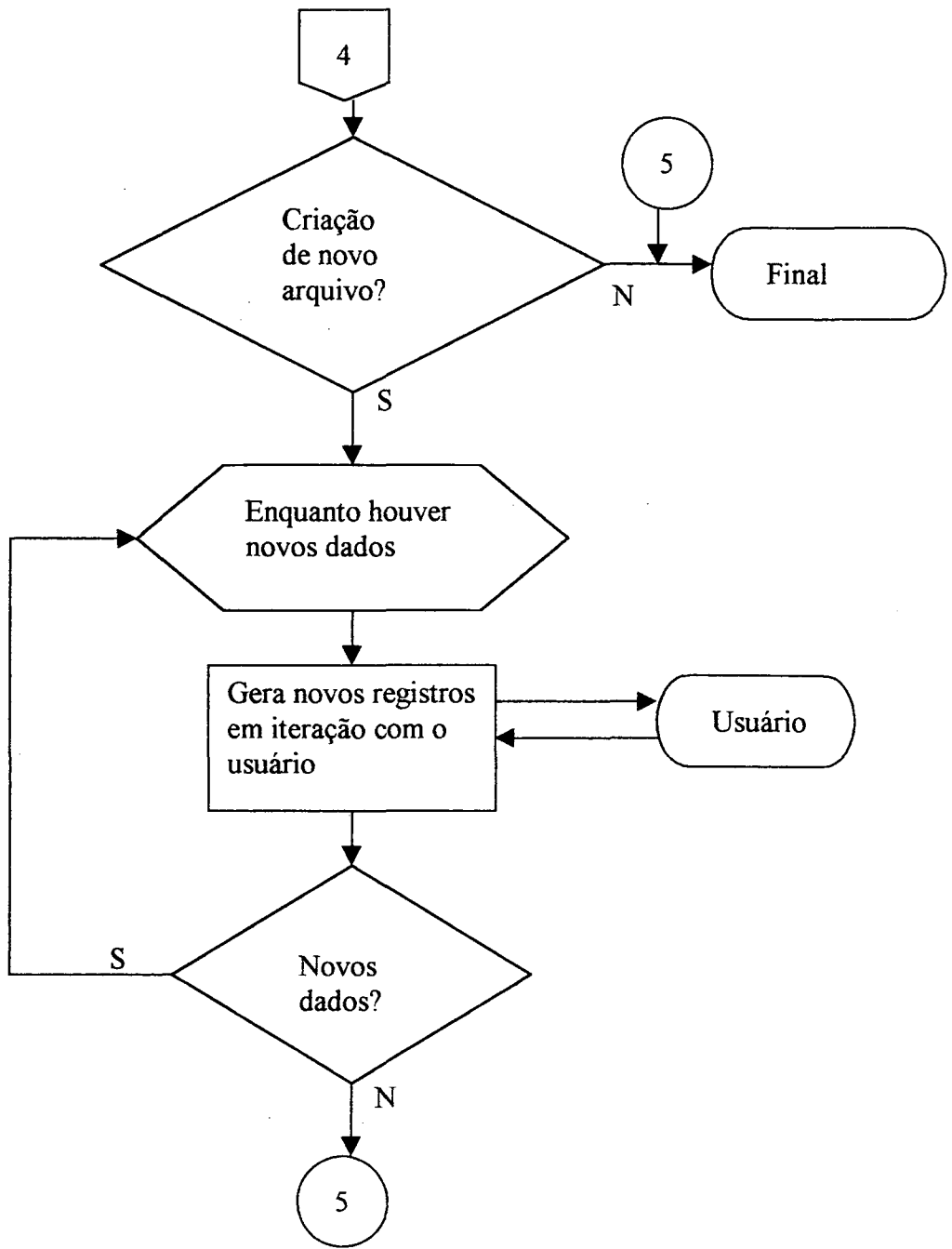
```

Anexo 07

Diagrama de fluxo do programa de alteração/inclusão de dados gerais (GERBDADO)







Anexo 08

Listagem do programa GERBDADO

```

#include <conio.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>
#include <time.h>
#include <string.h>
#include <ctype.h>

/*****
 *      PROGRAMA GERBDADO      *
 *      sistema especialista para sistema de      *
 *      tratamento de efluentes de indústria      *
 *      de carnes      *
 *      *      *
 *      programa de inclusão de dados gerais      *
 *      sobre tratamento de resíduos      *
 *      *      *
 *****/

char tecla ();
float tecla2 ();

char vari[3], ichav;
int idado, cont;
/* char variav[3]; */
int ix, iz, ty;
float val, xm;
double xx;
struct regis {
    int tdado;
    char variav[3];
    float valor;
} ap;
char dig, dig1, dig2, dig3, dig4, dig5, corr;

main (void)
{
    FILE *ep;
    FILE *gp;

    printf ("\n      Universidade Federal de Santa Catarina \n");
    printf ("\n Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção \n \n");
    printf ("\n aluno de doutorado: MSc. Djalma Dias da Silveira \n");
    printf (" orientadora:      Profa. Dra. Rejane Helena Ribeiro da Costa
\n");
    printf (" co-orientador:      Prof. Dr. Felipe Martins Müller \n \n");
    printf (" Sistema especialista para sistema de tratamento \n");
    printf ("      de efluentes da indústria de carnes \n");
    printf ("\n Programa para criação/inclusão de Dados ");
    printf ("\n no arquivo de Dados Gerais - banco de dados \n");
    printf ("\n \n para continuar digite uma tecla qualquer: ");

```

```

getch ();

clrscr ();

printf ("\n \n deseja criar novo arquivo? se sim digite s.");
printf ("\n   deseja incluir novos dados? se sim digite d.");
printf ("\n caso contrário digite n. Entre com o dígito: ");
dig = tecla();
if (dig == 's')
{
    printf ("\n esta opção criará novo arquivo. Os dados ");
    printf ("\n   anteriores serão perdidos. É recomendável a");
    printf ("\n   interrupção deste programa para que seja");
    printf ("\n   feita uma cópia do arquivo atual - se existir.");
    printf ("\n deseja continuar? s/n   ");
    dig2 = tecla();
    if (dig2 == 's')
        if ((ep=fopen("bdados","wb")) == NULL)
        {
            printf ("o arquivo com dados gerais não pode ser aberto \n");
            exit(1);
        }
        else;
    else
    {
        printf ("\n *** programa cancelado ***");
        exit(1);
    }
}
else if (dig == 'd')
{
    if ((ep=fopen("bdados","a+")) == NULL)
    {
        printf ("o arquivo com dados gerais não pode ser aberto \n");
        exit(1);
    }
}
else if (dig == 'n')
{
    printf ("\n deseja verificar/alterar os registros existentes?
s/n");

    dig2 = tecla();
    if (dig2 == 's')
    {
        if ((ep=fopen("bdados","r+")) == NULL)
        {
            printf ("o arquivo com dados gerais não pode ser aberto
\n");

            exit(1);
        }
    }
}
if ((dig == 's') || (dig == 'd'))
{
    ix = -1;
    ichav = '0';
    while (ichav == '0')
    {
        clrscr();
        printf ("\n entre com o tipo de dados: 1-9 - tipo de empresa");
    }
}

```

```

        printf ("\n se o dado se refere a informações sobre
tecnologias");
        printf ("\n utilize uma tabela para identificar a
correspondência");
        printf ("\n      10 - 30 - tratamento primário");
        printf ("\n      31 - 50 - tratamento secundário");
        printf ("\n      51 - 70 - tratamento terciário");
        printf ("\n \n digite o tipo de dado:  ");
        xm = tecla2();
        ty = xm;
        clrscr();
        dig4 = 'n';
        while (dig4 != 's')
        {
            printf ("\n entre com a variavel correspondente ao tipo de
dado:");
            printf ("\n identifique em até três dígitos: DBO, DQO, NIT,
FOT,");
            printf ("\n SSE, SSU, CLO, PH, TEM, COL, COT, A, Q, O&G");
            printf ("\n \n digite o nome da variavel:  ");
            scanf("%s",vari);
            for (iz=0;iz<3;++iz)
                vari[iz] = toupper(vari[iz]);

            printf ("\n o valor do nome da variável lido foi: %s, ",vari);
            printf ("\n este nome está correto? s/n ");
            dig4 = tecla();
            if (dig4 != 's')
                printf ("\n o nome não foi aceito, deverá ser digitado
novamente.");
        }
        clrscr();
        printf ("\n digite o valor correspondente:  ");
        xx = tecla2();
        ap.tdado = ty;
        val = xx;
        ap.valor = val;
        strcpy(ap.variav,vari);
        printf ("\n dados lidos: %d %s
%12.2f",ap.tdado,ap.variav,ap.valor);
        printf ("\n os dados listados estão corretos? s/n ");
        dig1 = tecla();
        if (dig1 == 's')
        {
            if (fwrite(&ap,sizeof(struct regis),1,ep) != 1)
                printf ("Erro no arquivo bdados: não pode ser gravado");
            ++ix;
        }
        else printf ("\n o registro não foi adicionado ao arquivo");

        printf ("\n deseja ler outro conjunto de dados? s/n ");
        dig = tecla();
        if (dig == 's')
            ichav = '0';
        else ichav = '1';
    }
    printf ("\n num. registros gerados = %d",ix+1);
}

if (dig2 == 's')
{
    if ((gp=fopen("bdados2","wb")) == NULL)

```

```

    {
        printf ("\n o novo arquivo com dados gerais não pode ser aberto \n");
        exit(1);
    }
    cont = -1;
    ix = 0;
    if (fread(&ap,sizeof(struct regis),1,ep) != 1)
        printf ("\n Erro no arquivo bdados: não pode ser lido");
    while ((!feof(ep)) && (dig2 == 's'))
    {
        printf ("\n tipo de dado: %d  variavel: %s  valor:
%f",ap.tdado,ap.variav,ap.valor);

        printf ("\n deseja alterar algum dado? s/n  ");
        dig3 = tecla();
        if (dig3 == 's')
        {
            corr = '0';
            printf ("\n deseja alterar o tipo de dado? s/n  ");
            dig4 = tecla();
            if (dig4 == 's')
            {
                printf ("\n digite o tipo de dado novo:  ");
                ap.tdado = tecla2();
                corr = '1';
            }
            printf ("\n deseja alterar a variavel? s/n  ");
            dig4 = tecla();
            if (dig4 == 's')
            {
                dig4 = 'n';
                dig5 = 'n';
                while (dig4 != 's')
                {
                    printf ("\n digite o nome da variavel em até três
dígitos: \n");
                    scanf("%s",vari);
                    for (iz = 0; iz < 3; ++iz)
                        vari[iz] = toupper(vari[iz]);
                    printf ("\n o valor lido foi: %s, está correto? s/n
",vari);
                    dig4 = tecla();
                    if (dig4 == 's')
                    {
                        dig5 = 's';
                        corr = '1';
                    }
                    else printf ("\n redigite o nome da variável:");
                }
            }
            printf ("\n deseja alterar o valor da variavel? s/n  ");
            dig4 = tecla();
            if (dig4 == 's')
            {
                printf ("\n digite o novo valor da variavel:  ");
                ap.valor = tecla2();
                corr = '1';
            }
            if (corr == '1')
                ++cont;
        }
    }
}

```

```

if (dig5 == 's')
    strcpy(ap.variav,vari);

printf ("\n dados lidos: %d %s %12.2f",ap.tdado,ap.variav,ap.valor);
printf ("\n os dados listados estão corretos? s/n ");
dig1 = tecla();
if (dig1 == 's')
    {
        if (fwrite(&ap,sizeof(struct regis),1,gp) != 1)
            printf ("Erro no arquivo bdados2: não pode ser gravado");
        ++ix;
    }
    else printf ("\n o registro não foi adicionado ao arquivo");

printf ("\n deseja ler outro registro? s/n ");
dig2 = tecla();
if (dig2 == 's')
    {
        if (fread(&ap,sizeof(struct regis),1,ep) != 1)
            printf ("\n Erro no arquivo bdados: não pode ser lido");
        }
        else
        {
            if (fread(&ap,sizeof(struct regis),1,ep) != 1)
                printf ("\n Erro no arquivo bdados: não pode ser lido");
                while (!feof(ep))
                    {
                        if (!feof(ep))
                            {
                                if (fwrite(&ap,sizeof(struct regis),1,gp) != 1)
                                    printf ("Erro no arquivo bdados2: não pode ser
gravado");
                                ++ix;
                            }
                            if (fread(&ap,sizeof(struct regis),1,ep) != 1)
                                printf ("\n Erro no arquivo bdados: não pode ser lido");
                    }
                }
        }

printf ("\n num. de registros lidos: %d ",ix);
printf ("\n num. de registros alterados: %d ",cont);
if (!ferror(gp))
    {
        fclose(gp);
        fclose(ep);
        if ((gp=fopen("bdados2","rb")) == NULL)
            {
                printf ("o novo arquivo com dados gerais não pode ser aberto \n");
                exit(1);
            }
        if ((ep=fopen("bdados","wb")) == NULL)
            {
                printf ("o arquivo com dados gerais não pode ser aberto \n");
                exit(1);
            }
        if (fread(&ap,sizeof(struct regis),1,gp) != 1)
            printf ("\n Erro no arquivo bdados2: não pode ser lido");
            while (!feof(gp))
                {
                    if (!feof(gp))

```

```
        if (fwrite(&ap,sizeof(struct regis),1,ep) != 1)
        printf ("\n Erro no arquivo bdados: não pode ser lido");
        if (fread(&ap,sizeof(struct regis),1,gp) != 1)
        printf ("\n Erro no arquivo bdados2: não pode ser lido");
    }
}

fclose(gp);
}

fclose(ep);
printf ("\n \n término do programa.");
return 0;
}
```

Anexo 09

Listagem de alguns registros iniciais do arquivo banco de dados

tipo de dado	variável	valor da variável
1	DBO	2160.00
1	DBO	1900.00
1	DBO	1800.00
1	DBO	1100.00
1	DQO	2562.00
1	SSE	3.00
1	SSE	614.00
1	FOT	26.41
1	NIT	118.06
1	O&G	196.50
3	CLO	280.00
3	DQO	3800.00
5	DQO	5800.00
3	FOT	192.00
3	SSE	27.00
3	DBO	1800.00
5	FOT	170.00
5	SSE	10.00
5	DBO	1000.00
5	O&G	3404.50
1	CLO	450.00
1	DQO	13400.00
1	FOT	1090.00
1	SSE	190.00
1	DBO	5250.00
5	CLO	790.00
5	DQO	5500.00
5	FOT	40.00
5	SSE	4.50
5	DBO	800.00
8	DQO	1200.00

onde: tipo de dado - identifica o tipo de empresa, tecnologia, etc.

variável - identifica a variável ou parâmetro pesquisado

valor da variável - contém o valor da variável

Obs.: os valores obtidos referem-se à análises de amostras brutas efetuadas no Laboratório de Controle Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria-RS, utilizando os procedimentos analíticos segundo os Standard Methods (APHA-AWWA-WEF, 1997).

Anexo 10

Simulação para um abatedouro de bovinos ideal

Condições:

Área total = 10.000 m²

Área construída e adjacências = 4.000 m²

Área destinada à estação de tratamento de efluentes (E.T.E.) = 6.000 m²

Área de preservação permanente = não existe

Inclinação do terreno e de rampas = 20%

Restrições: não existe e ocorre boas condições de abate

Sistemas de qualidade ou equivalente = não existe

Programa utilizado: GERALT

Resultados: a seguir, uma página por simulação

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Simulação 01 - 20
Atividade: abatedouro de bovinos
Produção:
20 bovinos/dia

área total da empresa: 10000.0 metros quadrados
área construída: 1000.0 metros quadrados
área disponível para a E.T.E. da empresa: 6000.0 metros quadrados
volume de efluentes gerados: 20.00 metros cúbicos/dia

O sistema de pré-tratamento recomendado para a empresa será:
Para o abate de bovinos é importante que os resíduos sejam separados e tratados por tipo de resíduo. O sangue deve ser coletado em canaleta em separado; os resíduos da lavagem de estômagos e tripas não serão misturados com os resíduos da lavagem geral de pisos e salas. Devem ser coletados em duto em separado e encaminhados para o tanque de sedimentação (em alguns casos denominado estrumeira) separando o líquido dos sólidos presentes. Os sólidos dos currais também devem ser encaminhados a este tanque ou estrumeira. O sólido retido receberá tratamento conforme a empresa; o líquido coletado será encaminhado para o tratamento primário, podendo ser tratado conjuntamente com os outros resíduos ou receber um tratamento primário em separado (lagoa, digestão) conforme o caso. Os resíduos de lavagem em geral (equipamentos, pisos e salas) devem passar por um conjunto de peneiras ou grelhas (dispensa-se a caixa de areia para pequenos fluxos ou vazões) e posteriormente os resíduos serão encaminhados à uma caixa de retenção de sólidos flutuantes (caixa de gorduras). Após esta etapa os resíduos líquidos podem ser encaminhados para o sistema de tratamento recomendado abaixo.

num. de alternativas possíveis: 217
num. de alternativas técnicas geradas: 31

análise econômica utilizada: custo de implantação no primeiro ano

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.95
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.96
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.96
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.95
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Simulação 01a - 20
Atividade: abatedouro de bovinos
Produção:
20 bovinos/dia

área total da empresa: 10000.0 metros quadrados
área construída: 1000.0 metros quadrados
área disponível para a E.T.E. da empresa: 6000.0 metros quadrados
volume de efluentes gerados: 20.00 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.
num. de alternativas possíveis: 217
num. de alternativas técnicas geradas: 31

análise econômica utilizada: método do custo anual incluindo o
custo de manutenção para 5 anos à taxa atrativa de 6.00 %

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.95
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.96
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.96
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.95
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 8 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0
tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Simulação 01 - 40
Atividade: abatedouro de bovinos
Produção:
40 bovinos/dia

área total da empresa: 10000.0 metros quadrados
área construída: 1000.0 metros quadrados
área disponível para a E.T.E. da empresa: 6000.0 metros quadrados
volume de efluentes gerados: 40.00 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.
num. de alternativas possíveis: 217
num. de alternativas técnicas geradas: 30

análise econômica utilizada: método do custo anual incluindo o
custo de manutenção para 5 anos à taxa atrativa de 6.00 %
Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.96
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.95
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 8 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0
tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Simulação 01 - 60
Atividade: abatedouro de bovinos
Produção:
60 bovinos/dia

área total da empresa: 10000.0 metros quadrados
área construída: 1000.0 metros quadrados
área disponível para a E.T.E. da empresa: 6000.0 metros quadrados
volume de efluentes gerados: 60.00 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.
num. de alternativas possíveis: 217
num. de alternativas técnicas geradas: 16

análise econômica utilizada: método do custo anual incluindo o
custo de manutenção para 5 anos à taxa atrativa de 6.00 %

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1	num. tecnologias: 3	eficiência esperada: 0.96
tecnologia: lagoa anaerobia	vida útil: 9.0	
tecnologia: lagoa anaerobia	vida útil: 9.0	
tecnologia: lagoa facultativa	vida útil: 15.0	
alternativa: 2	num. tecnologias: 3	eficiência esperada: 0.97
tecnologia: lagoa anaerobia	vida útil: 9.0	
tecnologia: lagoa facultativa	vida útil: 15.0	
tecnologia: cloracao	vida útil: 2.0	
alternativa: 3	num. tecnologias: 2	eficiência esperada: 0.97
tecnologia: lagoa aerada	vida útil: 10.0	
tecnologia: lagoa de maturacao	vida útil: 25.0	
alternativa: 4	num. tecnologias: 2	eficiência esperada: 0.97
tecnologia: lagoa aerada	vida útil: 10.0	
tecnologia: cloracao	vida útil: 2.0	
alternativa: 5	num. tecnologias: 2	eficiência esperada: 0.99
tecnologia: valo de oxidacao	vida útil: 10.0	
tecnologia: lagoa de maturacao	vida útil: 25.0	
alternativa: 6	num. tecnologias: 2	eficiência esperada: 0.99
tecnologia: valo de oxidacao	vida útil: 10.0	
tecnologia: cloracao	vida útil: 2.0	
alternativa: 7	num. tecnologias: 2	eficiência esperada: 0.99
tecnologia: lodos ativados	vida útil: 10.0	
tecnologia: lagoa de maturacao	vida útil: 25.0	
alternativa: 8	num. tecnologias: 2	eficiência esperada: 0.96
tecnologia: lodos ativados	vida útil: 10.0	
tecnologia: cloracao	vida útil: 2.0	

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Simulação 01 - 80
Atividade: abatedouro de bovinos
Produção:
80 bovinos/dia

área total da empresa: 10000.0 metros quadrados
área construída: 1000.0 metros quadrados
área disponível para a E.T.E. da empresa: 6000.0 metros quadrados
volume de efluentes gerados: 80.00 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.
num. de alternativas possíveis: 217
num. de alternativas técnicas geradas: 14

análise econômica utilizada: método do custo anual incluindo o
custo de manutenção para 5 anos à taxa atrativa de 6.00 %
Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.96
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 8 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.96
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
 para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
 autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Simulação 01 - 100
 Atividade: abatedouro de bovinos
 Produção:
 100 bovinos/dia

área total da empresa: 10000.0 metros quadrados
 área construída: 1000.0 metros quadrados
 área disponível para a E.T.E. da empresa: 6000.0 metros quadrados
 volume de efluentes gerados: 100.00 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.
 num. de alternativas possíveis: 217
 num. de alternativas técnicas geradas: 14

análise econômica utilizada: método do custo anual incluindo o
 custo de manutenção para 5 anos à taxa atrativa de 6.00 %
 Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.96
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
 tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
 tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
 tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
 tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
 tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0
 tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
 tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0
 tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
 tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0
 tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 8 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.96
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
 para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
 autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Simulação 01 - 100a
 Atividade: abatedouro de bovinos
 Produção:
 100 bovinos/dia

área total da empresa: 10000.0 metros quadrados
 área construída: 1000.0 metros quadrados
 área disponível para a E.T.E. da empresa: 6000.0 metros quadrados
 volume de efluentes gerados: 100.00 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.
 num. de alternativas possíveis: 217
 num. de alternativas técnicas geradas: 14

análise econômica utilizada: custo de implantação no primeiro ano

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.96
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
 tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
 tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
 tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
 tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
 tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0
 tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
 tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0
 tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
 tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0
 tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 8 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.96
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Simulação 01 - 120
Atividade: abatedouro de bovinos
Produção:
120 bovinos/dia

área total da empresa: 10000.0 metros quadrados
área construída: 1000.0 metros quadrados
área disponível para a E.T.E. da empresa: 6000.0 metros quadrados
volume de efluentes gerados: 120.00 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.
num. de alternativas possíveis: 217
num. de alternativas técnicas geradas: 12

análise econômica utilizada: método do custo anual incluindo o
custo de manutenção para 5 anos à taxa atrativa de 6.00 % a.a.

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.95
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.96
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

alternativa: 8 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Simulação 01 - 140
Atividade: abatedouro de bovinos
Produção:
140 bovinos/dia

área total da empresa: 10000.0 metros quadrados
área construída: 1000.0 metros quadrados
área disponível para a E.T.E. da empresa: 6000.0 metros quadrados
volume de efluentes gerados: 140.00 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.
num. de alternativas possíveis: 217
num. de alternativas técnicas geradas: 12

análise econômica utilizada: método do custo anual incluindo o
custo de manutenção para 5 anos à taxa atrativa de 6.00 % a.a.

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.95
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.96
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

alternativa: 8 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Simulação 01 - 160
Atividade: abatedouro de bovinos
Produção:
160 bovinos/dia

área total da empresa: 10000.0 metros quadrados
área construída: 1000.0 metros quadrados
área disponível para a E.T.E. da empresa: 6000.0 metros quadrados
volume de efluentes gerados: 160.00 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.
num. de alternativas possíveis: 217
num. de alternativas técnicas geradas: 12

análise econômica utilizada: método do custo anual incluindo o
custo de manutenção para 5 anos à taxa atrativa de 6.00 % a.a.

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.95
tecnologia: lagoa anaérobica vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.96
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

alternativa: 8 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Simulação 01 - 160
Atividade: abatedouro de bovinos
Produção:
160 bovinos/dia

área total da empresa: 10000.0 metros quadrados
área construída: 1000.0 metros quadrados
área disponível para a E.T.E. da empresa: 6000.0 metros quadrados
volume de efluentes gerados: 160.00 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.
num. de alternativas possíveis: 217
num. de alternativas técnicas geradas: 13

análise econômica utilizada: custo de implantação no primeiro ano

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

alternativa: 8 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.96
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Simulação 01 - 180
Atividade: abatedouro de bovinos
Produção:
180 bovinos/dia

área total da empresa: 10000.0 metros quadrados
área construída: 1000.0 metros quadrados
área disponível para a E.T.E. da empresa: 6000.0 metros quadrados
volume de efluentes gerados: 180.00 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.
num. de alternativas possíveis: 217
num. de alternativas técnicas geradas: 12

análise econômica utilizada: método do custo anual incluindo o
custo de manutenção para 5 anos à taxa atrativa de 6.00 % a.a.

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.95
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.96
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

alternativa: 8 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: simulação 01 - 180a
Atividade: abatedouro de bovinos
Produção:
180 bovinos/dia

área total da empresa: 10000.0 metros quadrados
área construída: 1000.0 metros quadrados
área disponível para a E.T.E. da empresa: 6000.0 metros quadrados
volume de efluentes gerados: 180.00 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.
num. de alternativas possíveis: 217
num. de alternativas técnicas geradas: 11

análise econômica utilizada: custo de implantação no primeiro ano

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 4 eficiência esperada: 0.96
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 8 num. tecnologias: 4 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Simulação 01 - 200
Atividade: abatedouro de bovinos
Produção:
200 bovinos/dia

área total da empresa: 10000.0 metros quadrados
área construída: 1000.0 metros quadrados
área disponível para a E.T.E. da empresa: 6000.0 metros quadrados
volume de efluentes gerados: 200.00 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.
num. de alternativas possíveis: 217
num. de alternativas técnicas geradas: 10

análise econômica utilizada: método do custo anual incluindo o
custo de manutenção para 5 anos à taxa atrativa de 6.00 % a.a.

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.95
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.96
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0

alternativa: 8 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Simulação 01 - 200a
Atividade: abatedouro de bovinos
Produção:
200 bovinos/dia

área total da empresa: 10000.0 metros quadrados
área construída: 1000.0 metros quadrados
área disponível para a E.T.E. da empresa: 6000.0 metros quadrados
volume de efluentes gerados: 200.00 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.
num. de alternativas possíveis: 217
num. de alternativas técnicas geradas: 10

análise econômica utilizada: custo de implantação no primeiro ano

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.95
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.96
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0

alternativa: 8 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
 para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
 autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: simulação 01 - 220

Atividade: abatedouro de bovinos

Produção:

220 bovinos/dia

área total da empresa: 10000.0 metros quadrados

área construída: 1000.0 metros quadrados

área disponível para a E.T.E. da empresa: 6000.0 metros quadrados

volume de efluentes gerados: 220.00 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.

num. de alternativas possíveis: 217

num. de alternativas técnicas geradas: 11

análise econômica utilizada: método do custo anual incluindo o
 custo de manutenção para 5 anos à taxa atrativa de 6.00 % a.a.

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97

tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0

tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98

tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0

tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98

tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0

tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99

tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0

tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.99

tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 4 eficiência esperada: 0.99

tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.96

tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0

tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0

alternativa: 8 num. tecnologias: 4 eficiência esperada: 0.97

tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Simulação 01 - 250

Atividade: abatedouro de bovinos

Produção:

250 bovinos/dia

área total da empresa: 10000.0 metros quadrados

área construída: 1000.0 metros quadrados

área disponível para a E.T.E. da empresa: 6000.0 metros quadrados

volume de efluentes gerados: 250.00 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.

num. de alternativas possíveis: 217

num. de alternativas técnicas geradas: 10

análise econômica utilizada: método do custo anual incluindo o
custo de manutenção para 5 anos à taxa atrativa de 6.00 % a.a.

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97

tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0

tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98

tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0

tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98

tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0

tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.99

tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 4 eficiência esperada: 0.99

tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99

tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0

tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 4 eficiência esperada: 0.96

tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 8 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97

tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0

tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Simulação 01 - 300

Atividade: abatedouro de bovinos

Produção:

300 bovinos/dia

área total da empresa: 10000.0 metros quadrados

área construída: 1000.0 metros quadrados

área disponível para a E.T.E. da empresa: 6000.0 metros quadrados

volume de efluentes gerados: 300.00 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.

num. de alternativas possíveis: 217

num. de alternativas técnicas geradas: 10

análise econômica utilizada: método do custo anual incluindo o
custo de manutenção para 5 anos à taxa atrativa de 6.00 % a.a.

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 4 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.96
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0

alternativa: 8 num. tecnologias: 4 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Simulação 01 - 300a
Atividade: abatedouro de bovinos
Produção:
300 bovinos/dia

área total da empresa: 10000.0 metros quadrados
área construída: 1000.0 metros quadrados
área disponível para a E.T.E. da empresa: 6000.0 metros quadrados
volume de efluentes gerados: 300.00 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.
num. de alternativas possíveis: 217
num. de alternativas técnicas geradas: 14

análise econômica utilizada: custo de implantação no primeiro ano

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 4 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 4 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 8 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
 para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
 autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Simulação 01 - 350
 Atividade: abatedouro de bovinos
 Produção:
 350 bovinos/dia

área total da empresa: 10000.0 metros quadrados
 área construída: 1000.0 metros quadrados
 área disponível para a E.T.E. da empresa: 6000.0 metros quadrados
 volume de efluentes gerados: 350.00 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.
 num. de alternativas possíveis: 217
 num. de alternativas técnicas geradas: 10

análise econômica utilizada: método do custo anual incluindo o
 custo de manutenção para 5 anos à taxa atrativa de 6.00 % a.a.

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
 tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
 tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98
 tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
 tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98
 tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0
 tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.99
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 4 eficiência esperada: 0.99
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.96
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0

alternativa: 8 num. tecnologias: 4 eficiência esperada: 0.97
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
 para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
 autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Simulação 01 - 400
 Atividade: abatedouro de bovinos
 Produção:
 400 bovinos/dia

área total da empresa: 10000.0 metros quadrados
 área construída: 1000.0 metros quadrados
 área disponível para a E.T.E. da empresa: 6000.0 metros quadrados
 volume de efluentes gerados: 400.00 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.
 num. de alternativas possíveis: 217
 num. de alternativas técnicas geradas: 10

análise econômica utilizada: método do custo anual incluindo o
 custo de manutenção para 5 anos à taxa atrativa de 6.00 % a.a.

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
 tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
 tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98
 tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
 tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98
 tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0
 tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.99
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 4 eficiência esperada: 0.99
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Simulação 01 - 400a
Atividade: abatedouro de bovinos
Produção:
400 bovinos/dia

área total da empresa: 10000.0 metros quadrados
área construída: 1000.0 metros quadrados
área disponível para a E.T.E. da empresa: 6000.0 metros quadrados
volume de efluentes gerados: 400.00 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.
num. de alternativas possíveis: 217
num. de alternativas técnicas geradas: 10

análise econômica utilizada: custo de implantação no primeiro ano

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 4 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 4 eficiência esperada: 0.96
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 8 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
 para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
 autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Simulação 01 - 450
 Atividade: abatedouro de bovinos
 Produção:
 450 bovinos/dia

área total da empresa: 10000.0 metros quadrados
 área construída: 1000.0 metros quadrados
 área disponível para a E.T.E. da empresa: 6000.0 metros quadrados
 volume de efluentes gerados: 450.00 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.
 num. de alternativas possíveis: 217
 num. de alternativas técnicas geradas: 14

análise econômica utilizada: método do custo anual incluindo o
 custo de manutenção para 5 anos à taxa atrativa de 6.00 % a.a.

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
 tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
 tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98
 tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
 tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98
 tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0
 tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.99
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 4 eficiência esperada: 0.99
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0

alternativa: 8 num. tecnologias: 4 eficiência esperada: 0.99
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
 para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
 autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Simulação 01 - 500

Atividade: abatedouro de bovinos

Produção:

500 bovinos/dia

área total da empresa: 10000.0 metros quadrados

área construída: 1000.0 metros quadrados

área disponível para a E.T.E. da empresa: 6000.0 metros quadrados

volume de efluentes gerados: 500.00 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.

num. de alternativas possíveis: 217

num. de alternativas técnicas geradas: 13

análise econômica utilizada: método do custo anual incluindo o
 custo de manutenção para 5 anos à taxa atrativa de 6.00 % a.a.

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
 tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
 tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98
 tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
 tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.98
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 4 eficiência esperada: 0.99
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 4 eficiência esperada: 0.98
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 8 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
 para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
 autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Simulação 01 - 600
 Atividade: abatedouro de bovinos
 Produção:
 600 bovinos/dia

área total da empresa: 10000.0 metros quadrados
 área construída: 1000.0 metros quadrados
 área disponível para a E.T.E. da empresa: 6000.0 metros quadrados
 volume de efluentes gerados: 600.00 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.
 num. de alternativas possíveis: 217
 num. de alternativas técnicas geradas: 12

análise econômica utilizada: método do custo anual incluindo o
 custo de manutenção para 5 anos à taxa atrativa de 6.00 % a.a.

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
 tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
 tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98
 tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
 tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.99
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 4 eficiência esperada: 0.98
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0

alternativa: 8 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 1.00
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
 para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
 autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: simulação 01 - 1000

Atividade: abatedouro de bovinos

Produção:

1000 bovinos/dia

área total da empresa: 10000.0 metros quadrados

área construída: 1000.0 metros quadrados

área disponível para a E.T.E. da empresa: 6000.0 metros quadrados

volume de efluentes gerados: 1000.00 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.

num. de alternativas possíveis: 217

num. de alternativas técnicas geradas: 11

análise econômica utilizada: método do custo anual incluindo o
 custo de manutenção para 5 anos à taxa atrativa de 6.00 % a.a.

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
 tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
 tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98
 tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
 tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.99
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 4 eficiência esperada: 1.00
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 8 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 1.00
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
 para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
 autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Simulação 01 - 1000a
 Atividade: abatedouro de bovinos
 Produção:
 1000 bovinos/dia

área total da empresa: 10000.0 metros quadrados
 área construída: 1000.0 metros quadrados
 área disponível para a E.T.E. da empresa: 6000.0 metros quadrados
 volume de efluentes gerados: 1000.00 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.
 num. de alternativas possíveis: 217
 num. de alternativas técnicas geradas: 11

análise econômica utilizada: custo de implantação no primeiro ano

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
 tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
 tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98
 tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
 tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.99
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 4 eficiência esperada: 0.98
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 1.00
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0

alternativa: 8 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 1.00
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

Anexo 11

Simulação para o primeiro caso real

Tipo de empresa: frigorífico de médio porte, com abate médio de 250 bovinos/dia

Área da empresa: 20 hectares

Área construída e adjacências = 6.000 m²

Área destinada ao sistema de tratamento = 20.000 m² (área com inclinação de 10%)

Pré- tratamento utilizado: caixa de gordura, estrumeira

Sistema de tratamento primário e secundário:

- duas lagoas anaeróbias (uma não instalada); e
- duas lagoas facultativas em série, funcionando a segunda como lagoa de maturação ou polimento.

Característica observada: conforme a planilha de análises a seguir, ocorre oscilação nas análises do efluente final, indicando problema.

Resultados da simulação: formulários obtidos como saída do programa GERALT, a seguir.

ACOMPANHAMENTO DOS LAUDOS DO EFLUENTE FINAL

PERÍODO:.....A.....

EMPRESA:
ENDEREÇO:
CIDADE:

PARAMETROS	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA
pH	19/06/97	28/07/97	11/09/97	16/10/97	19/11/97	13/02/98	20/06/98
	7,77	7,90	7,82		7,60	7,78	7,94
DQO	246 mg/l O ₂	278 mg/l O ₂	303 mg/l O ₂	253 mg/l O ₂	249 mg/l O ₂	277 mg/l O ₂	767 mg/l O ₂
DBO ₅ a 20°C	64 mg/l O ₂	49 mg/l O ₂	220 mg/l O ₂	127,83 mg/l O ₂	61,27 mg/l O ₂	80 mg/l O ₂	128,13 mg/l O ₂
Sól. Sed.	< 0,1 ml/l	0,2 ml/l	0,5 ml/l		< 0,2 ml/l	0,2 ml/l	< 0,1 ml/l
Sól. Susp.	20 mg/l	16 mg/l	68 mg/l		92 mg/l	24 mg/l	60 mg/l
Nit. Total	105,98 mg/l N	65,91 mg/l N	17,70 mg/l N		65,10 mg/l N	101,81 mg/l N	155,28 mg/l N
Fósf. Total	15,0 mg/l P	15,53 mg/l P	20,70 mg/l P		14,8 mg/l P	19,9 mg/l P	24,62 mg/l P
Óleos e Graxas	0,5 mg/l	23 mg/l	4 mg/l		3,5 mg/l		
Col. Faciais(NMP)	> 2.400/100ml	460/100ml	2400/100ml				

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Frigorífico caso real 01
Atividade: abatedouro de bovinos
Produção:
250 bovinos/dia

área total da empresa: 200000.0 metros quadrados
área construída: 3000.0 metros quadrados
área disponível para a E.T.E. da empresa: 20000.0 metros quadrados
volume de efluentes gerados: 250.00 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.
num. de alternativas possíveis: 217
num. de alternativas técnicas geradas: 18

análise econômica utilizada: custo de implantação no primeiro ano

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 8 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Frigorífico - caso real 01 b

Atividade: abatedouro de bovinos

Produção:

250 bovinos/dia

área total da empresa: 200000.0 metros quadrados

área construída: 3000.0 metros quadrados

área disponível para a E.T.E. da empresa: 20000.0 metros quadrados

volume de efluentes gerados: 250.00 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.

num. de alternativas possíveis: 217

num. de alternativas técnicas geradas: 22

análise técnica adicional: limite de coliformes totais

análise econômica utilizada: custo de implantação no primeiro ano

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 4 eficiência esperada: 0.97

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 4 eficiência esperada: 0.96

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98

tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0

tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99

tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0

tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 1.00

tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0

tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.99

tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0

tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.99

tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0

tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 8 num. tecnologias: 4 eficiência esperada: 0.99

tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Frigorífico - caso real 01 c
Atividade: abatedouro de bovinos
Produção:
250 bovinos/dia

área total da empresa: 200000.0 metros quadrados
área construída: 3000.0 metros quadrados
área disponível para a E.T.E. da empresa: 20000.0 metros quadrados
volume de efluentes gerados: 250.00 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.
num. de alternativas possíveis: 217
num. de alternativas técnicas geradas: 18
análise técnica adicional: limite de nutrientes (como Nitrogênio)

análise econômica utilizada: custo de implantação no primeiro ano

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 8 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: frigorífico - caso real 01 d
Atividade: abatedouro de bovinos
Produção:
250 bovinos/dia

área total da empresa: 200000.0 metros quadrados
área construída: 3000.0 metros quadrados
área disponível para a E.T.E. da empresa: 20000.0 metros quadrados
volume de efluentes gerados: 250.00 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.
num. de alternativas possíveis: 217
num. de alternativas técnicas geradas: 18
análise técnica adicional: limite de óleos e graxas (gorduras)

análise econômica utilizada: custo de implantação no primeiro ano

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 8 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
 para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
 autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Frigorífico - caso real 01 e
 Atividade: abatedouro de bovinos
 Produção:
 250 bovinos/dia

área total da empresa: 200000.0 metros quadrados
 área construída: 3000.0 metros quadrados
 área disponível para a E.T.E. da empresa: 20000.0 metros quadrados
 volume de efluentes gerados: 250.00 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.
 num. de alternativas possíveis: 217
 num. de alternativas técnicas geradas: 18

análise econômica utilizada: método do custo anual incluindo o
 custo de manutenção para 5 anos à taxa atrativa de 6.00 % a.a.

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.97
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98
 tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
 tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98
 tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
 tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.97
 tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0
 tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
 tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0
 tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
 tecnologia: lodos ativados vida útil: 10.0
 tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 8 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.98
 tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

Anexo 12

Simulação para o segundo caso real

Tipo de empresa: abatedouro de pequeno porte, com abate médio de 05 bovinos/dia

Área da empresa: 07 hectares

Área construída e adjacências = 1.494 m²

Área destinada ao sistema de tratamento = sem limite dentro da propriedade (área com inclinação menor que 5%), exceto as restrições legais;

Trecho em contato com o Rio Jacuí = 200 m

Pré- tratamento utilizado: caixa de gordura, estrumeira

Sistema de tratamento primário e secundário:

- uma lagoa anaeróbia; e
- uma lagoa facultativa em série.

Característica observada: a empresa situa-se às margens do rio Jacuí/RS, com áreas de preservação permanente.

Resultados da simulação: formulários obtidos como saída do programa GERALT, a seguir.

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
 para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
 autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Frigorífico - caso real 02
 Atividade: abatedouro de bovinos
 Produção:
 5 bovinos/dia

área total da empresa: 70000.0 metros quadrados
 área construída: 194.0 metros quadrados
 área disponível para a E.T.E. da empresa: 64606.0 metros quadrados
 volume de efluentes gerados: 5.00 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.
 num. de alternativas possíveis: 217
 num. de alternativas técnicas geradas: 32

análise econômica utilizada: custo de implantação no primeiro ano

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.94
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.94
 tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.94
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
 tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98
 tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
 tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98
 tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
 tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.98
 tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0
 tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.94
 tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0
 tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0

alternativa: 8 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.93
 tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0
 tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Frigorífico - caso real 02 b
Atividade: abatedouro de bovinos
Produção:
5 bovinos/dia

área total da empresa: 70000.0 metros quadrados
área construída: 194.0 metros quadrados
área disponível para a E.T.E. da empresa: 64606.0 metros quadrados
volume de efluentes gerados: 5.00 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.
num. de alternativas possíveis: 217
num. de alternativas técnicas geradas: 32

análise econômica utilizada: método do custo anual incluindo o
custo de manutenção para 5 anos à taxa atrativa de 6.00 % a.a.

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.94
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.94
tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.94
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0
tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 4 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 4 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0
tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 4 eficiência esperada: 0.94
tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0
tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Frigorífico - caso real 02 c
Atividade: abatedouro de bovinos
Produção:
5 bovinos/dia

área total da empresa: 70000.0 metros quadrados
área construída: 194.0 metros quadrados
área disponível para a E.T.E. da empresa: 64606.0 metros quadrados
volume de efluentes gerados: 5.00 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.
num. de alternativas possíveis: 217
num. de alternativas técnicas geradas: 47
análise técnica adicional: limite de nutrientes (como Nitrogênio)
análise técnica adicional: limite de óleos e graxas (gorduras)
análise técnica adicional: limite de coliformes totais)

análise econômica utilizada: método do custo anual incluindo o
custo de manutenção para 5 anos à taxa atrativa de 6.00 % a.a.

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.94
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.94
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.96
tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 4 eficiência esperada: 0.96
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.97
tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0
tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 4 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0
tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

Anexo 13

Simulação para o terceiro caso real

Tipo de empresa: indústria de processamento de carnes de pequeno porte, fabricação de embutidos de até 20 ton/mês (10 ton/mês de produtos frescais, 6 ton/mês de produtos cozidos e 4 ton/mês de produtos defumados).

Área da empresa: 3.000 m²

Área construída e adjacências = 1.470 m²

Área destinada ao sistema de tratamento = 1.500 m² (área com inclinação próxima a 70%)

Pré- tratamento utilizado: duas caixas de gordura

Sistema de tratamento primário e secundário:

- um tanque séptico (como fossa séptica); e
- uma lagoa aeróbia (considerada como) em série, com área muito pequena.

Característica observada: terreno com forte inclinação, o efluente atual não está em conformidade com a legislação.

Resultados da simulação: formulários obtidos como saída do programa GERALT, a seguir.

Nome: Salsicharia - caso real 03 a

Atividade: fabricação de carne processada (salsicharia ou embutidos)

Produção:

20.0 ton/mês

área total da empresa: 3000.0 metros quadrados

área construída: 570.0 metros quadrados

área disponível para a E.T.E. da empresa: 1500.0 metros quadrados

volume de efluentes gerados: 6.70 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.

num. de alternativas possíveis: 217

num. de alternativas técnicas geradas: 17

análise econômica utilizada: custo de implantação no primeiro ano

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.89

tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0

tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.90

tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.98

tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98

tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0

tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98

tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0

tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.90

tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0

tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99

tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0

tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0

alternativa: 8 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99

tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Salsicharia - caso real 03 b

Atividade: fabricação de carne processada (salsicharia ou embutidos)

Produção:

20.0 ton/mês

área total da empresa: 3000.0 metros quadrados

área construída: 570.0 metros quadrados

área disponível para a E.T.E. da empresa: 1500.0 metros quadrados

volume de efluentes gerados: 6.70 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.

num. de alternativas possíveis: 217

num. de alternativas técnicas geradas: 17

análise econômica utilizada: método do custo anual incluindo o
custo de manutenção para 5 anos à taxa atrativa de 6.00 % a.a.

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.89

tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.90

tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.98

tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0

tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98

tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0

tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98

tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0

tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.90

tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0

tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99

tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0

tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0

alternativa: 8 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99

tecnologia: centrifugacao (decanter) vida útil: 5.0

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Salsicharia - caso real 03 c

Atividade: fabricação de carne processada (salsicharia ou embutidos)

Produção:

20.0 ton/mês

área total da empresa: 3000.0 metros quadrados

área construída: 570.0 metros quadrados

área disponível para a E.T.E. da empresa: 1500.0 metros quadrados

volume de efluentes gerados: 6.70 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.

num. de alternativas possíveis: 217

num. de alternativas técnicas geradas: 21

análise técnica adicional: limite de nutrientes (como Nitrogênio)

análise técnica adicional: limite de óleos e graxas (gorduras)

análise técnica adicional: limite de coliformes totais)

análise econômica utilizada: método do custo anual incluindo o
custo de manutenção para 5 anos à taxa atrativa de 6.00 % a.a.

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 4 eficiência esperada: 0.93

tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 4 eficiência esperada: 0.99

tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0

tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 4 eficiência esperada: 0.99

tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0

tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.99

tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0

tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.93

tecnologia: valo de oxidacao vida útil: 10.0

tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.93

tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0

tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0

tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.99

tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0

tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0

tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0

Anexo 14

Simulação para o quarto caso real

Tipo de empresa: frigorífico de pequeno porte, com abate médio de 27 bovinos/dia (dois dias por semana), 60 suínos/dia (três dias por semana) e 9 ton/mês de produtos processados de carne (todos os dias da semana).

Área da empresa: 8.700 m²

Área construída e adjacências = 3.800 m²

Área destinada ao sistema de tratamento = 4.000 m² (área com inclinação próxima a 5%)

Pré- tratamento utilizado: peneiras, caixa de gordura, estrumeira (com tanque séptico para o líquido da estrumeira)

Sistema de tratamento primário e secundário:

- uma lagoa anaeróbia; e
- duas lagoas facultativas em série.

Característica observada: área muito plana, quase sem inclinação.

Resultados da simulação: formulários obtidos como saída do programa GERALT, a seguir.

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Frigorífico - caso real 04 a
Atividade: abatedouro de bovinos e suínos e fabricação de carne processada
(embutidos)

Produção:
27 bovinos/dia; 60 suínos/dia e 9.0 ton/mês

área total da empresa: 8700.0 metros quadrados
área construída: 1600.0 metros quadrados
área disponível para a E.T.E. da empresa: 4000.0 metros quadrados
volume de efluentes gerados: 31.82 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.
num. de alternativas possíveis: 217
num. de alternativas técnicas geradas: 30

análise econômica utilizada: custo de implantação no primeiro ano

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.94
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0
tecnologia: cloração vida útil: 2.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.96
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.95
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0
tecnologia: lagoa de maturação vida útil: 25.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: fossa séptica vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0
tecnologia: cloração vida útil: 2.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: fossa séptica vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
tecnologia: cloração vida útil: 2.0

alternativa: 8 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.94
tecnologia: fossa séptica vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0
tecnologia: lagoa de maturação vida útil: 25.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Frigorífico - caso real 04 b

Atividade: abatedouro de bovinos e suínos e fabricação de carne processada (embutidos)

Produção:

27 bovinos/dia; 60 suínos/dia e 9.0 ton/mês

área total da empresa: 8700.0 metros quadrados

área construída: 1600.0 metros quadrados

área disponível para a E.T.E. da empresa: 4000.0 metros quadrados

volume de efluentes gerados: 31.82 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.

num. de alternativas possíveis: 217

num. de alternativas técnicas geradas: 30

análise econômica utilizada: método do custo anual incluindo o custo de manutenção para 5 anos à taxa atrativa de 6.00 % a.a.

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.94

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.96

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.95

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.99

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.98

tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0

tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.98

tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0

tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.98

tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0

tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Frigorífico - caso real 04 c
Atividade: abatedouro de bovinos e suínos e fabricação de carne processada
(embutidos)

Produção:
27 bovinos/dia; 60 suínos/dia e 9.0 ton/mês

área total da empresa: 8700.0 metros quadrados
área construída: 1600.0 metros quadrados
área disponível para a E.T.E. da empresa: 4000.0 metros quadrados
volume de efluentes gerados: 31.82 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.
num. de alternativas possíveis: 217
num. de alternativas técnicas geradas: 34
análise técnica adicional: limite de nutrientes (como Nitrogênio)
análise técnica adicional: limite de óleos e graxas (gorduras)

análise econômica utilizada: custo de implantação no primeiro ano

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.94
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0
tecnologia: cloração vida útil: 2.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.96
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.95
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.99
tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0
tecnologia: lagoa de maturação vida útil: 25.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: fossa séptica vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0
tecnologia: cloração vida útil: 2.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: fossa séptica vida útil: 5.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0
tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 2 eficiência esperada: 0.98
tecnologia: lagoa aerada vida útil: 10.0
tecnologia: cloração vida útil: 2.0

Sistema Especialista para Seleção de Alternativa
para o Tratamento de Resíduos da Indústria de Carnes
autoria: Djalma D. Silveira/PPGEP-UFSC

Nome: Frigorífico - caso real 04 d

Atividade: abatedouro de bovinos e suínos e fabricação de carne processada (embutidos)

Produção:

27 bovinos/dia; 60 suínos/dia e 9.0 ton/mês

área total da empresa: 8700.0 metros quadrados

área construída: 1600.0 metros quadrados

área disponível para a E.T.E. da empresa: 4000.0 metros quadrados

volume de efluentes gerados: 31.82 metros cúbicos/dia

utiliza a opção de não impressão do pré-tratamento recomendado.

num. de alternativas possíveis: 217

num. de alternativas técnicas geradas: 39

análise técnica adicional: limite de coliformes totais)

análise econômica utilizada: método do custo anual incluindo o custo de manutenção para 5 anos à taxa atrativa de 6.00 % a.a.

Alternativas técnica e economicamente viáveis selecionadas:

alternativa: 1 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.94

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 2 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.95

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 3 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.95

tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0

tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

alternativa: 4 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.99

tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0

tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 5 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.99

tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0

tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

tecnologia: lagoa de maturacao vida útil: 25.0

alternativa: 6 num. tecnologias: 4 eficiência esperada: 0.99

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

tecnologia: lagoa anaerobia vida útil: 9.0

tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

tecnologia: cloracao vida útil: 2.0

alternativa: 7 num. tecnologias: 3 eficiência esperada: 0.99

tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0

tecnologia: fossa septica vida útil: 5.0

tecnologia: lagoa facultativa vida útil: 15.0

ANEXO 15

Verificação do espaço físico para um sistema de tratamento de resíduos líquidos

Produção: abate de 180 bovinos/dia

Espaço físico disponível para o sistema: 6.000 m²

Vazão: 1000 l/bov. x 180 bov./dia = 180.000 l/dia = 180 m³/dia

DBO_i = 2.119,5 x 1,2 (fatores de gestão) = 2.543,4 mg/l

Sistema a calcular: lagoa anaeróbia - lagoa anaeróbia - lagoa facultativa

Cálculo da 1ª lagoa anaeróbia

Tempo de residência considerado = 5 dias (eficiência média estimada de 60%)

Volume da lagoa = 180 m³/d x 5 d = 900 m³

Profundidade média = 3,0 m

Área da lagoa = 900 m³/3,0 m = 300 m² (geometria retangular)

Correção da área para incluir os taludes de 1:1 = 422,3 m²

Verificação da carga volumétrica: $\lambda_v = 2.543,4 \text{ g/m}^3/5 \text{ d} = 508,7 \text{ g/m}^3 \cdot \text{d}$ (faixa = 100 - 400)

Conclusão: está fora da faixa aceitável

Recalculando para um tempo de retenção de 7 dias, obtém-se:

$\lambda_v = 363,3 \text{ g/m}^3 \cdot \text{d}$ (aceitável)

Área da lagoa corrigida = 594,0 m² (largura = 18,0 m e comprimento = 33,0 m)

Considerando uma eficiência média de redução da DBO de 60%:

Concentração na saída da 1ª lagoa anaeróbia = 1.017,36 mg/l

Cálculo da segunda lagoa anaeróbia: será idêntica à primeira.

Para a segunda lagoa supondo idêntica, a redução na eficiência em um terço (devido à diluição):

Concentração na saída da 2ª lagoa anaeróbia = 406,94 mg/l

Cálculo para a lagoa facultativa: será feito considerando uma cinética de 1ª ordem (SILVA & MARA, 1979) e adaptado para a região sul do Brasil (SILVEIRA, 1986):

Profundidade da lagoa = 1,5 m

Temperatura média no mês mais frio (considerando a região sul) = 12 °C

$L_i = 406,94 \text{ mg/l}$

$$A = \frac{180(406,94 - 60)}{18 \cdot 1,5 \cdot 1,05^{(T-20)}} = 3.417,3 \text{ m}^2$$

a área da lagoa corrigida será de 3.603,76 m² (comprimento = 84,0 m e largura = 43,0 m)

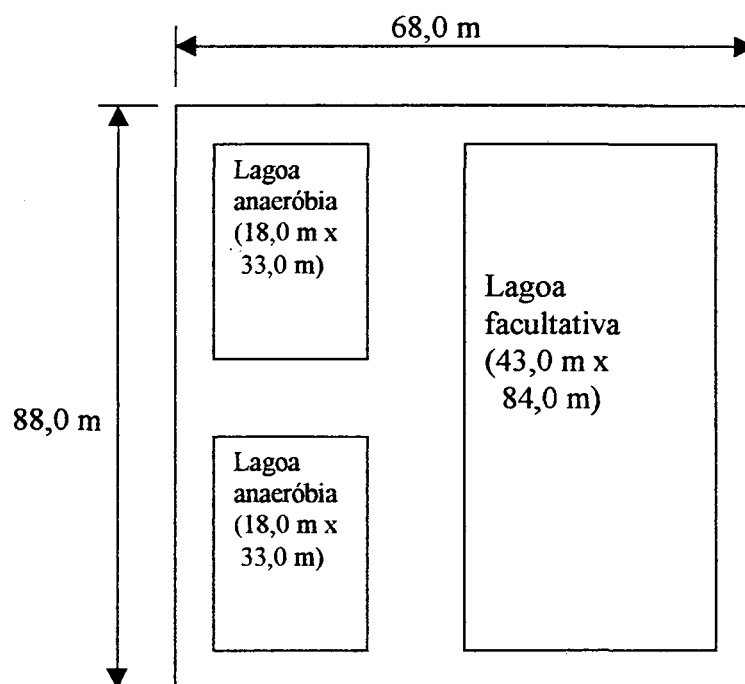
verificação da carga orgânica superficial:

$L_i = 406,94 \text{ mg/l} = 0,407 \text{ kg DBO/m}^3$

$\lambda_s = 0,407 \text{ kgDBO/m}^3 \cdot 180 \text{ m}^3/\text{d} / (0,3604 \text{ há}) = 203,3 \text{ kgDBO}/(\text{ha} \cdot \text{d})$

a faixa aceitável para λ_s varia de 65 a 512 kgDBO/(ha.d), logo a lagoa está bem dimensionada.

O lay-out para as lagoas, considerando uma geometria retangular e com espaços para instalar o topo de dois metros e os taludes de cada lagoa (lado externo):



Conclusão:

a área total do sistema considerando o lay-out acima será de 5.984,0 m², a qual é muito próxima da área disponível para o sistema de tratamento de 6.000,0 m².