



**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA E ARQUITETURA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA**

**FABRICIO BASSANI**

**DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL DO SISTEMA DE  
ESGOTO NO CAMPUS I DA UNIVERSIDADE DE PASSO  
FUNDO-RS: PARÂMETROS INICIAIS PARA O PROJETO DE  
UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO COMPACTA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia  
e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, para  
obtenção do título de Mestre em Engenharia.

**Passo Fundo**

**2005**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA E ARQUITETURA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA**

**Fabricio Bassani**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vera Maria Cartana Fernandes**

**DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL DO SISTEMA DE  
ESGOTO NO CAMPUS I DA UNIVERSIDADE DE PASSO  
FUNDO-RS: PARÂMETROS INICIAIS PARA O PROJETO DE  
UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO COMPACTA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia  
e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, para  
obtenção do título de Mestre em Engenharia

**Passo Fundo**

**2005**

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA E ARQUITETURA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação:**

**DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL DO SISTEMA DE ESGOTO NO CAMPUS I  
DA UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO - RS: PARÂMETROS INICIAIS PARA O  
PROJETO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO COMPACTA**

**Elaborada por:**

**FABRICIO BASSANI**

**Como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia**

Aprovado em:  
Pela Comissão Examinadora

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vera Maria Cartana Fernandes  
Presidente da Comissão Examinadora  
Orientadora

Prof. Dr. Luiz Olinto Monteggia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Marcelo Hemekemeier  
Universidade de Passo Fundo

Prof. Dr. Pedro A. V. Escosteguy  
Universidade de Passo Fundo

Prof. Dr. Antonio Thomé  
Coord. Prog. Pós-Graduação em Engenharia

**Passo Fundo**

**2005**

Dedico este trabalho

A Deus primeiramente, pela força interior que me  
guia e faz acreditar.

A minha esposa **Edi**, pelo amor e apoio recebido.

Aos meus pais, Agenor e Maria pela grande  
sabedoria em vida.

A minha família e todos que me apoiaram nesta fase  
de minha vida.

A Prof<sup>ra</sup>. Dr.<sup>a</sup> Vera Maria Cartana Fernandes pela orientação e dedicação proporcionada para realização desta pesquisa.

Ao Prof. Dr. Henrique da Silva Pizzo pela colaboração e coorientação proporcionada para realização desta pesquisa

Ao Prof. Dr. Marcelo Hemekemeier pela colaboração

Ao Prof. Dr. Luiz Olinto Monteggia pela colaboração

Aos demais colaboradores da Universidade de Passo Fundo: Diretores e Coordenadores das faculdades e institutos, setor de Departamento de Projetos em especial ao Eng. Jorge Antônio Gomes Rossato.

“É grande o desafio que se apresenta para os atuais e os futuros engenheiros sanitaristas do Brasil. Há praticamente tudo a se fazer na área de tratamento de esgoto. Para que possamos vencer este inadiável desafio, é necessário que projetemos e operamos estações de tratamento de esgoto de uma forma eficiente e econômica, possibilitando a sustentabilidade do empreendimento e sua expansão para um número cada vez maior de comunidades e indústrias”.

Marcos von Sperling – Maio de 1996

## RESUMO

As Instituições de Ensino Superior, no uso das mais variadas atividades internas realizadas com recursos hídricos, contribuem de maneira significativa para poluição hídrica, quando não tratam de forma adequada o seu esgoto final. A presente pesquisa tem como objetivo avaliar e diagnosticar o sistema de tratamento e disposição final do esgoto gerado no Campus I da Universidade de Passo Fundo (UPF) e, assim, fornecer parâmetros iniciais para o desenvolvimento do projeto de uma estação de tratamento de esgoto (ETE) compacta, aplicável ao estudo de caso. Esta pesquisa apresenta os sistemas de tratamento de esgoto e alguns dos procedimentos referentes aos efluentes químicos, que vêm sendo desenvolvido e adotado em algumas Instituições de Ensino Superior. Descreve os principais processos de tratamento de esgoto, desde os sistemas alternativos, simples e naturais até as mais variadas tecnologias de tratamento, chegando aos estudos preliminares para elaboração do projeto de ETE, com a apresentação da avaliação através das análises ambientais para os sistemas de tratamento de efluentes. Com base nestes estudos preliminares, foram definidos alguns parâmetros iniciais para o desenvolvimento do projeto de uma ETE para o Campus I da UPF. Através da aplicação de questionários sobre o saneamento em cada Faculdade e Instituto constatou-se como se destinam os efluentes gerados, a quantidade de contribuintes com uma projeção futura, a caracterização qualitativa verificando os tipos de efluente gerados. Com a análise do efluente final, pode-se verificar se o sistema de tratamento de esgoto existente no Campus I da UPF vem atendendo aos padrões permissíveis pelo CONAMA. Por fim, com o desenvolvimento da pesquisa, sugeriu-se sistemas de ETE para o estudo de caso através da avaliação comparativa das ETEs existentes com o uso de indicadores de sustentabilidade. Com os resultados da aplicação da pesquisa, verificou-se que nas Faculdades e Institutos cerca de 30,40% dos setores geram efluentes do tipo industrial, e que estes estão sendo armazenados e destinados a empresa legalizada, ainda percebeu-se que 17,40% dos setores

geram efluentes do tipo de saúde. As informações coletadas junto ao departamento de projetos da UPF revelam que os efluentes do tipo doméstico estão sendo destinados a tanques sépticos e sumidouros que estão interligados e conduzidos a um tanque séptico final. Já a análise final deste efluente apontam a possibilidade de não estar atendendo aos padrões estabelecidos pelo CONAMA, necessitando de uma ETE. Com os resultados encontrados, duas alternativas de ETE podem ser sugeridas para o estudo de caso, sendo que estas são constituídas de um sistema biológico anaeróbio de manta e lodo tipo UASB, seguido de pós-tratamento ou por lodo ativado ou por biofiltro. As comparações destes sistemas escolhidos indicam e sugerem para o tratamento de esgoto final para o Campus I da UPF a utilização de pós tratamento aeróbio com biofiltro, pois proporciona melhores resultados com menor área ocupada, custo de implantação e consumo de energia, porém ainda necessita de processos auxiliares para desnitrificação, desfosforização e cloração. Acredita-se que estes parâmetros iniciais desenvolvidos na aplicação desta pesquisa irão auxiliar no desenvolvimento do projeto da futura ETE do Campus I da UPF.

Palavras-chave: Estação de tratamento de esgoto, efluentes, Instituições de Ensino Superior.

## ABSTRACT

Water wastes generated by all Universities activities contribute in a significant way for water pollution, since there is not final treatment. The present reasearch has the aim to evaluate the treatment system and final dispositionof the effluent from the Campus I of the University of Passo Fundo (UPF), and then offer initial guidelines for the development of the project of a compact sewer treatment station (STS), and to evaluate the applicaton of these guidelines in a study case. Thus, this research presents the systems of sewer treatment and some of the procedures regarding the chemical effluent, that have been developed and adopted in some educational institution. It describes the main processes of sewer treatment, from alternatives systems, simple and natural until the most variable treatment tecnologies. Arriving to the preliminary studies for the sewer treatment stations project elaboration with the presentation of the evaluation through the environmental analyses for the effluent treatment systems. With the use of this preliminary studies for STSs projects, are mounted and applied some initial guidelines for elaboration of the project of a sewer treatment station, for the University of Passo Fundo, Campus I. Through camp research of local sanitation realized at each college and insitute, evidenced which is the the made effluents destiny, the measurement of taxpayer population with an future projection, the qualitative characterization verifying the made effluents types. With the analisys of the final effluent, it was possible to verify the sewer treatment system that exists on Campus I from UPF, wich is corresponding to the standard measures allowed by CONAMA. By the end, with the development of the research, STS systems are suggested for the study case through the comparative evaluation of the STSs that exist using indicators of self-maintenance. With research results, were verified that approximately 30,40% of the branches generates effluents of industry type in the University and Intitutions, and that this ones are being stored and have the destiny of legalized company, and still noticed that 17,40% of the branches generates effluents of health type. The collected informations from the projects departament of UPF reveal that the effluents of domestic type are being destined to septic tanks and drain interconnected and conduced to a final septic tank. The final analisys of this effluent indicate the possibility of not to be

attending to the standard measurements allowed by CONAMA, necessitating a STS. With the found results, two possibilities of STS could be suggested for the study case, knowing that this ones are formed by an anaerobio biological system of mantelet and mud, UASB type, then with pos-treating of active mud or biofilter. The comparations of this chosen systems indicate and suggest, for the treatment of final sewer for Campus I of UPF, the use of aerobio pos-treatment with biofilter, wich gives better results with shorter taken area, implantation cost and energy consumption, but still needs auxiliary process for disnitrification, disphosphorization and chlorination. These developed initial guidelines in the application of this research will help in the development of the project of a future STS on Campus I of UPF.

Keywords: sewer treatment station, effluents, institutions of superior education.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Modalidades de pós-tratamento anaeróbio e temas de pesquisa abordados no PROSAB ..	24
Figura 02 – Estação de tratamento da UNISC. ....	26
Figura 03 – Fluxograma da Estação de tratamento de esgoto da UFES. ....	28
Figura 04 – ETE Experimental da UFES. ....	30
Figura 05 – Modelo de estação de tratamento de esgoto – ETE. ....	34
Figura 06 – Fluxograma esquemático dos sistemas de tratamento esgoto. ....	44
Figura 07 – Processo com lagoa facultativa de estabilização sem aeração. ....	67
Figura 08 – Processo com lagoas de estabilização anaeróbia e facultativa sem aeração. ....	67
Figura 09 – Processo com lagoas de estabilização e com lagoas de maturação. ....	67
Figura 10 – Processo com decantador primário e infiltração rápida. ....	67
Figura 11 – Processo com reator anaeróbio. ....	68
Figura 12 – Processo com disposição controlada no solo com infiltração. ....	68
Figura 13 – Processo com disposição controlada no solo com infiltração subsuperficial. ....	68
Figura 14 – Processo com disposição controlada no solo com escoamento superficial. ....	68
Figura 15 – Processo com lagoa e disposição no solo com terra úmida construída – fluxo superficial. ....	69
Figura 16 – Processo com disposição no solo com terra úmida construída – fluxo subsuperficial. ....	69
Figura 17 – Processo mecanizado com lagoa aerada facultativa. ....	69
Figura 18 – Processo com lagoas de estabilização com aeração mecanizada. ....	69
Figura 19 – Processo mecanizado com reator anaeróbio com biofilme percolado. ....	70
Figura 20 – Processo sistema tanque séptico e filtro anaeróbio. ....	70
Figura 21 – Processo mecanizado com lodo ativado de fluxo contínuo. ....	70
Figura 22 – Processo com lodos ativados de fluxo intermitente. ....	70
Figura 23 – Processo com reator aeróbio com biodiscos. ....	71
Figura 24 – Processo com reator aeróbio com biofiltros areados submerso. ....	71
Figura 25 – Processo com reator UASB seguido por lagoas de polimento. ....	71
Figura 26 – Processo com reator UASB e disposição controlada no solo (escoamento superficial). ....	71
Figura 27 – Processo com reator UASB e por reator aeróbio de biomassa suspensa (lodo ativado). ....	72
Figura 28 – Processo com reator UASB seguido por reator aeróbio com biofilme ( biofiltro aerado). ....	72
Figura 29 – Processo com reator UASB seguido por reator anaeróbio (filtro anaeróbio). ....	72
Figura 30 – Processo com reator UASB seguido por tratamento físico-químico (flotação). ....	73
Figura 31 – Fatores de seleção e avaliação dos sistemas de tratamento de esgoto. ....	74
Figura 32 – Fatores de seleção e avaliação dos sistemas de tratamento de esgoto- Continuação. ....	75
Figura 33 – Sistemas aeróbios com biofilme. ....	78
Figura 34 – Sistemas anaeróbios. ....	79
Figura 35 – Sistemas de lodos ativados. ....	80
Figura 36 – Sistemas de lagoas de estabilização. ....	81
Figura 37 – Sistemas de disposição no solo. ....	82
Figura 38 – Vista aérea da Universidade de Passo Fundo – UPF. ....	89
Figura 39 – Fluxograma do estudo preliminar para uma estação de tratamento de esgoto. ....	91
Figura 40 – Relação de taxa de ocupação segundo NBR 9077. ....	92
Figura 41 – Momento da coleta do efluente final da Universidade de Passo Fundo. ....	96
Figura 42 – Esquema da destinação dos efluentes na UPF. ....	101
Figura 43 – Esquema da situação desejada para os efluentes da UPF. ....	102
Figura 44 – Questionários saneamento local na UPF. ....	108
Figura 45 – Porcentagem da geração de efluentes do tipo industrial, nos setores das faculdades e institutos. ....	109
Figura 46 – Porcentagem geração, de efluentes do tipo de saúde nos setores das faculdades e institutos. ....	110
Figura 47 – Processo com reator UASB seguido de pós tratamento aeróbio com lodos ativados. ....	113
Figura 48 – Processo com reator UASB seguido de pós-tratamento aeróbio com biofiltros. ....	114
Figura 49 – Processo UASB + Biofiltro + Desnitrificação/Desfosforização/ Desinfecção. ....	121

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Características, requisitos de área e potência, tempo de detenção hidráulica e volume do lodo a ser tratado dos principais sistemas de tratamento de esgoto.....	77
Tabela 02 – Quadro características, eficiência e custos dos principais sistemas de tratamento de esgoto. ....	77
Tabela 03 - Parâmetros, formas de avaliação e suas unidades utilizados para estação de tratamento de esgotos. ....	88
Tabela 04: Parâmetros permissíveis dos efluentes para tipo de classe do corpo d'água receptor.....	96
Tabela 05 - Parâmetros, formas de avaliação e unidades utilizados para ETEs.....	98
Tabela 06 – Características, requisitos de área e potência, volume do lodo a ser tratado, DBO e custo de investimento dos principais sistemas de tratamento de esgoto. ....	98
Tabela 07 – Características, requisitos de área e potência, volume do lodo a ser tratado, DBO e custos de implantação e operação dos principais sistemas de tratamento de esgoto- continuação. ....	99
Tabela 08 – Total populacional estimado pela primeira metodologia PY(1).....	103
Tabela 09 – Total populacional estimado PY(2).....	104
Tabela 10 – Total populacional estimado na primeira metodologia de cálculo. ....	105
Tabela 11 – Total populacional estimado obtido dos questionários aplicados nas faculdades e institutos. ....	106
Tabela 12 – Total populacional estimado pela segunda metodologia de cálculo.....	106
Tabela 13 – Resultados dos cálculos estimativos das populações, vazões e DBO .....	112
Tabela 14 – Resultados dos cálculos estimativo das populações, vazões e DBO <sub>5</sub> , em porcentagem . ....	112
Tabela 15 - Comparativo do parâmetro de área. ....	115
Tabela 16 - Comparativo do parâmetro de custos.....	115
Tabela 17 - Comparativo do parâmetro de potência. ....	116
Tabela 18 – Comparativo do parâmetro de produção de lodo.....	116
Tabela 19 - Cálculo Comparativo do parâmetro de eficiência. ....	116
Tabela 20 - cálculo comparativo do pré-dimensionamento pelo parâmetro de área. ....	117

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1 Considerações iniciais .....	14
1.2 Problema de pesquisa .....	15
1.3 Justificativa.....	16
1.4 Objetivos.....	18
1.4.1 Objetivo geral .....	18
1.4.2 Objetivos específicos .....	18
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>19</b>
2.1 Considerações sobre o saneamento no Brasil .....	19
2.2 Estação de tratamento de esgoto em algumas instituições de ensino superior.....	23
2.2.1 Estação de tratamento de esgoto da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC) .....	25
2.2.2 Estação de tratamento de esgoto da Universidade Federal Espírito Santo (UFES) .....	26
2.2.3 Estação de tratamento de esgoto da escola de engenharia em Belo Horizonte .....	30
2.2.4 Estação de tratamento da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).....	31
2.2.5 Modelo de estação de tratamento esgoto compacta .....	32
2.2.6 Procedimentos utilizados em Universidades, referentes aos efluentes químicos gerados .....	34
<b>3 PROCESSOS DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO .....</b>	<b>41</b>
3.1 Características do esgoto sanitário.....	41
3.2 Apresentação dos processos de tratamento de esgoto sanitário convencionais .....	44
3.2.1 Operações Físicas .....	45
3.2.2 Processos biológicos .....	46
3.2.3 Processos especiais para tratamento terciário .....	58
3.2.4 Processos especiais para desinfecção.....	61
3.3 Sistemas alternativos de tratamentos de esgoto sanitários .....	65
3.4 Tecnologias de tratamento de esgoto .....	66
3.5 Análise e seleção do processo de tratamento de esgoto .....	73
3.5.1 Fatores para seleção e avaliação de sistemas de tratamento de esgoto .....	74
3.5.2 Condicionantes para seleção e avaliação de sistemas de tratamento de esgoto .....	75
3.6 Análise comparativa dos sistemas de tratamento de esgoto.....	76
3.6.1 Características típicas dos principais sistemas de tratamento de esgoto .....	76
3.6.2 Análise comparativa dos principais sistemas de tratamento de esgoto .....	78
3.7 Estudos preliminares para projetos .....	82
3.7.1 Elementos que devem compor o estudo preliminar .....	83
3.7.2 Fases que compõe o estudo preliminar .....	83
<b>4 ANÁLISE AMBIENTAL DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO.....</b>	<b>86</b>
<b>5 METODOLOGIA DA PESQUISA .....</b>	<b>89</b>
5.1 Métodos e técnicas utilizadas .....	90
5.1.1 Elementos do estudo preliminar – parâmetros iniciais .....	90
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>100</b>
6.1 Situação atual da destinação dos efluentes gerados no Campus I da Universidade de Passo Fundo.....	100
6.2 Estimativa populacional do Campus I da Universidade de Passo Fundo.....	102
6.2.1 Estimativa populacional obtida com a primeira metodologia PY(1) .....	103
6.2.2 Estimativa populacional parcial obtida com a metodologia PY(2).....	104
6.2.3 Total populacional estimado pela segunda metodologia PX(1).....	105
6.3 Cálculo da vazão do efluente gerado no Campus I da Universidade de Passo Fundo .....	107
6.4 Qualificação dos efluentes .....	107
6.5 Requisitos de qualidade do efluente e nível de tratamento desejado .....	110
6.6 Determinação do período de projeto e das etapas de implantação.....	111

	13
6.7 Escolha das alternativas de tratamento de esgoto .....	113
6.8 Estudos técnicos das alternativas de tratamento possíveis de aplicação na situação em análise .....	115
6.9 Pré-dimensionamento das alternativas-cálculo de volume e de área .....	117
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>118</b>
7.1 Considerações finais .....	118
7.2 Recomendações para trabalhos futuros.....	122
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>124</b>
<b>ANEXO A – Questionário saneamento local para diretores das faculdades.....</b>	<b>128</b>
<b>ANEXO B – Questionário saneamento local para coordenadores.....</b>	<b>129</b>
<b>ANEXO C – Pré-dimensionamento reator UASB .....</b>	<b>130</b>
<b>ANEXO D – Pré-dimensionamento biofiltro .....</b>	<b>131</b>
<b>ANEXO E – Pré-dimensionamento lodo ativado.....</b>	<b>132</b>
<b>ANEXO F – Cálculo estimativo para etapalização do projeto .....</b>	<b>135</b>
<b>ANEXO G – Cálculo estimativo para unificação parâmetros processos.....</b>	<b>136</b>
<b>ANEXO H – Ensaio de análises físico-química do efluente final do sistema de tratamento atual da UPF .....</b>	<b>138</b>
<b>ANEXO I – Ensaio de análises microbiológicas do efluente final do sistema de tratamento atual da UPF .....</b>	<b>141</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Considerações iniciais

As Universidades são geradoras de diversos efluentes, e grande parte destas Instituições não possuem uma destinação correta dos mesmos. Estas Universidades deveriam tratar e gerenciar seus efluentes, com isso, estariam contribuindo com a proteção do meio ambiente local e atendendo as legislações ambientais. Além de desenvolver na formação profissional através da educação ambiental e mudanças de atitudes, ter uma maior participação tecnológica e científica dentro do saneamento básico.

A pesquisa objetiva avaliar e diagnosticar o sistema de tratamento de esgoto que vem sendo utilizado no Campus I da Universidade de Passo Fundo, e ao mesmo tempo fornecer os parâmetros iniciais para desenvolver um projeto de estação de tratamento de esgoto (ETE) compacta, possível de ser aplicada ao estudo de caso. Para tanto foi necessário fazer um diagnóstico da situação encontrada em cada Faculdade e Instituto e seus respectivos laboratórios, com o uso de questionários sobre o saneamento, que serviram de base para fornecer os parâmetros iniciais para o desenvolvimento do projeto de uma estação de tratamento de esgoto para o caso analisado. As informações sobre o saneamento do Campus I foram obtidas através do departamento de projetos da Universidade de Passo Fundo.

Através da revisão bibliográfica buscou-se diversas informações, especialmente sobre os sistemas de tratamento de esgoto que outras Universidades vêm desenvolvendo.

Em um segundo momento, estudou-se algumas características do esgoto com a análise dos sistemas de tratamento de esgoto, suas vantagens e desvantagens, características, suas combinações, fatores de sustentabilidade, estudos preliminares para projetos e ainda avaliação ambiental. Estas informações são importantes para determinação de parâmetros iniciais,

servindo de base para a elaboração do projeto de uma estações de tratamento de esgoto, bem como sua avaliação.

Com o levantamento de dados oriundos da pesquisa do saneamento e informações do departamento de projeto da universidade, foi possível determinar os parâmetros iniciais que compõem parcialmente os estudos preliminares para elaboração de projetos de uma estação de tratamento de esgoto referente ao estudo de caso analisado.

Faz parte do diagnóstico do esgoto gerado pela UPF e dos parâmetros iniciais de projeto de ETEs, a caracterização quantitativa através da estimativa populacional atual com uma projeção futura; a caracterização qualitativa pelo reconhecimento dos tipos de efluentes gerados pela Universidade, e os requisitos e parâmetros de qualidade. Por fim foram realizados estudos técnicos de avaliação das alternativas escolhidas através de indicadores de sustentabilidade como requisitos de área ocupada pela ETEs, o custo de implantação, a potência instalada, a produção de lodo, a eficiência em demanda bioquímica de oxigênio em cinco dias ( $DBO_5$ ), o nitrogênio (N), fósforo (P) e coliformes fecais.

Estudos comparativos levaram a definição do uso de combinações de processos e de uma estação de tratamento de esgoto compacta, como a escolha mais promissora para o Campus I da Universidade de Passo Fundo.

## **1.2 Problema de pesquisa**

Diante destas considerações iniciais, destaca-se como problema de pesquisa a falta de tratamento de esgoto em Instituições de Ensino Superior (IES), que geram agressões ao meio ambiente, comprometendo e contaminando os mananciais de água que, muitas vezes, devido à carga orgânica lançada "In natura" não conseguem se autodepurar.

Como tema da pesquisa propõe-se a verificação de possíveis tipos de estações de tratamento de esgoto aplicada as IES. Envolvendo a eficiência, a relação benefício/custo e a minimização dos impactos ambientais que estão sendo gerados.

Como questões centrais do estudo destacam-se :

- Qual o processo de tratamento de esgoto que está sendo utilizado no Campus I da Universidade de Passo Fundo?
- A forma como o tratamento de esgoto vem sendo feito no Campus I da Universidade de Passo Fundo causa algum impacto ambiental?
- Quais os processos de tratamento de esgoto aplicados as IES que resultam numa melhor eficiência?

### 1.3 Justificativa

Os diferentes efluentes gerados pelas Universidades, quando lançados no meio ambiente, sem passar por um tratamento específico, podem estar causando elevados impactos locais ao meio ambiente e à saúde pública.

O mesmo acontece para Universidades que possuem um sistema de tratamento de esgoto inadequado, muitas vezes sem passar por uma avaliação e diagnóstico inicial, não atendem aos padrões permissíveis de lançamento de efluentes, e continuam causando danos ambientais e contribuindo com a proliferação de doenças.

Sabe-se que o esgoto não tratado quando disposto no meio ambiente, gera doenças de veiculação hídrica como epidemias de febre tifóide, cólera, hepatite infecciosa e inúmeros casos de verminoses, que são responsáveis pelos elevados índices de mortalidade em países de terceiro mundo. O esgoto é, portanto, uma fonte potencial de transmissão de organismos patogênicos ao homem.

A redução do índice de mortalidade infantil, a elevação da expectativa de vida e a redução de prevalência das verminoses que, normalmente, não são letais, mas desgastam o ser humano, somente pode ser atingida através da correta disposição do esgoto.

Na opinião de Di Bernardo (2003, p1), pode-se entender o saneamento como um conjunto de medidas e controle ambiental que tem por objetivo proteger a saúde humana.

Segundo Thadeu (2003, p.115)

Organização Mundial de Saúde (OMS), relata que a cada ano, 15 milhões de crianças de 0 a 5 anos morrem direta ou indiretamente pela falta ou deficiência dos sistemas de abastecimento de água e esgoto, e cerca de 80% das doenças que ocorrem em países em desenvolvimento são ocasionadas pela contaminação da água. No ano 2000, nas cidades brasileiras, cerca de 14 milhões de pessoas não estavam atendidas por redes de abastecimento de água. No que se refere ao esgotamento sanitário, a situação é ainda muito pior: 39 milhões de pessoas viviam em domicílios não ligados a redes coletoras ou mesmo sem tanque sépticos. Ou seja, convivem quotidianamente com um ambiente poluído, expondo adultos e crianças, a doenças graves.

Outra importante razão para tratar o esgoto é a preservação do meio ambiente, pois as substâncias presentes no esgoto exercem ação deletéria nos corpos d'água onde a matéria orgânica pode ocasionar a exaustão do oxigênio dissolvido, com morte de peixes e outros

organismos aquáticos, escurecimento da água e aparecimento de maus odores, bem como os desequilíbrios ambientais, com agressões e contaminações aos ecossistemas existentes.

Dados do próprio governo federal através do Sistema Nacional de Informação em Saneamento (SNIS) de acordo com Thadeu (2003, p.115), apontam que o volume de esgoto tratado no país corresponde a 50% do volume de esgoto coletados em rede e em relação ao volume de água consumida, a relação é de apenas 22,5%.

Considerando que: (i) segundo o SNIS cerca de 15,2 milhões de domicílios estão ligados às redes de esgoto, e que, 50% do volume de esgoto coletados é tratado; (ii) segundo o Censo 2000 do IBGE, mais de 7,1 milhões de domicílios dispõem de tanque séptico; (iii) que existem no país 37,5 milhões de domicílios urbanos que lançam seus esgoto diretamente no meio ambiente, sem nenhum tratamento. Considerando, ainda com base no SNIS, que o volume médio de esgoto coletado por domicílio é de 490 litros/dia, podemos inferir que, diariamente são lançados no ambiente aproximadamente 11 milhões de m<sup>3</sup>/dia sem nenhum tratamento (THADEU, 2003 p.122)

Estas descrições revelam a deficiência em saneamento básico, principalmente em países subdesenvolvidos e em desenvolvimento. Percebe-se que no Brasil todas as fontes geradoras deveriam estar comprometidas com o tratamento de seus efluentes, principalmente as Universidades quando não possuem um tratamento específico e adequado para o seu esgoto.

Estas Universidades devem tratar e controlar seus efluentes gerados, e se possível promover pesquisas para encontrar soluções tecnológicas e científicas referentes a esta questão, principalmente por apresentar diversos tipos de efluentes, que requerem maiores cuidados.

Para desenvolver um projeto de estação de tratamento de esgoto, é necessário que primeiramente ocorra uma avaliação e diagnóstico da situação em que se encontra o tratamento de seus efluentes. No caso de Universidades, deve-se ter cuidados especiais, devido à geração de vários tipos de efluentes, com grande poder de contaminação, por esta razão parâmetros iniciais devem ser observados, e que poderão fundamentar o desenvolvimento de projeto de uma estação de tratamento de esgoto na busca de melhores condições para seus efluentes finais e que sejam dispostos em condições controladas.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo geral**

Avaliar e diagnosticar o sistema de tratamento e disposição final do esgoto gerado no Campus I da Universidade de Passo Fundo e assim fornecer parâmetros iniciais para o desenvolvimento do projeto de uma estação de tratamento de esgoto compacta, aplicável ao estudo de caso.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Caracterização da situação atual do efluente final do Campus I da Universidade de Passo Fundo (UPF);
- Estimar a população de usuários do Campus I da UPF, atual e futura;
- Avaliação da tipologia do esgoto gerado pelo Campus I da UPF;
- Fornecer parâmetros iniciais para o desenvolvimento do projeto de uma estação de tratamento de esgoto compacta para o estudo de caso, o Campus I da Universidade de Passo Fundo.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Considerações sobre o saneamento no Brasil**

Quando pensamos no setor de saneamento nos perguntamos como seria se o conhecimento técnico e científico fosse aplicado com responsabilidade onde prevalecesse o interesse social, moral, cultural e ambiental acima de qualquer interesse político administrativo.

Analisando o setor saneamento no mundo, pensamos globalmente e entendemos que podemos agir na nossa localidade observando as ações e resultados obtidos nos outros países, absorvendo as melhores condições de adaptação e buscando um desenvolvimento, que gere uma melhor realidade para o nosso país.

A exploração cada vez mais irracional dos recursos hídricos no Mundo, em particular no Brasil, traz a tona uma discussão cada vez mais necessária sobre a importância das políticas públicas de desenvolvimento urbano estabelecerem novas diretrizes, parâmetros e mecanismos de controle no setor de saneamento básico brasileiro.

A análise sobre o setor de saneamento e o conseqüente debate sobre o tema é fundamental para que os poucos recursos existentes para novos investimentos sejam mais bem aplicados de forma a garantir o saneamento ao maior número de pessoas a médio e longo prazo.

A OCDE- Organisation for Economic Co-operation and Development (1999) e o SNIS - Sistema Nacional de Informações em Saneamento (2000), o Brasil não possui serviços de saneamento de uma forma universalizada em função principalmente da renda per capita da população em geral e em função da má aplicação dos recursos existentes (CAMARGO e RAMOS, 2003, p.63)

Ao compararmos diversas pesquisas realizadas por diferentes instituições internacionais e nacionais é facilmente perceptível a diferença existente entre os padrões internacionais de renda e o percentual desta renda investido no setor de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, e o conseqüente nível de coleta e tratamento obtido, principalmente em países onde a chamada universalização foi atingida, onde este nível atinge de 80% a 90% respectivamente.

No Brasil, os índices chegam a 89,8% de abastecimento de água em domicílios urbanos dados do censo demográfico (2000) e a 40% na rede de coleta e não chegando a 20% no que se refere ao tratamento de esgoto (THADEU, 2003, p.117)

São estes números que refletem o impacto causado pela aceleração do processo de urbanização e adensamento populacional na degradação dos corpos hídricos, o que determina uma menor qualidade de vida da população.

Contudo, entende-se que existem fatores que influenciam diretamente nas ações voltadas para o saneamento, mas a premissa básica deve partir do comprometimento e responsabilidade do setor público.

A solução para o impasse pode estar a caminho: a Rio + 10 definiu como principal meta do desenvolvimento sustentável no mundo a redução de 50% na população sem acesso ao saneamento até 2015 (CAMARGO e RAMOS, 2003, p.67)

Os desafios são progressivos e determinantes quando se fala em recursos financeiros para o setor de saneamento, mas percebe-se que há falhas quanto à destinação e obtenção destes, quer pela limitação em se conseguir novos financiamentos ou através de repasse dos custos totais para as tarifas, em função da situação econômica do país, sendo os poucos recursos existentes muitas vezes utilizados para cobrir rombos orçamentários nos outros setores.

O baixo poder aquisitivo da população brasileira obriga aos administradores públicos estabelecer algum mecanismo de gerenciamento para o setor que passe fundamentalmente pelo amplo debate com os mais diversos setores da sociedade.

São muitas as iniciativas positivas adotadas, incluindo-se como exemplo o Programa de Despoluição de Bacias Hidrográficas (PRODES).

Para Kelman (2003, p.74)

O PRODES é um programa compatível com a missão da Agência Nacional de Águas (ANA), de implementar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH), previstos na constituição de 1988 e regulamentado pela Lei nº 9443 de 1997. Como o SNGRH prevê gestão descentralizada e participativa dos recursos hídricos, as ETEs viabilizadas em 2001 foram selecionadas pelos respectivos comitês de bacia hidrográfica. A partir de 2003, os recursos orçamentários do PRODES serão utilizados prioritariamente nas bacias hidrográficas cujos comitês tenham decidido pela implementação do princípio poluidor-pagador. Isto é, nas bacias hidrográficas em que as empresas poluentes arquem com parte do custo da despoluição.

Somente com uma gestão integrada dos recursos, com a participação direta dos comitês de bacias hidrográficas regularmente constituídas, fazendo com que as empresas poluentes arquem com uma parcela dos custos necessários à despoluição dos mananciais, dentro do princípio poluidor-pagador, com a fixação de metas viáveis de universalização, o uso de tecnologias com menores custos, a melhor definição de padrões de qualidade ambiental e uma melhor regulamentação do setor como um todo, discutindo os aspectos inerentes a concessão dos serviços de saneamento e uma possível redução da taxa do setor é que será possível uma completa reestruturação do mesmo.

Outro fator que influencia negativamente o desempenho do setor de saneamento é a sobrecarga tarifária existente no país, uma vez que os custos relativos à implantação e manutenção destes sistemas são relativamente elevados, o que acarretaria a necessidade de uma tarifa elevada que permitisse a recuperação total destes custos. Para corrigir este tipo de problema, se faz necessário à eliminação de subsídios generalizados e o estabelecimento de uma nova política de saneamento que permita subsidiar essencialmente a população de baixa renda e melhorias no sistema de tratamento de esgoto, que se apresenta como o grande problema a ser enfrentado.

É importante ressaltar ainda, como mais um aspecto a ser considerado, o fato de que o valor da tarifa de coleta de esgoto sanitário é definido através de um percentual fixado sobre o valor da tarifa de água tratada, o que implica no melhor gerenciamento das empresas prestadoras de serviço.

Cada vez mais, a legislação passa a obrigar as empresas públicas ou privadas do setor de saneamento em todo o país a se adequar de forma a atender as condições mínimas de saneamento básico, embora ainda não existam agências reguladoras implantadas na maioria dos estados ou municípios, até porque estes serviços são considerados essenciais e, portanto, um direito da população em geral, mas que não vem sendo respeitado muitas vezes, tanto pela falta de informação e conhecimento destes direitos quanto pela implantação de políticas inadequadas de privatização e a diminuição dos investimentos nos últimos anos.

Segundo Lazzarini (2003, p.80)

No acordo assinado junto ao Fundo Monetário Internacional (FMI), em 1999, o governo brasileiro comprometeu-se a acelerar e ampliar a privatização e a preparar o arcabouço legal para a desestatização dos serviços de água e esgoto. A tendência à privatização dos serviços de saneamento tem conduzido ao enfraquecimento dos direitos dos consumidores, diminuindo a proteção das leis e conduzindo-os à insegurança do mercado. Os investimentos públicos em saneamento vêm diminuindo nos últimos anos. Nos anos 70, o país chegou a investir em média, anualmente 0,34% do PIB em saneamento. Nos anos 80, o investimento médio foi da ordem de 0,28% do PIB, para despencar para apenas 0,13% nos anos 90.

Por fim, como reflexo da atual política de saneamento no Brasil, além da degradação ambiental, existe um grande número de doenças oriundas da má destinação dos dejetos, o que representa um custo enorme ao Sistema Único de Saúde (SUS). Sob esta lógica, investir em saneamento é investir na saúde e no meio ambiente, com pesquisas apontando que para cada um real investido em saneamento economiza-se três a quatro reais na saúde.

Dados do Ministério da Saúde registram uma média de até 700 mil internações hospitalares/ano provocadas por doenças relacionadas à ausência ou insuficiência do saneamento básico, o que corresponde a aproximadamente 65% do total das internações e resultam em gastos de US\$ 2,5 bilhões por ano (THADEU, 2003 p.120)

Diante deste quadro deficitário em que se apresenta o sistema sanitário brasileiro, é perceptível que muitas mudanças devam acontecer, partindo do governo e do envolvimento de todos, onde o aumento populacional que vem acontecendo nas cidades e a falta de infraestrutura agravam cada vez mais esta situação.

Nesta questão, as Instituições de ensino superior têm uma função muito especial, pois além de poder desenvolver pesquisas voltadas para soluções em saneamento básico, elas são formadoras de profissionais através da educação.

## **2.2 Estação de tratamento de esgoto em algumas instituições de ensino superior**

Verifica-se nesta pesquisa, que algumas instituições de ensino superior vem desenvolvendo projetos de estação de tratamento de esgoto, destacando sua preocupação com o meio ambiente e atendimento da legislação ambiental.

Observou-se, que existem pesquisas com estações de tratamento de esgoto, realizadas por Universidades Brasileiras, e que proporcionam a interação científica e tecnológica no conhecimento sobre as tecnologias em tratamento de efluentes.

Na opinião de Chernicharo (2001, p.29), este considera que a principal alternativa de tratamento de esgoto e a mais apropriada para a realidade brasileira e que vem sendo muito pesquisada é a realizada através de tratamento biológico anaeróbios seguido de pós tratamento.

Outro fator importante relatado pelo autor é que estas pesquisas vem recebendo apoio da FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), o CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e a CEF (Caixa Econômica Federal), e vêm apoiando o desenvolvimento de Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB.

Para Além Sobrinho e Jordão (2001, p.2),

Com a comprovação das vantagens econômicas decorrentes do uso de reatores anaeróbios associados a tratamento complementares aeróbio, as instituições de ensino superior objetivam em suas pesquisas, a obtenção de um efluente final com maior qualidade e que atenda as exigências da legislação ambiental em vigor.

Composto por 12 instituições que vem realizando pesquisas na área de tratamento de efluentes, em 11 diferentes Estados Brasileiro, integrando a rede de pesquisa da PROSAB em 19 temas diferentes, foram agrupadas em oito modalidades de pós-tratamento, descritas na figura 01 (CHERNICHARO, 2001 p.29).

Todos os temas de pesquisa são relacionados ao pós-tratamento de efluentes domésticos, provenientes de reatores anaeróbios, e objetivam a remoção complementar dos

seguintes poluentes principais: matéria orgânica, sólidos suspensos, nutrientes de nitrogênio, fósforo e microorganismos patogênicos.

Nº	Modalidade de pós-tratamento	Temas de pesquisa
01	Pós-tratamento no solo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vala de infiltração</li> <li>• Infiltração rápida</li> <li>• Irrigação subsuperficial</li> <li>• Escoamento superficial</li> </ul>
02	Pós-tratamento em lagoas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lagoa de polimento</li> <li>• Lagoa de alta taxa de produção de algas</li> </ul>
03	Pós-tratamento em Reatores com biofilmes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Filtro biológico percolador</li> <li>• Biofiltro aerado submerso</li> <li>• Leito fluidizado aeróbio</li> <li>• Filtro anaeróbio</li> <li>• Reator anaeróbio horizontal de leito fixo</li> <li>• Reator anaeróbio de leito granular expandido</li> </ul>
04	Pós-tratamento em reatores de lodos ativados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de lodos ativados convencional</li> <li>• Sistema de reatores seqüências em batelada</li> </ul>
05	Pós-tratamento em flotação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microaeração e flotação</li> <li>• Flotação por ar dissolvido</li> </ul>
06	Pós-tratamento em sistemas de filtração	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Filtração ascendente em leito pedregulho</li> </ul>
07	Pós-tratamento em sistemas de desinfecção	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fotoreator de ultra violeta</li> </ul>
08	Pós-tratamento do Biogás	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biofiltro de turfa.</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Chernicharo (2001, p. 29).

Figura 01 – Modalidades de pós-tratamento anaeróbio e temas de pesquisa abordados no PROSAB

Verifica-se que a busca por experiências em Instituições de ensino superior sobre a utilização de sistema de tratamento de esgoto, mostra que esta vem utilizando reatores anaeróbios com uso de diferentes pós-tratamento de forma crescente em nosso país.

Pode-se observar, que esta é uma alternativa promissora para ser aplicada em Universidades, porém dependerá, exclusivamente de uma avaliação e diagnóstico para cada caso a ser estudado.

Algumas experiências citadas a seguir, revelam formas diversas de sistemas de tratamento dos efluentes gerados, e cada Universidade pesquisada apresenta informações que servem de referência para auxiliar o estudo desta pesquisa.

### **2.2.1 Estação de tratamento de esgoto da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC)**

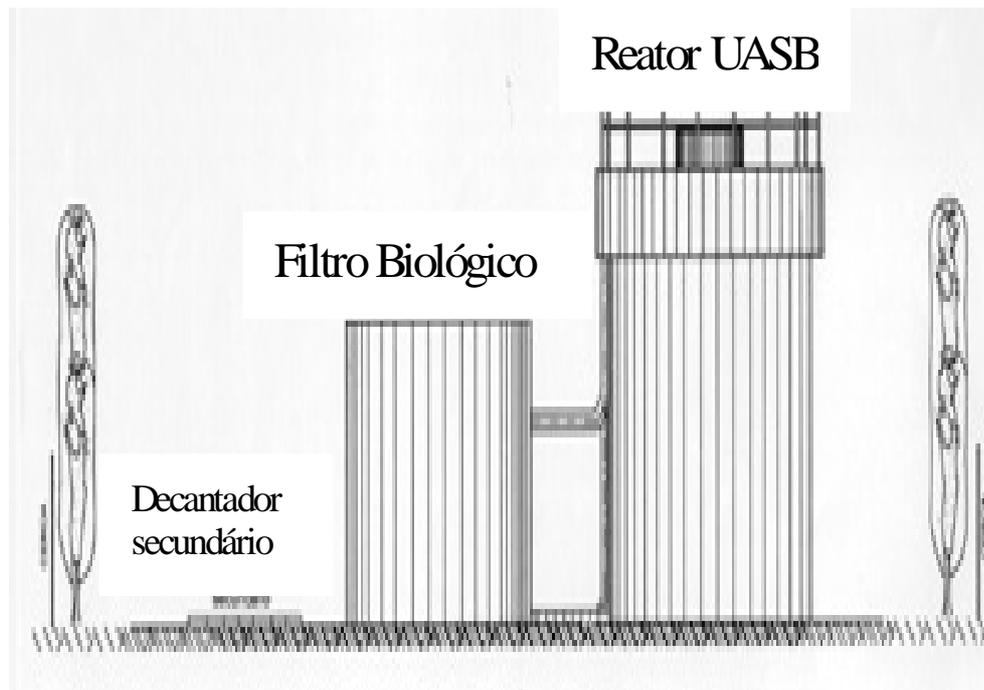
Segundo o Jornal da Universidade de Santa Cruz do Sul UNISC (2003, p.1), localizada na região sul do Estado do Rio Grande do Sul, esta conta com 12,5 mil pessoas, composta por alunos, professores e funcionários.

Pode-se perceber que a UNISC, busca atender todos os procedimentos legais através do licenciamento ambiental junto à Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), e no desenvolvimento do projeto contratou uma empresa especializada para elaborar o projeto, fazendo visitas para conhecer algumas estações de tratamento de esgotos instaladas em Caxias do Sul e São Leopoldo.

Outro fator observado foi que a UNISC estimou uma projeção futura da população de usuários e decidiu fazer uma rede coletora exclusiva para esgoto fecal, sendo este fator muito importante na busca de ETE compacta, com menor custos de implantação e operação e ao mesmo tempo eliminado a possibilidade da ETE ficar obsoleta devido a falta de projeção futura de usuários da Universidade. Os demais efluentes gerados pela UNISC, tem procedimentos específicos, legalizados pela (FEPAM).

O projeto da ETE da UNISC prevê a construção de uma rede coletora em PVC, exclusiva para esgoto fecal, com uma extensão total de aproximadamente 3 mil metros. “Um fator importante na determinação da solução de tratamento eleita foi o custo de investimento necessário para a implantação, a simplicidade e o baixo custo operacional apresentado pela ETE”, informou o engenheiro. A estação foi projetada para atender a uma demanda de até 18 mil pessoas e será construída em uma área de 540 metros quadrados próxima ao pórtico de entrada do Campus. (JORNAL DA UNISC, 2003, p.1)

O sistema de tratamento de esgoto escolhido e projetado pela UNISC é composto por reator anaeróbio de manta e lodo (UASB) seguido de pós tratamento com filtro biológico e decantador secundário, observado na figura 02.



Fonte: Jornal da Universidade Santa Cruz do Sul, UNISC (2003, p.1).

Figura 02 – Estação de tratamento da UNISC.

### 2.2.2 Estação de tratamento de esgoto da Universidade Federal Espírito Santo (UFES)

A Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) possui uma estação de tratamento de esgoto localizada no Campus Universitário de Goiabeiras, em Vitória – Espírito Santo(ES).

Percebe-se que a tecnologia ETE / UFES, tem como base do sucesso de seu projeto a participação científica e tecnológica, que envolveu diversos profissionais de diferentes faculdades, promovendo a interação de conhecimentos e experiências em busca de uma alternativa de ETE compacta , eficiente e com menores custos de implantação e operação

Pesquisa na área de saneamento, mais especificamente o tratamento de esgoto sanitários, vem sendo desenvolvidas contando com pesquisadores de diversas profissões como engenheiros civis, engenheiros químicos, engenheiros eletricitas, engenheiros mecânicos, engenheiros agrônomos, biólogos, químicos e técnicos. (GONÇALVES, 2002, p.2).

Outro fator observado foi o apoio financeiro oferecido à pesquisa, o que parece dar base para o desenvolvimento do projeto, fazendo com que o interesse local, seja desenvolvido para um universo mais amplo de conhecimento.

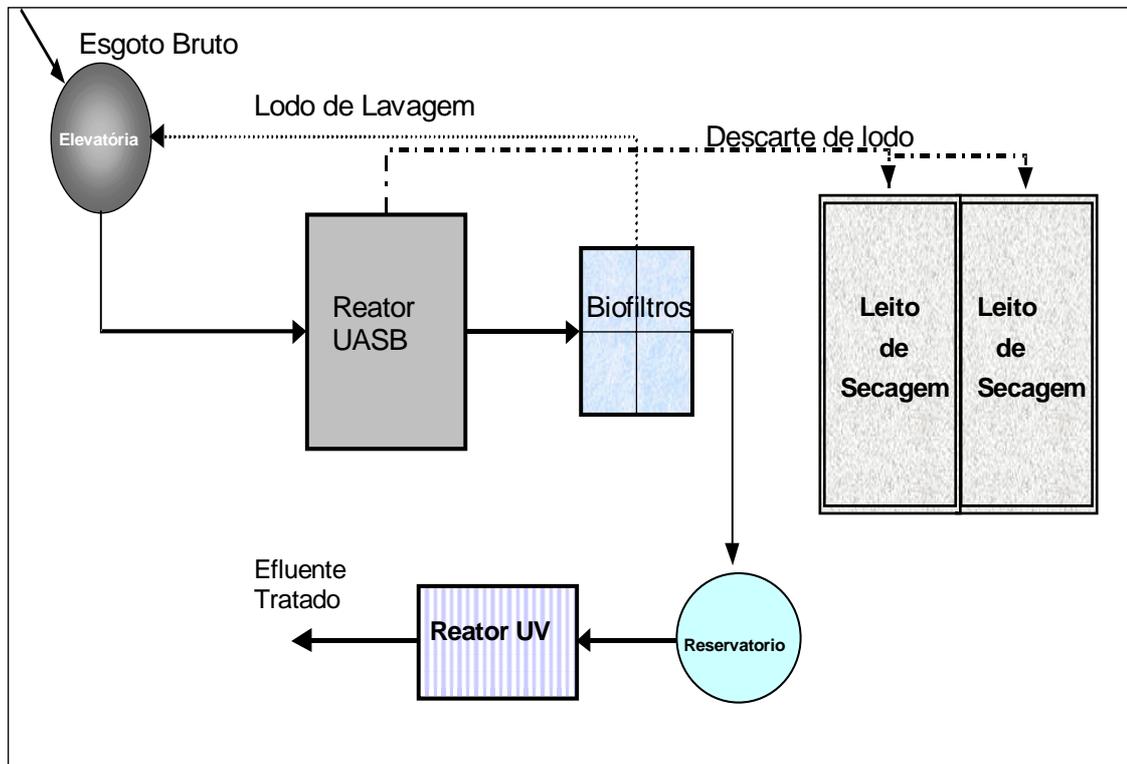
Desenvolvendo pesquisa desde 1995 pela Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) / Seção Espírito Santo e pelo departamento de Hidráulica e Saneamento da UFES. Tendo sua ETE construída em 1996, apoiada financeiramente pela FUNASA, pela Prefeitura Municipal de Vitória (Fundo Municipal de Apoio a Ciência e Tecnologia), pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB). (GONÇALVES,2002,p.2)

Pode-se constatar que a tecnologia ETE / UFES, teve uma grande aceitabilidade, proporcionando sua utilização em nosso país e em outros países. Cada ETE implantada por esta tecnologia significa, a busca de soluções e ações voltadas para a proteção do meio ambiente, demonstrando que é muito importante a participação das Universidades na evolução de pesquisas na área de saneamento básico.

O sistema de estação de tratamento de esgoto desenvolvido pela UFES desde 1998 vem tendo grande aceitação no mercado de saneamento. Com a participação das Prefeituras do Estado de Espírito Santo, que realiza a urbanização de áreas com populações de baixa renda, contempla a construção de cinco estações de tratamento de esgoto baseadas na tecnologia da ETE / UFES. Em outras regiões do Brasil mais de 50 ETEs foram construídas com base na tecnologia em questão, atendendo uma população de mais de 250 mil habitantes. A principal ETE da capital de Costa Rica, San José, com capacidade de 2,4 milhões de habitantes foi projetada com base na tecnologia da ETE/UFES. O mesmo ocorreu com relação a ETE da cidade de Ajman com 300 mil habitantes, nos Emirados Árabes, e alguns projetos financiados pelo Banco Mundial no Camboja, no Vietnã e na Tailândia. (GONÇALVES,2002,p.2).

Gonçalves (2002, p. 2), descreve que a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), possui sua estação de tratamento de esgoto composta por uma estação elevatória, um

gradeamento, um dispositivo desarenador, um reator UASB, 4 biofiltros aerados submersos, um reator de desinfecção por radiação ultravioleta, leito de secagem com 2 células, pátio de estocagem de lodo e um viveiro de plantas, como mostra a figura 03.



Fonte: GONÇALVES (2002, p.2).

Figura 03 – Fluxograma da Estação de tratamento de esgoto da UFES.

Ainda, segundo o que o autor relata, ao chegar na elevatória da UFES, o esgoto é gradeado e bombeado para a caixa de areia, situada no topo do reator UASB. Em seguida, o esgoto alimenta o reator UASB, que por sua vez fornece a alimentação da etapa aeróbia do tratamento, composta por 4 biofiltros, sendo 3 biofiltros aerados submersos secundários, e um terciário. Sendo que o efluente do biofiltro terciário é encaminhado para o reator ultravioleta para desinfecção. Em períodos de aproximadamente 2 meses é realizado descarte do lodo em excesso no reator UASB para o leito de secagem, e após a sua desidratação o mesmo é retirado e estocado no pátio para ser utilizado nas pesquisas agronômicas.

De acordo com Gonçalves (2002, p. 2), as tecnologias de tratamento de esgoto desenvolvidas pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) têm como característica principal o preço reduzido, decorrente de configurações otimizadas e processos construtivos inteligentes, e foram originalmente concebidas integrando conceitos de minimização de

impactos ambientais, objetivando sua inserção inclusive em ambientes urbanos densamente urbanizados, onde a sensibilidade da população é um fator determinante da auto sustentabilidade deste tipo de empreendimento.

Para o autor, as pesquisas de desenvolvimento da ETE/UFES buscaram a otimização dos processos que a compõem, explorando ao máximo as características ambientais favoráveis no Brasil, principalmente no que se refere ao clima. A utilização de processos anaeróbios compactos no início do fluxograma de tratamento das ETEs usadas na UFES resulta em significativa redução de volumes e áreas, redução da quantidade de etapas de tratamento (menos unidades operacionais) e grande simplificação operacional do conjunto. Esta possibilidade não é viável nos países em que temperaturas do esgoto atingem valores inferiores a 15° C (cerca de 10° C ambiente) com frequência, devido à grande sensibilidade das bactérias anaeróbias às baixas temperaturas.

Uma alternativa de configuração desenvolvida, com a introdução dos biofiltros aerados no interior do reator UASB, resulta em um processo de tratamento monobloco em volume único. A ETE da UFES como mostra a figura 04, constitui a tecnologia mais compacta de tratamento de esgoto sanitários disponível no Brasil hoje em dia. Demandam cerca de 50% a menos de energia do que estações convencionais e produzem de 30 a 40% a menos de lodos, que se constituem no subproduto do tratamento mais difícil de ser gerenciado (GONÇALVES, 2002, p.2).



Fonte: GONÇALVES (2002, p2).

Figura 04 – ETE Experimental da UFES.

### **2.2.3 Estação de tratamento de esgoto da escola de engenharia em Belo Horizonte**

Segundo o Boletim-1273, 2004. Os departamentos de Engenharia Sanitária e Ambiental e de Engenharia Eletrônica da Escola de Engenharia desenvolveram um método de tratamento biológico de esgoto, capaz de eliminar mais de 90% dos resíduos orgânicos lançados nas águas do Ribeirão Arrudas.

Esse resultado foi alcançado graças à combinação das técnicas dos sistemas aeróbio e anaeróbio de purificação. Os testes são feitos com parte do esgoto coletado na rua Guaicurus, no centro de Belo Horizonte. O uso das duas técnicas reduz os gastos com ventilação e as áreas ocupadas pelas estações de tratamento

O professor Carlos Augusto Chernicharo, coordenador do Laboratório de Instalações Piloto da Escola de Engenharia, onde o sistema foi desenvolvido, informa que a combinação das técnicas aeróbia e anaeróbia barateia o custo de tratamento do esgoto. "Os gastos de investimento para tratar o esgoto produzido por 10 mil pessoas seriam de aproximadamente US\$ 600 mil dólares numa estação. Já o método aeróbio tradicional prevê custos de investimento em US\$ 800 mil a US\$ 1 milhão". Esse dispêndio, garante, poderá ser ainda menor se a estação for projetada para atender comunidades mais populosas.

Um dos orientadores da tese, o professor Marcos von Sperling do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, afirma que o sistema é uma das melhores alternativas para se tratar esgoto em localidades de clima quente, que necessitam de sistemas compactos. Há outros processos simples mais adequados a locais que dispõem de grandes áreas, mas, para centros urbanos, o método não é muito eficiente (BOLETIM 1273, 2004)

As informações descritas pelo (BOLETIM-1273, 2004), revelam que a técnica desenvolvida consiste em levar o esgoto a um reator de manta de lodo - UASB - que retira, sem grandes gastos, cerca de 70% da carga orgânica bruta da água, através do processo anaeróbio. Em seguida, a água passa pelo processo de purificação aeróbio, que remove entre 20 e 25% dos poluentes iniciais. A água pode ser devolvida ao ambiente com um grau de purificação acima de 90%, sendo que os processos biológicos de tratamento de esgoto purificam a água através da digestão celular de bactérias, que absorve e digere a matéria orgânica que polui as águas. São os tipos de bactérias utilizadas nessa tarefa que diferenciam os métodos aeróbio e anaeróbio. No primeiro caso, são utilizados microorganismos aeróbios, que realizam a digestão com oxigênio. Eles são mais resistentes a certas variáveis ambientais, como a temperatura, mas exigem a utilização permanente de aeradores para a oxigenação do ambiente, o que não acontece com o processo anaeróbio, onde principalmente o clima frio, apresenta inconvenientes para as bactérias anaeróbias.

#### **2.2.4 Estação de tratamento da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)**

Seria muito interessante se as Universidades pudessem, desenvolver vários sistemas de tratamento de esgotos, para poder analisá-los e compará-los. Para execução destes sistemas pode haver um elevado custo do empreendimento, tanto de implantação como de operação e manutenção.

A escola politécnica da UFRJ está operando desde o final de junho de 2004 o centro experimental de tratamento de esgoto (CETE), um laboratório de ensino e pesquisa que, além de permitir o envolvimento de alunos dos cursos de pós-graduação em engenharia dos recursos hídricos, sanitária e ambiental, servirá também para treinamento de operadores de serviço de saneamento em todo o país.

O CETE ocupa uma área de 2,5 mil metros quadrados na Cidade Universitária, e tem capacidade para tratar o esgoto equivalente ao de uma cidade de 4 mil habitantes, ao custo de R\$ 0,15 reais por metro cúbico, explica o professor Eduardo Pacheco Jordão. ( INFORMATIVO ABES, 2004 p.10).

Segundo o Informativo ABES (2004, p.10), o centro experimental (CETE) teve um custo de R\$ 230 mil, obtidos através do Fundo de setorial de recursos hídricos, no âmbito do projeto de desenvolvimento de estudos e modelos para o planejamento de recursos hídricos na bacia do Rio Paraíba do Sul. O CETE retira o esgoto ao lado da estação elevatória e devolve ao mesmo ponto ao final do tratamento, que pode ser em lagoas aeradas, capazes de retirar até 90 % da carga orgânica do esgoto, facultativa ou de maturação. Além das lagoas, opera no CETE, um reator anaeróbio de fluxo ascendente, sistema de lodos ativados, filtro biológico aeróbio, conjunto de tanque séptico e filtro anaeróbio. O tratamento de esgoto é feito inicialmente por uma grade de barras que separa os resíduos grosseiros. Depois, o remanescente passa por um desarenador e sucessivamente pelos processos de decantação primária convencional e também quimicamente assistida, reator anaeróbio de fluxo ascendente, tanque séptico e filtro anaeróbio percolador e lagoas de estabilização facultativa, aerada, sedimentação e de maturação.

Está em construção uma série de canteiros para plantio de milho, a ser irrigado com águas resultantes dos diferentes tratamentos. Segundo Informativo ABES (2004, p.10) para o pesquisador Jordão, cada canteiro será irrigado com um tipo de água de reúso, permitindo acompanhar a evolução das culturas e avaliar as condições ideais de irrigação.

### **2.2.5 Modelo de estação de tratamento esgoto compacta**

A interação entre diferentes profissionais, na busca de um sistema de tratamento de esgoto, torna-se interessante para o desenvolvimento de uma ETE.

Segundo o site desenvolvido por alunos de Biologia da Universidade Mackenzie, denominado ETALL (2004), a princípio, uma estação de tratamento de esgoto, deve estar situada nas proximidades de um corpo receptor, que pode ser um lago, uma represa, ou um curso de água qualquer. Em geral, o corpo receptor é um rio, sendo que na entrada da estação

de tratamento de esgoto, as vezes existe uma estação elevatória que bombeia o esgoto até o nível onde começa o tratamento.

Segundo o ETALL (2004), este descreve os procedimentos e considerações propostas para visualização de um modelo de estação de tratamento de esgoto, sendo assim apresentada:

a) O primeiro procedimento consiste em deter os materiais maiores tais como galhos de árvores, objetos conduzidos e arrastados pelo caminho, os quais ficam presos nos sistemas de gradeamento que possui malhas com espaçamentos diferentes em vários níveis. A seguir o esgoto passa pelos desarenadores ou caixas de areia para a retirada dos materiais sólidos granulares;

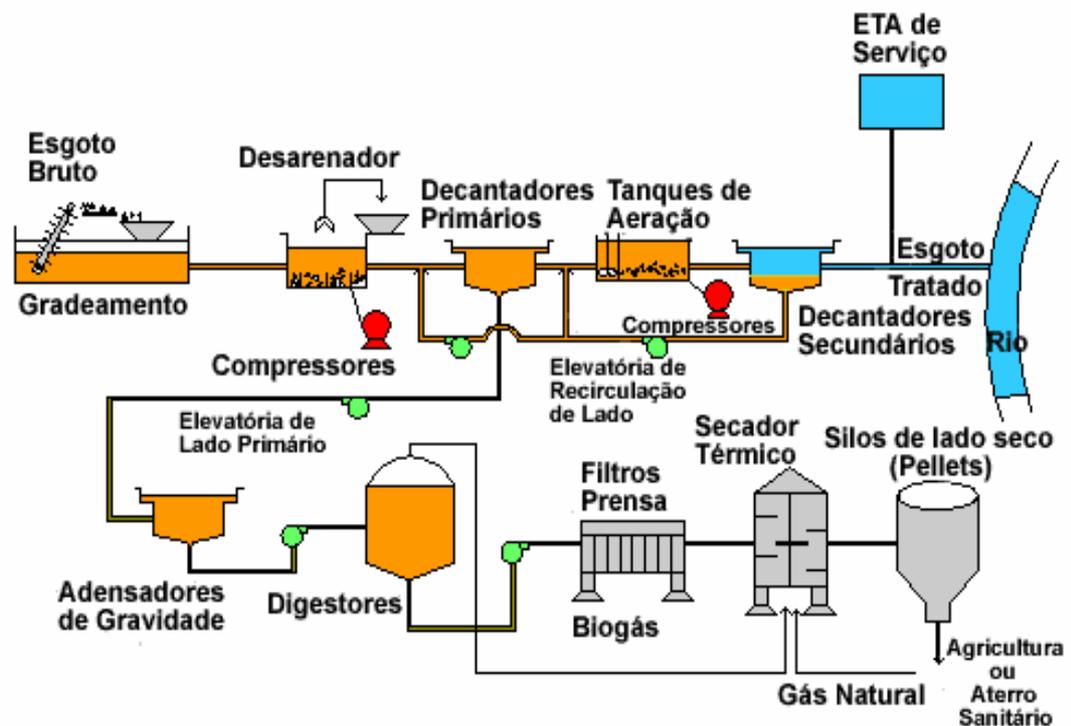
b) O próximo passo do tratamento ocorre nos decantadores primários onde as partículas sólidas sedimentam no fundo do tanque. Entretanto, algumas partículas são muito pequenas e não possuem peso suficiente para precipitarem. Por isso, geralmente na entrada da estação de tratamento de esgoto, é adicionada uma substância coagulante afim de unir essas partículas formando outras maiores e mais densas que consigam sedimentar com seu peso próprio no decantador. O tempo necessário para que haja a precipitação é chamado tempo de detenção e é pré-determinado;

c) Os sedimentos acumulados no fundo do decantador são denominados "lodos" e são retirados pelo fundo do tanque, encaminhados para adensadores de gravidade e digestores anaeróbios. Nestes digestores as bactérias e microorganismos aeróbios consomem a matéria orgânica constituinte do lodo. O material excretado é consumido no fundo do tanque pelos microorganismos anaeróbios. Assim ocorre uma diminuição do volume do lodo que pode ser encaminhado para filtros prensa e câmaras de desidratação onde ocorre uma diminuição ainda maior de seu volume e daí é encaminhado para aterros sanitários ou processo de compostagem e após utilizados como adubo para algumas vegetações. Nos digestores, durante o processo de oxidação da matéria orgânica ocorre uma liberação de gás que geralmente é reaproveitado como combustível, muitas vezes para abastecer equipamentos da própria estação de tratamento como, por exemplo, os secadores térmicos;

d) O consumo de matéria orgânica pelas bactérias é medido através de um índice chamado DBO ou DBO<sub>5</sub>. Sendo o DBO<sub>5</sub> a quantidade medida de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica contida em um litro de esgoto, num período de 5 dias em estufa.

No caso da necessidade do tratamento secundário, o esgoto é levado do decantador primário para os tanques de aeração, onde ocorre o tratamento por "lodos ativados", e o processo de recirculação do lodo acumulado no decantador secundário, que por sua vez há

novamente a sedimentação e, a seguir, a água já tratada é despejada no corpo receptor, que, em geral, é um rio ou lago. O escoamento até o corpo receptor é feito por uma tubulação denominada emissário. Esta água pode também ser tratada numa pequena estação de tratamento de água construída nas dependências da própria ETE, e ser reaproveitada para lavagem das dependências físicas da estação e seu abastecimento geral. A figura 05 ilustra esse tipo de estação de tratamento.



Fonte: ETALL, 2004.

Figura 05 – Modelo de estação de tratamento de esgoto – ETE.

Devido a geração de diversos tipos de efluentes provenientes das atividades de ensino e pesquisa, surgiu a importância de se observar também os procedimentos que vem sendo realizados com os efluentes químicos, alguns deles estão citados a seguir.

### 2.2.6 Procedimentos utilizados em Universidades, referentes aos efluentes químicos gerados

A maior função social da universidade é a educação. E, dentro de seu exercício de difusão de conhecimentos, está a função de conscientização de seus alunos sobre o meio

ambiente, visando educá-los para que levem suas experiências nessa área para suas vidas profissionais e mesmo para suas casas.

Além das aulas normais ministradas nas universidades, são desenvolvidas pesquisas científicas e tecnológicas, gerando subprodutos, principalmente no ramo químico e da saúde, que devem ser tratados. Algumas instituições já fazem o trabalho de gerenciamento desses resíduos ou tentam minimizar a toxicidade de seus descartes, porém poucas se preocupam com seu destino final.

De acordo com Pacheco et al (2003, p.114-119)

No meio acadêmico, ainda inexistente a gestão de resíduos gerados, sendo estes descartados inadequadamente. Estas instituições, no entanto, não devem ignorar sua posição de geradora de resíduos, principalmente, por serem formadoras de futuros profissionais, Jardim, 1998. Logo, o tratamento e a disposição final adequados para seus rejeitos deveriam ser obrigatórios, Lazzaretti, 1998.

Trata-se de um problema bastante complexo, pois envolve a identificação dos rejeitos, a avaliação dos riscos, o controle dos descartes e a integração dos aspectos econômicos ao projeto de gerenciamento, Gupta et al., 2002.

A gestão de resíduos em uma instituição acadêmica deve ter como o objetivo inicial propor uma busca particular e adequada de minimização e destino desses materiais. Para tal, deveria ser considerados os aspectos econômicos, científicos e ambientais.

A Universidade do Estado do Rio de Janeiro possui um projeto de gerenciamento de resíduos dos laboratórios do Instituto de Química, que contempla etapas de avaliação, planejamento, implantação, destino e monitoramento dos resíduos, as quais são necessárias para seu bom funcionamento. A partir delas pode-se elaborar um sistema eficaz de coleta, armazenamento e disposição final dos rejeitos produzidos na instituição. (PACHECO et al., 2003, p.114-119).

A mudança de atitude torna-se fundamental para que ocorra alterações de procedimentos nos laboratórios de pesquisa em algumas Universidades, onde esta mudança deve contemplar todas as pessoas envolvidas no aprendizado, desde o professor até o aluno. Além disso, muitos paradigmas deverão ser vencidos para o amadurecimento desta questão.

Segundo Pacheco et al.(2003, p.114-119).

É preciso reduzir ou modificar o emprego de produtos tóxicos nos laboratórios de pesquisa, sendo necessário os produtos utilizados em pesquisa com metais pesados como cobre, cádmio, mercúrio e chumbo recebam tratamentos com cal, adição de sulfeto ou outros métodos como extração por solventes, troca iônica e adsorção por carvão ativado. Ainda propõe a alternativa de reaproveitamento dos produtos, que traz o resíduo gerado em uma prática de volta ao ciclo produtivo como reagente Valle 1996.

Como destinação final segura pode-se citar o emprego da incineração dos resíduos orgânicos não contaminados por metais pesados. O processo de incineração deverá ser executado por empresa que o faça com responsabilidade e permissão da FEPAM. Cabe lembrar que os metais pesados não podem ser incinerados, pois não se pode correr o risco de lançá-los para atmosfera, o que poderia causar impactos negativos.

As Universidades que fazem uso de metais pesados em pesquisas realizadas nos laboratórios devem tratar estes efluentes de maneira eficaz, pois embora possam ser gerados em pequenas quantidades, tem um grande poder de contaminação.

A implantação de um projeto de gerenciamento de resíduos no IQ/ UERJ se mostra bastante viável, no que diz respeito ao ponto de vista econômico, social e educacional, pois volumes de rejeitos a serem tratados não são grandes. Ainda propõe-se que os laboratórios tratem os seus rejeitos contaminados com metais pesados em suas próprias dependências, considerando-se que são produzidos em pequena quantidade. A parceria com uma empresa privada para a incineração dos rejeitos e a possibilidade de tratar dentro do IQ/UERJ os rejeitos contaminados com metais pesados torna o projeto mais econômico e possível de ser implementado (PACHECO et al., 2003, p.114-119)

Na opinião de Pacheco e Hemais (2003 p. 14-21), existem instituições que jogam em seu esgoto doméstico seus efluentes químicos e de saúde, sem qualquer tratamento, e que tal procedimento requer uma gestão ambiental ecologicamente correta. Estes resíduos líquidos dos laboratórios são classificados, em sua maioria, como resíduos perigosos, cujas opções de destinos devem ser a reciclagem, o co-processamento ou a incineração.

A reciclagem juntamente com as reduções e substituições de efluentes químicos, diminui a quantidade de efluentes perigosos lançados no meio ambiente, o que contribui para a conservação dos recursos naturais.

Torna-se importante saber que a reciclagem, porém, depende do custo de transporte e da quantidade de resíduos disponíveis para que o reprocessamento se torne viável economicamente.

Alguns laboratórios de pesquisa reciclam parte de seus próprios resíduos, através de destilação e da reutilização. Porém, chega-se a um ponto em que é inviável tecnicamente alguns desses procedimentos. Boa parte dos solventes utilizados em laboratório são clorados, inviabilizando, por força legal, a utilização do co-processamento. A incineração está associada à eliminação de contaminantes altamente persistentes, tóxicos e inflamáveis. Estão incluídos aqui solvente de óleos não passíveis de recuperação, defensivos agrícolas e produtos farmacêuticos. (PACHECO; HEMAIS 2003, p. 14-21)

O Curso de Química da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI) do Campus de Erechim foi implantado, no segundo semestre de 2001 e já existia uma ETE (desde 1997) destinada ao tratamento de todos os resíduos líquidos produzidos nos laboratórios do Centro Tecnológico e do Centro de Ciências da Saúde. O sistema de funcionamento da ETE é baseado em reações de coagulações e floculação, utilizando sulfato de alumínio e polímero, sendo que o material sólido é separado por decantação e o lodo produzido é recolhido em leitos de secagem para posterior destinação (URI-ERECHIM, 2004 p.01-08)

De forma geral, o sistema possui um rendimento de aproximadamente 70% quando se trata de parâmetros indicadores de matéria orgânica e de 80% para metais pesados, o que possibilita a emissão de um resíduo dentro dos padrões legais estabelecidos por legislação para o corpo hídrico receptor. O procedimento adotado, ao término das aulas práticas, consistia no descarte dos rejeitos pela pia, sendo que os mesmos eram conduzidos, por tubulação própria, ao tanque de aeração e neutralização da ETE para início do processo de tratamento. Embora não haja registro de acidentes, é possível que metais pesados ou compostos mais tóxicos, que mesmo com o pH neutro, podem ter chegado ao rio. Muitos desses compostos descartados na pia podem ser reutilizados obtendo-se, assim, economia financeira. (URI-ERECHIM, 2004 p.01-08)

A Universidade Luterana do Brasil descreve em seu relatório os procedimentos realizados com seus efluentes gerados nas suas respectivas Universidades, os quais são descritos a seguir (ULBRA, 2004 p.01-80)

Atualmente a ULBRA na Cidade de Canoas, destina parte dos seus efluentes gerados para sistemas de fossa e filtro e parte é encaminhada “In natura” para o corpo receptor. Embora o efluente gerado não apresente alto potencial poluidor, essa questão deverá ser equacionada através da construção e operação da Estação de tratamento de Efluentes prevista.

Os efluentes da Central de Laboratórios são encaminhados para a empresa Pró-Ambiente responsável por seu armazenamento e disposição final. Esta empresa está licenciada pela FEPAM para armazenamento e disposição de resíduos classe I e II e operação de aterros para resíduos classe III, de acordo com a LO n 5073/2004 – DL. A ULBRA na Cidade de Carazinho dispõe seu efluente gerado em um sistema de fossas sépticas. O efluente da fossa séptica é canalizado juntamente com a água pluvial para terreno externo ao Campus. Juntamente com a expansão do Campus, serão implementados filtros anaeróbios e sistemas de plantas aquáticas emergentes e sumidouros após as fossas sépticas.

A ULBRA na Cidade de Santa Maria destina seu esgoto sanitário passando por fossas sépticas, de onde é canalizado para o riacho Pasta Ferreira. Juntamente com a expansão do Campus, serão implementados filtros anaeróbios, sistemas de plantas aquáticas emergentes e sumidouros após as fossas sépticas. (ULBRA 2004 p.01-80).

Segundo Jornal da UFRGS (2002, p.13) foi inaugurado o novo Centro de Gestão e Tratamento de Resíduos Químicos do Instituto de Química da UFRGS. O Centro engloba área de estocagem de reagentes e resíduos químicos, área para materiais sólidos, líquidos e gasosos, área de coleta e triagem, processamento em escala de bancada desses resíduos químicos. Esse processamento, hoje, está voltado para a recuperação dos solventes utilizados em laboratório e para seu reingresso ao almoxarifado do Instituto, reduzindo os custos de aquisição desses reagentes no mercado. O Centro é um órgão auxiliar do Instituto de Química, seu foco principal é na gestão e tratamento de resíduos químicos, mas foi planejado para agregar gradativamente outras unidades da UFRGS. A prática ajudou a reduzir o custo operacional do Instituto de Química e diminuiu a incidência da exposição das pessoas a produtos químicos: reduzindo a escala, reduz-se a exposição. Mas, principalmente, mudou o hábito do futuro profissional de química, que passou a trabalhar com mais consciência em seus procedimentos diários. Além disso, posicionou o Instituto de Química no cenário nacional, dentro da temática de segurança química.

O assunto é novo no âmbito acadêmico, não apenas no Brasil, recentemente, dois representantes da Environmental Protection Agency, agência americana de proteção ambiental, em seminário ministrado na Escola de Administração da UFRGS, informaram que nos Estados Unidos essa questão recém começa a ser tratada de forma profissional, no sentido de observar as condutas legais e estabelecer metodologia técnico-científica devidamente certificada.

De acordo com o Jornal da UFRGS (2002, p.13)

“As outras unidades da UFRGS também careciam desse tipo de visão de gestão de resíduos químicos no seu dia-a-dia. E isso foi antes do surgimento da lei federal que, em setembro de 2001, estabeleceu a figura do responsável legal pela geração dos resíduos químicos.”

Essa lei não posiciona claramente as universidades na questão da poluição causada por resíduos químicos, e sim a questão das organizações privadas. O Instituto mantém contato com a Sema e com a Fepam, parceiras no Centro de Gestão para a geração de conhecimento, de modo que a questão possa ser tratada inclusive sob o ponto de vista legal, gerando subsídios para o aperfeiçoamento das leis que protegem o meio ambiente. “Essas leis passarão a incidir não só sobre as indústrias mas sobre o setor de serviços e o setor educacional”, diz Araújo.

A Universidade do Vale do Rio dos Sinos desde 1987 conta com uma ETE, responsável pelo processo de despoluição dos cerca de 500 m<sup>3</sup> de esgoto fecal produzidos por dia no Campus. O lodo biológico que resta como subproduto deste tratamento pode ser usado como adubo orgânico. Apesar da eficiência do sistema, já atestada pela FEPAM, a Unisinos está aperfeiçoando sua ETE. No primeiro semestre de 2005 entra em funcionamento uma nova ETE, que será capaz de tratar efluentes gerados por até 40 mil pessoas (UNISINOS, 2004),

Dentro da Unisinos funcionam 144 laboratórios de pesquisa e experimentação que atendem a diversos cursos. Muitos deles produzem resíduos que podem causar danos ao meio ambiente. Para evitar prejuízos a Universidade adota um controle rígido que vai desde o manuseio, passando pelo transporte e indo até o destino de produtos químicos perigosos. (Unisinos, 2004)

Segundo Sapia e Morita (2003, p.157-169), a maioria dos sistemas convencionais de tratamento de esgoto é projetada somente em termos de remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio, Demanda Química de Oxigênio, sólidos em suspensão e organismos patogênicos, e propõe critérios de recebimentos de efluentes não domésticos para o sistema público de esgoto. Estes critérios resultaram da avaliação crítica da legislação ambiental vigente e das metodologias existentes para definição de critérios de aceitação de efluentes não domésticos, bem como, considerações sobre experiências internacionais, práticas e recebimentos

Percebe-se que as Universidades pesquisadas estão procurando desenvolver um maior controle sobre os efluentes químicos gerados pelas pesquisas e experiências em seus laboratórios, evitando que estes sejam destinados a rede de esgoto doméstico e consequentemente lançados ao meio ambiente.

Outro fator importante observado foi que ao minimizar, substituir ou reaproveitar estes efluentes químicos, é uma forma de redução de custos e de impactos ambientais. Onde o sucesso desta proposta só se fundamenta com a participação e comprometimento dos seus usuários

Vale lembrar que a Universidade que destina seus efluentes não domésticos para empresa legalizada perante o órgão ambiental competente, continua como co-responsável pelo seu efluente gerado, por isso, é preciso saber se a destinação final realizada por esta empresa contratada está correta.

No próximo capítulo será realizada um estudo detalhado sobre os processos de tratamento de esgotos sanitários, o que fundamentará as análises e as preposições para uma futura ETE do caso em estudo.

## **3 PROCESSOS DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO**

Antes da apresentação dos processo de tratamento de esgoto sanitário, é fundamental que sejam apresentados algumas características do esgoto sanitário.

### **3.1 Características do esgoto sanitário**

Informações sobre a composição do esgoto e dos parâmetros que demonstram as suas características físicos, químicos e biológicos, são fundamentais para a elaboração de um projeto de estação de tratamento de esgoto.

Na opinião de Andrade Neto e Campos (2003, p.06), o esgoto sanitário possui mais de 98% de sua composição constituída por água, porém há contaminantes, entre os quais destacam-se: sólidos suspensos, compostos orgânicos (proteínas: 40% a 60%; carboidratos: 25% a 50%; e óleo e graxas:10%), nutrientes (nitrogênio e fósforo), metais, sólidos dissolvidos inorgânicos, sólidos inertes, sólidos grosseiros, compostos não biodegradáveis, organismos patogênicos e, ocasionalmente, contaminantes tóxicos decorrentes de atividades industriais ou acidentais.

Para o mesmo autor existe a dificuldade em caracterizar todos os patogênicos presentes, adota-se como recurso a determinação do número de microrganismos coliformes, NMP (número mais provável de colifórmes/100 ml de amostra), que indiretamente constitui um indicador da presença provável de organismos patogênicos nesse meio.

Para Botelho (2002, p.07), o esgoto doméstico contém em sua massa cerca de aproximadamente de 99,9% de água e, apenas 0,01% de matéria sólida, que por sua vez, é constituída de impurezas de natureza orgânica e inorgânica, sólidos suspensos e dissolvidos, bem como de microrganismos diversos.

Segundo o que Karen Mancl, relata em um jornal da Universidade de OHIO (BOLETIN AEX –768-96), sobre os princípios do tratamento de esgotos, destacamos:

O esgoto liberado por residências, comércios e por indústrias em uma comunidade, consta de 99,94 % de água, e com somente 0,06 % do resíduo dissolvido e suspenso. O efluente de esgoto contém concentração de partículas em suspensão que variam de 100 a 350 mg/L; O esgoto tem uma DBO<sub>5</sub> entre 100 mg/L a 300 mg/L Os patogênicos ou organismos que causam doenças estão concentrados no esgoto. As bactérias de coliformes são usadas como um indicador de organismos que pode causar doenças. O esgoto contém também nutrientes (tais como a amônia e o fósforo), minerais, e metais. A amônia pode variar de 12 a 50 mg/L e o fósforo pode variar de 6 a 20 mg/L no esgoto.

Segundo von Sperling (1996,p.22), o projeto de uma estação de tratamento de esgoto (ETE), normalmente não há o interesse em se determinar os diversos compostos dos quais a água residuária é constituída, tendo em vista a complexidade das análises de laboratório que seriam necessárias e a pequena utilidade prática desses resultados como elementos para subsidiar o projeto e operação da mesma. Desta forma, é preferível a utilização de parâmetros indiretos que traduzam o caracter ou potencial poluidor do despejo em questão. Esses parâmetros são descritos a seguir.

a) Impurezas de natureza física:

São causadas por substâncias cuja presença afeta as características da água, independentemente de sua natureza química ou biológica. Partículas sólidas suspensas ou em estado coloidal (orgânicas ou inorgânicas) alteram a transparência (turbidez) e cor da água, podendo precipitar-se na forma de lodo. Além disso, outras substâncias dissolvidas também poderão conferir alterações de cor, manifestação de odor e também variações de temperatura.

b) Impurezas de natureza química:

Constituem-se de substâncias orgânicas e inorgânicas solúveis. A fração orgânica é representada por proteínas, gorduras, hidratos de carbono, fenóis e por uma série de substâncias artificiais, fabricadas pelo homem, como detergentes e defensivos agrícolas. As substâncias minerais mais importantes são os nutrientes nitrogênio e fósforo, enxofre, metais pesados e compostos tóxicos.

c) Impurezas de natureza biológica:

São representadas pelos seres vivos liberados junto com os dejetos humanos: bactérias, vírus, fungos, helmintos e protozoários. Alguns desses seres habitam normalmente o trato intestinal do homem e não prejudicam a sua saúde; outros podem causar doenças e são denominados organismos patogênicos.

Merecem destaque especial, face à sua importância para o desenvolvimento do projeto e operação de ETEs, e a caracterização qualitativa do esgoto sanitário através dos seguintes parâmetros: sólidos; indicadores de matéria orgânica carbonácea; nitrogênio; fósforo; indicadores de contaminação fecal.

Para Andrade Neto e Campos (2003, p.01-28), devem ser coletadas amostras e determinados pelo menos os seguintes parâmetros: pH, temperatura, DBO (Demanda bioquímica de oxigênio), DQO (Demanda química de oxigênio), nitrogênio (nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitritos e nitratos), fósforo, alcalinidade, materiais solúveis em hexano, sólidos sedimentáveis, resíduos (em suas diferentes formas: suspensos, dissolvidos, fixos e voláteis), coliformes fecais.

Também a avaliação do número de nematóides começou a receber maior atenção. Entre os parâmetros citados é muito importante destacar algumas considerações sobre a DBO. Em esgoto sanitário, a DBO geralmente varia na faixa de 150 a 600 mg/L, em média.

Isso significa, de forma grosseira, que cada litro de esgoto lançado em um corpo aquático pode provocar consumo de 150 a 600 mg de oxigênio disponível nesse meio, por intermédio de reações bioquímicas (respiração de microorganismos, principalmente). Esse ensaio é padronizado para a temperatura de 20° C e 5 dias de duração. Isso significa que, na realidade, o consumo de oxigênio pode ser maior ou menor do que aquele determinado em laboratório, pois, no meio natural, há outras variáveis não ponderadas no ensaio. Para ter uma noção da contribuição de cada pessoa na degradação da água de um corpo d'água natural é interessante notar que as atividades normais de um ser humano leva à produção de cerca de 50 a 60 g de DBO<sub>5</sub> por dia, ou seja, cada pessoa, por meio de seu esgoto, provoca consumo de oxigênio no corpo receptor da ordem de 50 a 60 g. Continuando a idéia de que se for considerado que um corpo receptor sadio tem geralmente teor de oxigênio dissolvido de aproximadamente 7 mg/L, cada pessoa provoca a redução desse teor para zero mg/l, correspondente a um volume de 8 m<sup>3</sup> / dia, aproximadamente (54 g de DBO<sub>5</sub> / pessoa dia). Extrapolando-se para uma cidade de 100.000 habitantes, por exemplo, chega-se a um volume da ordem de 800.000 m<sup>3</sup> / dia (ANDRADE NETO;CAMPOS 2003, p.01-28)

### 3.2 Apresentação dos processos de tratamento de esgoto sanitário convencionais

A partir de uma breve explicação dos diferentes sistemas e processo de tratamento de esgoto, pretende-se colocar os pontos importantes que podem vir a interferir de maneira direta ou indireta no sucesso da aplicação dos mesmos. Para melhor análise entre os sistemas desenvolveu-se um fluxograma dos processos existentes apresentados na Figura 06:

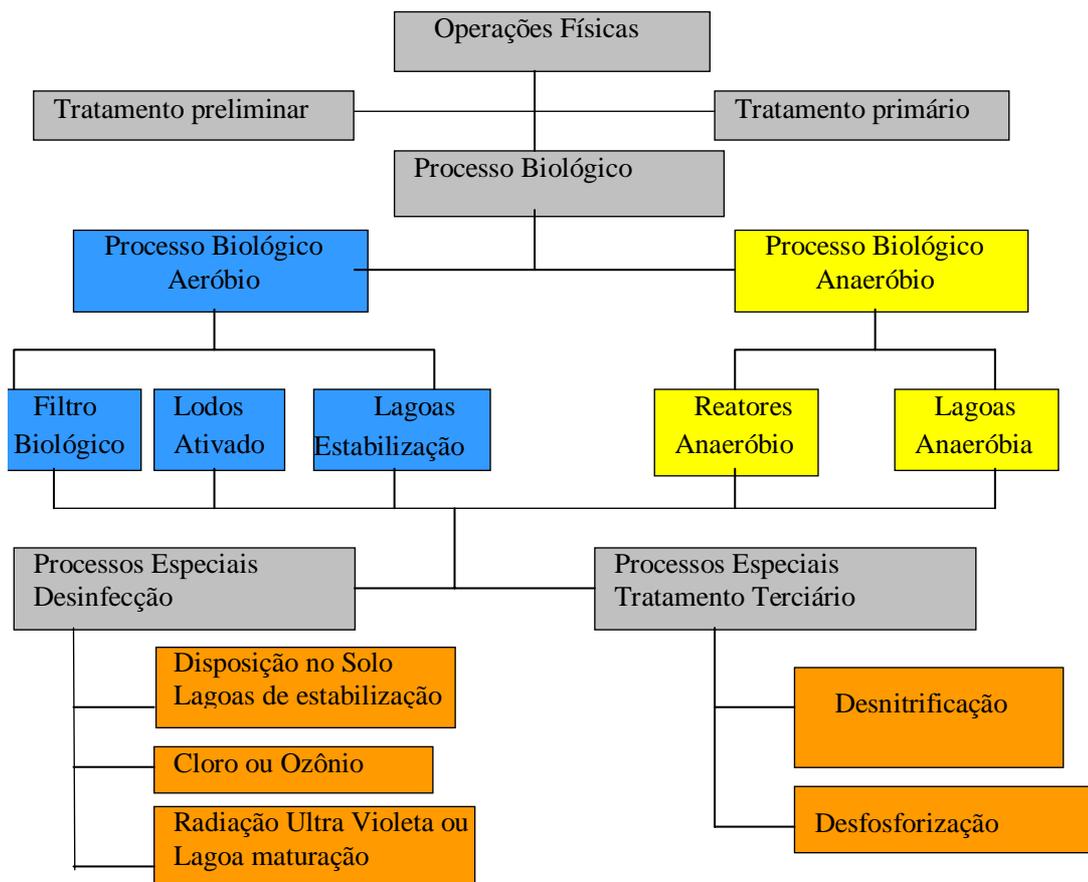


Figura 06 – Fluxograma esquemático dos sistemas de tratamento de esgoto.

Neste item pretende-se apresentar, ainda que de modo sucinto, os principais processos usualmente empregados em ETEs, com a finalidade de uniformizar a linguagem do trabalho e familiarizar o leitor com os diversos tipos de processo existentes. Quais sejam:

- operações físicas;
- processos biológicos;
- processos especiais para tratamento terciário;
- processos especiais para desinfecção.

### **3.2.1 Operações Físicas**

São utilizados como tratamento preliminar para reter os sólidos grosseiros, tais como galhos, plásticos, silte, areia. Emprega-se usualmente também decantadores com a finalidade de proporcionar a estação de tratamento de esgoto melhor funcionalidade e operacionalidade, minimizando problemas de obstrução e entupimentos. Estas operações físicas compõe o tratamento preliminar e primário descritos a seguir.

#### **3.2.1.1 Tratamento preliminar**

O tratamento preliminar se dá por meio de grades e caixas de areia, ou por processo de peneiramento visando à retenção dos sólidos grosseiros sendo descrito a seguir:

- a) gradeamento: formado por grades simples e grades mecanizadas servem para a remoção de corpos flutuantes e impurezas grosseiras;
- b) peneiramento: constituídos por peneiras simples e peneiras rotativas servem para a remoção de corpos flutuantes e impurezas grosseiras;
- c) desarenadores: também chamados de caixa de areia e servem para realizar a remoção de areia;
- d) retentores de óleos e graxas: por meio de caixas especiais onde são realizados os processos para retenção de óleos e graxos.

Estes resíduos devem ser posteriormente conduzidos para aterros sanitários.

#### **3.2.1.2 Tratamento primário**

O tratamento primário consiste na decantação simples por meio da ação da força da gravidade ou por precipitação química, o que requer o uso de produtos químicos. Nesse estágio, físico, químico ou biológico, o lodo gerado deve ser manuseado com cuidado e tratado por processos de secagem para posterior desaguamento e disposição final, a qual pode ser mediante disposição no solo, em aterros sanitários ou incineração.

Para esta etapa do processo são utilizados decantadores, flotadores, adensadores de lodo, digestores, leitos de secagem, centrífugas e outros, sendo descritos a seguir.

**a) Sedimentação primária**

Nesta etapa, realizada pelos decantadores, através de ação da força da gravidade, é gerado o lodo primário, sendo posteriormente retirado e destinado para tratamento específico;

**b) Adensadores**

Esta etapa ocorre nos Adensadores de Densidade e nos Flotadores. Como o lodo contém uma quantidade muito grande de água, deve-se realizar a redução do seu volume. O adensamento é o processo para aumentar o teor de sólidos do lodo e, conseqüentemente, reduzir o volume. Este processo pode aumentar, por exemplo, o teor de sólidos no lodo descartado de 1% para 5%. Desta forma, as unidades subseqüentes, tais como a digestão, desidratação e secagem, beneficiam-se desta redução. Dentre os métodos mais comuns, temos o adensamento por gravidade e por flotação.

O adensamento por gravidade do lodo tem por princípio de funcionamento a sedimentação por zona, o sistema é similar aos decantadores convencionais. O lodo adensado é retirado do fundo do tanque.

No adensamento por flotação, o ar é introduzido na solução através de uma câmara de alta pressão. Quando a solução é despressurizada, o ar dissolvido forma microbolhas que se dirigem para cima, arrastando consigo os flocos de lodo que são removidos na superfície;

**c) Digestão anaeróbia do lodo**

Nesta fase são utilizados os equipamentos para retenção e tratamento do lodo como biodigestores; filtros biológicos; reatores de manta de lodo, devendo ser analisados em cada situação de esgoto a ser tratado os equipamentos pertinentes para utilização;

**d) Desaguamento do lodo**

Esta fase o lodo que já está separado e deverá ser retirado e conduzido a um processo que diminua seu volume para facilitar a destinação. Para este processo podem ser utilizados equipamentos com o Leitos de secagem; Filtro prensa ou centrífugas.

**3.2.2 Processos biológicos**

Basicamente o princípio de tratamento biológico de esgoto apoia-se na atividade de bactérias e outros microrganismos que se alimentam de matéria orgânica contida no esgoto.

Esta atividade pode ocorrer na presença de oxigênio livre por processo aeróbios ou na ausência de oxigênio por processos anóxicos ou anaeróbios.

O tratamento secundário, que é o processo biológico de tratamento, tem por princípio básico reproduzir em volumes confinados, as reações bioquímicas de estabilização da matéria orgânica por microrganismos que ocorreriam em corpos de água receptores, antes do lançamento dos despejos nos mesmos. A diferença é que, por tratar-se de volumes relativamente pequenos, este trabalho é realizado mediante uma alta concentração de microrganismos. Cada processo de tratamento é concebido visando à manutenção de uma biomassa ativa depuradora de poluentes orgânicos, das mais diversas formas.

Quase todas as águas residuárias que contém constituintes biodegradáveis podem ser tratadas biologicamente. Para que se possa selecionar bem o tratamento completo e os processos a serem empregados, é fundamental que se entenda as características de cada processo biológico. Isso possibilita a reprodução do ambiente natural dos microorganismos que operam as transformações desejadas, assim como o seu controle de maneira eficaz.

O principal objetivo do tratamento secundário é a remoção da matéria orgânica que se apresenta nas seguintes formas:

- a) matéria orgânica dissolvida (DBO solúvel), a qual não é removida por processos meramente físicos, como o de sedimentação, que ocorre no tratamento primário;
- b) matéria orgânica em suspensão (DBO suspensa ou particulada), a qual é em grande parte removida no tratamento primário, mas cujos sólidos de sedimentabilidade mais lenta persistem na massa líquida.

Para Metcalf e Eddy apud (ORNELAS, 2004 p.42-49) os principais objetivos de um tratamento biológico de esgoto são:

- a) oxidar constituintes biodegradáveis dissolvidos e particulados transformando-os em produtos finais aceitáveis;
- b) captar e incorporar sólidos coloidais suspensos e não sedimentáveis, transformando-os em flocos ou em um filme biológico (biofilme);
- c) transformar ou remover nutrientes, tais como o nitrogênio e fósforo;
- d) remover traços de constituintes orgânicos específicos e compostos.

Para o caso de efluente industrial, o objetivo deve ser remover ou reduzir a concentração de compostos orgânicos e inorgânicos. Como alguns dos constituintes e compostos encontrados no efluente industrial têm efeito tóxico sobre os microorganismos, um pré-tratamento pode ser requerido antes que efluente industrial possa ser descarregado em um sistema municipal de coleta. (METCALF e EDDY apud ORNELAS, 2004 p.42-49).

Cada efluente tem as suas características básicas formando grupos assemelhados que requerem tratamentos assemelhados baseados nos mesmos princípios físicos. Os efluentes urbanos, por exemplo, sempre têm as mesmas características básicas geralmente os tratamentos indicados são redução da carga orgânica, clarificação e desinfecção.

Os processos biológicos usados para o tratamento de efluentes podem ser divididos em anaeróbio e aeróbio.

São anaeróbios, quando a biodigestão da matéria orgânica carbonácea ocorre na ausência de oxigênio. Geralmente nesse processo na conversão da matéria orgânica há produção do biogás rico em metano, que, a despeito do baixo poder calorífico, pode ser aproveitado como fonte de energia térmica em favor do balanço energético.

Já os processos aeróbios são mais ativos em termos de ação oxidante das bactérias, as quais convertem mais rapidamente a matéria orgânica carbonácea dissolvida e particulada (suspensa) em biomassa.

Os dois processos podem ser subdivididos em duas categorias principais:

- a) leito fixo: processo em que as bactérias se agrupam sobre uma superfície inerte formando um biofilme por onde passa o efluente a ser tratado. Nos tratamentos do tipo aeróbio são promovidos meios para que as bactérias tenham contato com efluente a ser tratado, como também com ar atmosférico ou ar comprimido, ou até, oxigênio puro, de forma intermitente;
- b) leito disperso ou suspenso: processo em que as bactérias se desenvolvem em suspensão no efluente a ser tratado. Nos tratamentos aeróbios, mecanismos desenvolvidos para esse fim introduzem ar atmosférico, ar comprimido ou oxigênio no seio da massa líquida.

Segundo Monteggia apud Ornelas (2004, p.42-49)

A maior desvantagem do processo do leito disperso ou suspenso, é justamente o elevado dispêndio energético que acarreta custos operacionais indesejáveis. Fatores ambientais que possam afetar o desempenho, as necessidades nutritivas e a ação cinética da reação devem ser considerados nos projetos. O processo de leito disperso ou suspenso mais comumente usado para o tratamento de efluente municipal é o de lodo ativado, no qual as bactérias, digerem flocos ao final da fase de aeração. Na fase de decantação, os flocos precipitam-se formando os biossólidos. No processo de lodo ativado, parte do lodo formado retorna ao início do processo na câmara de equalização ou diretamente na câmara de aeração, acelerando o processo de biodigestão. Os tratamentos convencionais de lodo ativados são considerados reatores de fluxo de pistão com mistura longitudinal (dispersão), ou seja, apresentam um fluxo arbitrário. Os fatores que contribuem para a tendência de escoamento em pistão são o reduzido tempo de detenção hidráulica e a forma dos reatores.

De acordo com Chernicharo (1997, p. 17),

Nos sistemas anaeróbios, a maior parte do material orgânico biodegradável presente nos despejos é convertido em biogás (cerca de 70% a 90 %), que é removido da fase líquida e deixa o reator na forma gasosa. O material não convertido em biogás ou biomassa deixa o reator como material não degradado (10 % a 30 %). Uma pequena parcela do material orgânico é convertida em biomassa microbiana (cerca de 5 % a 15 %), que constitui o lodo excedente do sistema.

Assim, pode-se perceber que as principais vantagens que os processos anaeróbios oferecem, em relação aos processos aeróbios, decorrem das diferenças dos metabolismos bacterianos aeróbios e anaeróbios.

Para um melhor conhecimento sobre o tratamento biológico aeróbio e anaeróbio, são descritos a seguir:

### **3.2.2.1 Tratamento biológico aeróbio**

É o tratamento que utiliza as bactérias com a presença de oxigênio livre gasoso. Sendo as modalidades mais usualmente empregadas as citadas a seguir:

- filtros biológicos;
- lodos ativados;
- lagoas de estabilização: Aeradas, facultativas e maturação.

### **a) Filtros biológicos**

São unidades de tratamento de esgoto destinados à oxidação biológica da matéria orgânica remanescente de decantadores, que pode se dar através de filtros de alta e baixa carga.

O efluente do decantador é aspergido continuamente sobre um meio suporte entre os quais o ar pode circular.

Os filtros biológicos ou leitos percolados são constituídos de cascalho de pedra, ou pedra britada, ou ainda de enchimentos plásticos, onde o despejo que percola pela mesma forma um húmus constituído de um grande número de microrganismos (bactérias, fungos, protozoários, e outros) que formam colônias de consistência gelatinosa.

Essa formação se deve à presença de matéria orgânica, como alimento, e de oxigênio para sua respiração. Existindo esses dois elementos em abundância, os microrganismos se desenvolvem e são responsáveis pela depuração, através de dois princípios básicos: o da adsorção, isto é, retenção de partículas sólidas do esgoto à superfície gelatinosa e posterior o da assimilação biológica nutrição seguida de respiração, transformando a matéria orgânica solúvel e insolúvel em gás carbônico água e sais minerais.

### **b) Lodos ativados**

O processo de lodos ativados para o tratamento de efluentes sanitários podem ser (convencional, aeração prolongada e fluxo intermitente). Constitui-se basicamente de um tanque de aeração, decantador secundário e sistema de recirculação do lodo.

É um processo biológico onde o esgoto afluente, na presença de oxigênio dissolvido, agitação mecânica e pelo crescimento e atuação de microrganismos específicos, forma flocos denominados lodo ativado ou lodo biológico. Essa fase do tratamento objetiva a remoção de matéria orgânica biodegradável presente no esgoto. Após essa etapa, a fase sólida é separada da fase líquida em outra unidade operacional denominada decantador. O lodo ativado separado retorna para o processo para manter elevada concentração de microrganismos no reator biológico.

O excesso de lodo, decorrente do crescimento biológico, é extraído do sistema e enviado a estabilização e posterior desaguamento.

O processo de lodo ativado foi desenvolvido em torno de 1913 na estação experimental de Lawrence, em Massachusetts (EUA), por Clark e Calibre e também por Ardem e Lockett (1914) nos trabalhos de esgoto de Manchester, Inglaterra, e foi assim nomeado porque envolve a produção de uma massa ativada de microrganismos capaz de estabilizar os resíduos sob circunstâncias aeróbias (METCALF e EDDY apud ORNELAS, 2004 p.42-49).

Devido à elevada carga aplicada na entrada do reator e decréscimo contínuo de Oxigênio Dissolvido (OD) ao longo do escoamento longitudinal do tanque, faz-se necessário ajustar o sistema de aeração para suprir maior quantidade de ar ( até 1,5 vezes) na primeira parte do tanque. Volumes de excesso de lodo oscilam na faixa de 1 a 6 % da vazão tratada, dependendo da massa de excesso e concentração no ponto de descarte do sistema. (MONTEGGIA apud ORNELAS, 2004, p.42-49).

A mistura líquido mais lodo sai do reator biológico e é encaminhada ao decantador secundário onde ocorre a separação do lodo por sedimentação, sendo o efluente líquido descarregado imediatamente no corpo receptor ou na etapa seguinte do tratamento. No tanque de aeração, existe um tempo de contato para o efluente, que é lentamente agitado enquanto o ar é introduzido de forma pressurizada ou através de aeradores mecânicos. Os sólidos em suspensão no efluente juntamente com a suspensão microbiana são chamados de sólidos em suspensão, estando este em contato permanente com o oxigênio para manter em atividade as bactérias aeróbias. (METCALF e EDDY apud ORNELAS, 2004 p.42-49).

Equipamentos mecânicos são usados para fornecer ar ou oxigênio ao líquido, o que faz com que ocorra a transferência de oxigênio ao processo. O líquido misto flui então para um clarificador onde a suspensão microbiana sedimenta e a água é separada do biossólido (lodo). Parte do lodo separado retorna ao início do processo para que as bactérias promovam a biodigestão da carga orgânica que chega ao tratamento. Esse ciclo se repete indefinidamente. A continuação desse processo implica, evidentemente, que haverá um acúmulo de biomassa, cujo excedente, periodicamente, terá de ser removido. A biomassa é denominada de " lodo ativado " por causa da concentração de microorganismos ativos e quando retorna ao tanque de aeração, para continuar a biodegradação do material orgânico do efluente, pode conter partes mais velhas e partes mais novas do lodo que podem ser identificadas pela coloração.

Uma característica importante do processo do lodo ativado é a formação de flocos, variando no tamanho de 50 a 200  $\mu\text{m}$ , os quais podem ser removidos, serem decantados por ação da gravidade, deixando um líquido relativamente limpo como efluente tratado. Tipicamente, mais de 99 % dos sólidos suspensos podem ser removidos na etapa da clarificação.

### **c) Lagoas de estabilização**

As lagoas de estabilização também chamadas lagoas de oxidação, são destinadas ao tratamento de águas residuárias orgânicas, por meio de ações naturais, onde ocorrem fenômenos físicos, químicos e principalmente biológicos.

É um processo simples e natural para tratar esgoto doméstico e o seu principal objetivo é remover matéria orgânica e microorganismos patogênicos.

Durante muito tempo foram as mais indicadas para as condições brasileiras devido ao clima favorável, suficiente disponibilidade de área, à operação simples e à utilização de poucos equipamentos.

As lagoas de estabilização podem ser aplicadas nos seguintes casos:

- para tratamento completo, recebendo águas residuárias sujeitas apenas aos tratamentos preliminares;
- para tratamento secundário, recebendo efluentes do tratamento primário;
- para tratamento terciário, recebendo efluentes do tratamento secundário.

As lagoas de estabilização podem ser classificadas em três tipos descritos adiante.

#### a) Lagoas aeróbia

Recebem uma carga orgânica relativamente baixa e que mantém oxigênio dissolvido em todos os seus pontos. Nestas lagoas, proliferam as algas clorofiladas, capazes de realizar a fotossíntese e, através delas, manter o meio em condições aeróbias.

#### b) Lagoas facultativas

São lagoas com profundidade de 1,5 a 3 metros. Neste tipo de lagoa ocorrem dois processos distintos: aeróbios e anaeróbios. Na região superficial ocorre o processo fotossintético realizado pelas algas onde há liberação de oxigênio no meio, favorecendo o processo aeróbio e, no fundo, quando a matéria orgânica tende a sedimentar, ocorrem reações anaeróbias.

#### c) Lagoas de maturação

São lagoas com profundidades de 0,8 a 1,5 m e sua principal função é remover patogênicos devido à boa penetração de radiação solar, elevado pH e elevada concentração de oxigênio dissolvido. O processo se baseia na decomposição bacteriana aeróbia, em que o oxigênio é fornecido por fotossíntese. As lagoas devem ser rasas, e receber o esgoto pré-decantado. Com a introdução de matéria orgânica elas passam a apresentar coloração verde, pois os microrganismos heterotróficos aeróbios presentes se alimentam da matéria orgânica, consumindo oxigênio do meio e libertando gás carbônico e sais minerais. Por outro lado, algas microscópicas na presença de nutrientes e luz solar realizam fotossíntese, desprendendo oxigênio indispensável à respiração dos primeiros.

### 3.2.2.2 Tratamento biológico anaeróbio

Os processos anaeróbios são eficientes na remoção da matéria orgânica e sólidos suspensos. Não removem satisfatoriamente microrganismos patogênicos nem nutrientes eutrofizantes. Contudo, no caso de tratamento primário, apresentam grandes vantagens: Ocupam pequenas áreas, produzem pouco lodo, não consomem energia, não necessitam de equipamentos eletromecânicos, e requerem construção e operação simples.

Para Isoldi e Koetz (2004, p.04-16), identificaram-se dois pré-requisitos para que o tratamento anaeróbio seja eficiente. O primeiro é que o sistema de tratamento precisa conter uma grande massa bacteriana anaeróbia, e o segundo é que é necessário que haja um contato intenso entre o material orgânico digerido e o lodo contido no sistema de tratamento.

Na opinião de Isoldi e Koetz (2004, p.04-16)

Para melhorar o contato entre efluente e o lodo no sistema, aplica-se em geral, sistemas onde a alimentação passe para direção ascensional em vez do escoamento horizontal dos sistemas clássicos. (VAN HAANDEL & LETTINGA).

Os processos anaeróbios requerem em geral, menor espaço, tem baixa produtividade de lodo, estimada como inferior a 20% da apresentada por processos aeróbios convencionais e, também, oferecem a possibilidade de recuperar e utilizar o gás metano como combustível. (Lettinga et al.,1989 citado por Victoria 1993; Chernicharo, 1997;Foresti, 1997)

O tratamento anaeróbio requer uso de pós-tratamento, onde uma das principais desvantagens deste processo é a elevada concentração de nitrogênio amoniacal no seu efluente, o que impede a sua descarga direta em um corpo receptor. Lettinga et al., 1989 (citado por Victoria 1993; Chernicharo,1997;Durán,1997)

Um pós-tratamento, simples e de baixo custo, como o filtro aeróbio, alcança eficiência compatíveis com os processos convencionais, na remoção de nitrogênio amoniacal. (Lettinga et al., 1989 citado por Victoria 1993; Chernicharo, 1997; Durán, 1997)

Nos últimos anos, diversas instituições têm se dedicado a trabalhos de pesquisa fundamental e aplicada na área de sistemas anaeróbios, tendo contribuído significativamente para a evolução e uma maior disseminação da tecnologia de tratamento anaeróbio no Brasil. (CHERNICHARO,1997, p.15).

Conforme o artigo Indicadores Ambientais (2004), a denominação de alguns tipos de reatores no Brasil, notadamente os de manta de lodo, é sem dúvida bastante confusa. Esses reatores, que na sua versão mais aperfeiçoada tiveram sua origem na Holanda, na década de setenta, após trabalhos desenvolvidos pela equipe do Professor Gatze Lettinga, na Universidade de Wageningen, foram denominados de reatores UASB- (Upflow Anaerobic

Sludge Blanket Reactors), na tradução para o português, os mesmos deveriam ser denominados de Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo. No Brasil tem sido divulgadas novas terminologias para a identificação desse tipo de reator, sendo que pelo menos cinco siglas são de uso freqüente no meio, cada qual com suas características específicas:

- RAMA: Reator ascendente de manta anaeróbia;
- DAFA: Digestor anaeróbio de fluxo ascendente;
- RAFA: Reator anaeróbio de fluxo ascendente;
- RALF: Reator anaeróbio de leito fluidizado;
- UASBALL- Reator anaeróbio de fluxo ascendente através de leito de lodo.

O tratamento biológico anaeróbio utiliza bactérias sem a presença de oxigênio destacando as seguintes modalidades:

- a) Reatores anaeróbios de manta de lodo de fluxo ascendente;
- b) Lagoas anaeróbias.

a) Reator anaeróbio de manta de lodo de fluxo ascendente

Nos processos anaeróbios de tratamento, a decomposição da matéria orgânica é efetuada pela alimentação de microorganismos anaeróbios, ou seja, que vivem na ausência de oxigênio. A biodigestão anaeróbia tem se tornado recentemente uma opção viável para certos tipos de despejos, principalmente os mais facilmente biodegradáveis, tais como despejos de indústrias alimentícias, agroindústrias, e outras.

Este processo baseia-se em uma série de reações em seqüência, desencadeadas por uma cultura diversificada de microorganismos anaeróbios, os quais promovem a redução das moléculas orgânicas mais complexas (como gorduras e proteínas) a estruturas moleculares mais simples (aminoácidos, ácidos orgânicos, aldeídos e álcoois), subseqüentemente estes intermediários são fermentados a água, gás carbônico e ácido acético.

Os reatores anaeróbios para tratamento de esgoto podem ser distinguidos em dois grupos a seguir:

- a1) reatores de lodo passivo em relação à fase líquida.
- a2) reatores de lodo ativo em relação à fase líquida.

a1) sistemas de lodo passivo em relação à fase líquida.

A tendência é a separação do lodo por decantação. A fase líquida tende para a clarificação e no lodo decantado ocorre a maior atividade biológica de degradação da matéria orgânica. Os reatores usuais são os tanques sépticos e as lagoas de estabilização anaeróbias (de certa forma também as facultativas). Nestes reatores o fluxo é horizontal, há decantação do lodo e a fase líquida passa por sobre a biomassa sedimentada. O fluxo ocorre na fase líquida e, portanto, a ação dos microrganismos da biomassa, separada por decantação, é passiva em relação à massa líquida.

a2) Os sistemas de lodo ativo sobre a fase líquida

Estes sistemas podem, por sua vez, ser distinguidos em dois grupos: de biomassa aderida e de biomassa não aderida.

- Sistemas de biomassa aderida:

Temos os reatores com enchimento de material suporte sobre o qual desenvolve-se o biofilme (na superfície de cada peça de enchimento), constituindo um leito filtrante fixo em cujos interstícios ocorre o fluxo da fase líquida. O reator mais usual é o filtro anaeróbio de pedras. Existem também os reatores com biofilme aderido em discos rotativos e os de leito fluidizado ou expandido com biofilme aderido a núcleos inertes (geralmente areia fina) onde o conjunto, núcleo inerte e filme aderido, são expandidos pela velocidade que se impõe ao fluxo ascendente (injeção de gás, recirculação e etc.).

- Sistemas de biomassa não aderida ao suporte inerte ou dispersa:

A biomassa agrega-se em flocos ou grânulos (lodo floculento ou granulado). Os reatores usuais são: o digestor de lodo convencional, onde o lodo é disperso na massa líquida por agitação ou recirculação; os reatores de lodo expandido ou fluidizado, com lodo sem núcleo inerte; e os reatores de fluxo ascendente através de leito de lodo pouco expandido.

No Brasil é utilizado em escala real, o tanque séptico, a lagoa anaeróbia, o filtro anaeróbio de pedras (FAN), e o reator anaeróbio de fluxo ascendente através do leito de lodo (RAFAALL), sendo assim descritos:

O FAN é um reator de lodo ativo sobre a fase líquida, com biomassa aderida e leito fixo. Contudo, principalmente nos de fluxo ascendente, forma-se lodo floculado (e até granulado) que se mantém entre as pedras (interstícios) não aderindo ao suporte. Por isso, segundo Andrade Neto apud von Sperling (1997, p.17), pode ser que talvez uma melhor denominação para filtro anaeróbio seria reator anaeróbio de leito fixo submerso e de fluxo ascendente ou descendente, conforme o caso.

O RAFAALL é um reator de lodo ativo sobre a fase líquida, com biomassa não aderida a suporte inerte e leito pouco expandido.

Vários outros modelos, variantes e associações de reatores anaeróbios também já têm aplicação prática no Brasil, ou estão em fase de experiências em escala próxima de condições reais. Alguns novos modelos de RAFAALL também estão sendo experimentados, como por exemplo, o reator seqüencial ou reator anaeróbio com chicana (na verdade uma sucessão de RAFAALLs simples), em que o efluente de cada um é introduzido na parte inferior do seguinte, fazendo com que o esgoto atravesse diversas vezes regiões de denso lodo ativo, este vem sendo estudado na Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

Segundo Andrade Neto apud von Sperling (1997, p.10), em 1903, o inglês W. O. Travis concebeu e construiu o Tanque Hidrolítico.

Um tanque séptico com subdivisão interna, com duas câmaras, onde 1/7 a 1/5 da vazão do efluente seria introduzida na câmara inferior, onde se processaria a digestão. Em 1905, Karl Imhoff, examinando os trabalhos de Travis, idealizou o "Tanque Imhoff". Parece que Travis pretendia utilizar o lodo ativo da câmara inferior, explorando a ação biológica, e Imhoff procurou otimizar a sedimentação, no desenvolvimento dos tanques sépticos de câmaras sobrepostas.

Os reatores anaeróbios apresentam resultados práticos semelhantes, quanto à eficiência, o que indica não haver diferenças significativas, neste domínio, decorrentes da aplicação de arranjos alternativos, ou reatores mistos, na busca de uma melhor relação benefício / custo. Na prática, os sistemas de tanque séptico e filtro anaeróbio (TS-FAN) usuais ou alternativos, e RAFAALL ou mistos, oferecem resultados comparáveis quanto à segurança sanitária e à proteção do meio ambiente, desde que projetados e operados com competência, mas diferenciam-se pelas vantagens que podem oferecer, quanto às facilidades de projeto, construção e operação, e pela relação benefício / custo obtida, em cada caso, em face dos condicionantes e objetivos pretendidos. Neste domínio, novas alternativas tecnológicas devem ser desenvolvidas e pesquisadas.

Em grandes sistemas de esgoto, com maiores percursos na rede de coleta, o esgoto chega nas estações de tratamento com parte dos sólidos orgânicos já hidrolizados e a parcela dissolvida da carga orgânica relativamente maior, o que constitui uma vantagem funcional para a aplicação de reatores de lodo ativo. Os esgotos "jovens", por outro lado contêm

relativamente maior parcela de sólidos sedimentáveis, que são mais apropriadamente removidos (e digeridos) em reatores de lodo passivo em relação à fase líquida.

O porte do sistema (volume) é um fator muito importante. Os custos do reator (construção e operação) variam diferentemente para cada tipo em função do seu volume. Por exemplo, os custos de filtros de pedra, depois de certo volume, crescem muito rapidamente em função do tamanho do reator. Para o RAFAALL, o custo por volume decresce com o tamanho do reator.

Entre os reatores de lodo ativo, os com biomassa aderida a leito fixo são logicamente menos susceptíveis a perda de sólidos biológicos, mais estáveis e menos dependentes das variações do afluente. No entanto, o material de enchimento ocupa boa parte do volume e acarreta um custo adicional.

De acordo com Andrade Neto apud von Sperling (1997, p.17) registra que:

Tem sido aceita como uma verdade, que, principalmente os reatores de biomassa fixa terão cada vez mais aplicabilidade para tratamento de águas (residuárias e para abastecimento) que apresentam concentrações elevadas”. Prevê, em síntese, que “o futuro dos reatores modernos para tratamento de água reserva espaço muito importante para reatores de filme fixo.

#### b) Lagoas anaeróbias

São lagoas com profundidades da ordem de 3 a 5 metros, cujo objetivo é minimizar a presença de oxigênio para que a estabilização da matéria orgânica ocorra estritamente em condições anaeróbias;

Em relação aos processos biológicos anaeróbios, pode-se dizer que, reatores anaeróbios de lodo ativo aderido em suporte fixo, como o FAN, certamente estarão mais bem associados quando precedidos por um reator de lodo passivo (que retém sólidos sedimentáveis e resíduos inertes) ou por um reator de lodo ativo com biomassa não aderida.

Ainda há muito que se estudar através de pesquisas e novas experiências de muitas possibilidades de variantes do processo, modelos e associações de reatores anaeróbios. Deve-se lembrar que, em situações reais de operação, o esgoto contém sólidos, em uma composição na qual, as parcelas de sedimentáveis, suspensos não sedimentáveis e dissolvidos, são aproximadamente iguais.

De uma maneira geral, a maioria das estações construídas alcançam apenas o nível de tratamento biológico aqui descrito, porém, em muitas situações, é obrigado que esse tratamento alcance o nível denominado terciário.

O efluente do tratamento biológico ainda possui nitrogênio e fósforo em quantidade, concentrações e formas que podem provocar problemas no corpo receptor, dependendo de suas condições específicas, dando origem ao fenômeno denominado eutrofização, que é percebido pela intensa proliferação de algas.

### **3.2.3 Processos especiais para tratamento terciário**

O tratamento terciário tem por objetivo, no caso de esgoto sanitário, a redução das concentrações de nitrogênio e de fósforo e é, geralmente, fundamentado em processos biológicos realizados em fases subsequentes denominadas nitrificação e desnitrificação. A remoção de fósforo pode também ser efetuada por meio de tratamento químico, com sulfato de alumínio, por exemplo.

Segundo Isoldi e Koetz (2004, p.04-16) estes descrevem que no processo de tratamento secundário ocorre a remoção da matéria orgânica e, eventualmente, também a oxidação da matéria nitrogenada.

A remoção da matéria nitrogenada ocorre através da nitrificação, que tem elevada frequência em alguns processos de tratamento, como por exemplo, em lodo ativado. Nestes sistemas mesmo que a nitrificação não tenha sido considerada como um objetivo explícito do projeto, a sua alta taxa de ocorrência ressalta a grande importância que deve ser atribuída à mesma. O processo de nitrificação é uma etapa intermediária para a remoção dos compostos de nitrogênio, visto que neste processo acontece apenas a conversão do nitrogênio presente na água residuária, em compostos oxigenados de nitrogênio. A etapa seguinte compreende o processo de desnitrificação onde os compostos oxigenados de nitrogênio serão, então, transformados em nitrogênio molecular que é devolvido à atmosfera.

Pode ocorrer um grande desenvolvimento de biomassa na água, quando o nitrogênio e o fósforo estão disponíveis, em abundância. Esta biomassa produz oxigênio dissolvido durante o dia pelo processo de fotossíntese, mas de noite haverá consumo de oxigênio e a concentração de oxigênio dissolvido pode atingir níveis baixos demais para sustentar a vida de outros macroorganismos. Este fenômeno de deterioração da qualidade de água devido a

descarga excessiva de nutrientes, chama-se de eutrofização, onde levou ao desenvolvimento de sistemas de tratamento terciário ( ISOLDI e KOETZ, 2004 p.4-16).

### 3.2.3.1 Remoção biológica do nitrogênio e do fósforo

Um método biológico aplicado à eliminação do nitrogênio amoniacal, em uma etapa aeróbia, onde ocorre a oxidação da amônia à nitrato, é chamado de nitrificação. (BEG et al.; HÄNEL; METCALF e EDDY; ABREU, apud ISOLDI; KOETZ, 2004 p.4-16).

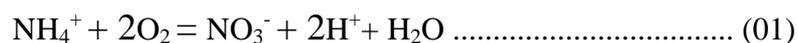
Segundo Souto Ferreira (2004, p. 01-29), os processos utilizados para remoção biológica de nitrogênio e a remoção química do fósforo são assim descritos:

#### a) remoção biológica de nitrogênio- desnitrificação

Na nitrificação, o nitrogênio é levado à forma de nitrato e, posteriormente, na desnitrificação, é levado à produção de N<sub>2</sub>, principalmente o que é volatizado para o ar.

##### a.1) Nitrificação

É a oxidação biológica do nitrogênio amoniacal (NH<sub>3</sub> + NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), na forma química amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), a nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), e nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Os dois principais gêneros de microorganismos responsáveis por isto são as bactérias autotróficas *Nitrossomonas* e *Nitrobacter*, oxidando a amônia a nitrito e o nitrito a nitrato, como mostra a fórmula 01.



Fonte: Souto Ferreira (2004, p.1-29).

O nível de oxigênio dissolvido, a temperatura e pH são parâmetros importantes na cinética da nitrificação. A taxa de nitrificação decresce com o decréscimo de temperatura. A temperatura ótima está entre 25 e 35 °C. O pH ótimo está na faixa 7,5 a 9,0. (SOUTO FERREIRA, 2004).

##### a.2) desnitrificação

Processo que tem como reação a conversão das formas oxidadas de nitrogênio – nitrato (N-NO<sub>3</sub>)e nitrito (N-NO<sub>2</sub>), em nitrogênio gasoso através da oxidação da matéria orgânica carbonácea oriunda de fontes de carbono orgânico presente no próprio efluente sob a forma de DBO. Seu requisito é o baixo nível de O.D. disponível no meio, de tal forma que os microorganismos utilizam o oxigênio do (N-NO<sub>3</sub>) e do (N-NO<sub>2</sub>), para respiração, ao invés do

oxigênio do ar. Acima de 1,0 mg/L de O.D. a desnitrificação é inibida pela maior facilidade de utilização do O<sub>2</sub>, como mostra a fórmula 02.



Fonte: Souto Ferreira (2004, p. 1-29),

#### b) remoção biológica de fósforo - desfosforização

O fósforo em efluentes líquidos pode estar presente como ortofosfato, polifosfato ou fósforo orgânico. O ortofosfato é o tipo de fósforo mais fácil de ser removido, dentre os três tipos existentes. Os polifosfatos são convertidos em ortofosfatos por hidrólise e o fósforo orgânico é convertido em ortofosfato através de decomposição via bacteriana.

##### b.1) remoção de fósforo

Para Souto Ferreira (2004, p. 1-29), o mecanismo proposto de remoção de fósforo é de que acetatos e outros produtos da fermentação - ácidos graxos voláteis são produzidos por reações de fermentação catalisadas por microorganismos facultativos na zona anaeróbia. O modelo deste mecanismo assume que estes produtos são derivados de porções solúveis da DBO alimentada e que o tempo é insuficiente na zona anaeróbia para ocorrer hidrólise e fermentação da porção sólida da DBO (sólidos suspensos). Os produtos da fermentação são facilmente assimilados pelos microorganismos capazes de melhorar a remoção de fósforo e armazenados como hidrocarbonetos intracelulares. A assimilação e armazenagem são auxiliadas pela energia obtida com a hidrólise e liberação de polifosfatos previamente armazenados nas células, causando um aumento na concentração de fósforo solúvel.

Assim, o estágio anaeróbio serve para dois propósitos: fornecer uma zona de fermentação utilizados por bactérias removedoras de fósforo e conseguir um ambiente propício para estes microorganismos.

Durante a fase aeróbia os *polihidroxibutyatos* armazenados dentro das células são deslocados e o fósforo solúvel é consumido, com as quantidades excessivas armazenadas dentro das células. A população bacteriana utilizadora de fosfatos aumenta durante este tempo por causa da utilização do substrato e conseqüente crescimento. O nível de fosfato acumulado nas células está relacionado com a quantidade de substrato assimilado e estocado na fase anaeróbia.

##### b.2) Remoção de fósforo por sais metálicos

- Compostos de Alumínio: sulfato de alumínio (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>)

- Compostos de Ferro: cloreto férrico ( $\text{FeCl}_3$ )

Na prática são necessárias quantidades maiores de alumínio.

O tratamento terciário também produz lodo, que deve ser adensado, digerido, secado e disposto convenientemente.

Em essência, as operações e processos descritos destinam-se à remoção de sólidos em suspensão e de carga orgânica, restando agora, para completar no tratamento, a remoção de organismos patogênicos.

Sistemas de tratamento que envolvem disposição no solo ou lagoas de estabilização, em muitos casos, já têm capacidade de efetuar redução considerável no número de patogênicos, dispensando, assim, um sistema específico para desinfecção.

### **3.2.4 Processos especiais para desinfecção**

#### **3.2.4.1 Sistemas simples através de lagoas de estabilização e disposição controlada no solo**

Os sistemas através de lagoas de estabilização e disposição controlada no solo podem ser utilizados para desinfecção na remoção de matéria orgânica, sendo assim então observado sua descrição.

Para Andrade Neto apud von Sperling (1997, p.24), quando se procuram sistemas para tratamento de esgoto sanitário eficientes na remoção de microorganismos patogênicos e de nutrientes eutrofizantes com alta relação benefício / custo, lagoas de estabilização e disposição controlada no solo são as opções mais adequadas à realidade brasileira.

Segundo Metcal e Eddy apud Ornelas (2004, p.42-49), os processos de tratamento biológico são desenvolvidos baseados na observação de fenômenos naturais. Ainda assim, o tratamento de efluentes mais elementar, que é a disposição no solo, também denominada de sistema natural combina os mecanismos de tratamento físico, químico e biológico e produz água com a qualidade similar a produzida pelos melhores tratamentos avançados de efluentes, ou até melhor .

Infelizmente, nem sempre é viável aplicar lagoas de estabilização ou disposição no solo como solução para tratamento do esgoto, porque exigem grandes áreas e terreno adequado (tipo de solo e relevo). Contudo, mesmo que seja necessário o transporte do esgoto até um local adequado, estas opções devem ser sempre avaliadas como alternativas.

O Brasil oferece condições extremamente favoráveis para aplicação das lagoas de estabilização e da disposição controlada de esgoto e efluentes tratados no solo, tanto pela disponibilidade de área como pelo clima, entre outros fatores convenientes (inclusive socioculturais e econômicos). Porém, percebe-se que em certas situações a utilização de lagoas próximas aos centros urbanos pode provocar reações adversas, muitas vezes pelos odores gerados, pela presença de vetores e exposição à saúde da população. Por esta razão estas lagoas devem ser executadas dentro das especificações técnicas de funcionalidade e operacionalidade e controle.

Pode-se considerar que lagoas de estabilização e disposição no solo são os processos de depuração de esgoto mais naturais. As operações unitárias que neles ocorrem, como fenômenos ativos no tratamento do esgoto, são próprias da natureza. Lançados displicentemente no meio ambiente, o esgoto sofre processos de transformação semelhantes aos que se procura confinar e otimizar nas lagoas de estabilização e na disposição controlada no solo.

De acordo com Andrade Neto apud (VON SPERLING, 1997 p. 26),

Existem basicamente dois tipos de lagoas de estabilização: anaeróbias e fotossintéticas. Porém, dependendo da geometria (área, forma e profundidade) e de carga orgânica aplicada, constroem-se reatores que apresentam características funcionais bastante distintas e permitem explorar vantagens diversas e atingir variados objetivos, principalmente quando são associados em série.

#### a) Lagoas de estabilização

Nas lagoas de estabilização ocorrem simultaneamente muitas operações unitárias (sedimentação de partículas, troca de gases, mistura, floculação e precipitação naturais e outros). Mas o fenômeno mais ativo é a biodegradação. Nas lagoas anaeróbias ocorre biodegradação anaeróbia. As lagoas fotossintéticas baseiam-se na simbiose algas-bactérias onde o oxigênio utilizado pelas bactérias para respiração aeróbia é produzido na fotossíntese das algas, que sintetizam o gás carbônico em novas células.

Lagoas anaeróbias são eficientes na remoção de sólidos e da matéria orgânica e, devido à tranquilidade hidráulica, também removem ovos e vermes, significativamente.

Lagoas fotossintéticas facultativas já são mais eficientes na transformação da matéria dissolvida e na remoção de patogênicos, principalmente ovos de vermes. Nas lagoas rasas a clarificadas, denominadas de maturação, pode-se alcançar a mais alta remoção de bactérias e

vírus que sistemas de tratamento de esgoto podem usualmente propiciar e também remover nutrientes eutrofizantes, se convenientemente projetados. A associação dos vários modelos, em série, é muito vantajosa e forma sistemas altamente eficientes.

A construção e a operação de lagoas para tratamento de esgoto são inigualavelmente simples. Apresentam ainda as vantagens de não necessitarem de equipamentos eletromecânicos ou peças móveis, e serem muito estáveis e absorverem sobrecargas hidráulicas e orgânicas e o lodo não necessita ser processado fora do sistema.

#### b) Disposição de esgoto no solo.

A disposição de esgoto no solo é essencialmente uma atividade de reciclagem, inclusive para a água, que viabiliza um melhor aproveitamento do potencial hídrico e dos nutrientes presentes no esgoto, utilizando racionalmente a Natureza como receptora de resíduos e geradora de riquezas, sobretudo quando se explora o sistema solo-vegetais.

Sempre que possível, a disposição controlada de esgoto bruto ou efluentes tratados no solo é uma excelente providência, seja como destino final, ou antes que atinjam um corpo d'água. No mínimo porque, dispostos no solo, o esgoto sofre depuração natural e, qualquer que seja o grau de tratamento alcançado, são menos maléficos às águas do corpo receptor. A disposição no solo presta-se como destino final ou tratamento complementar dos efluentes dos mais diversos sistemas de tratamento. Por si só constitui também uma opção muito eficiente de tratamento (ou reciclagem) e adequada como destino final.

### **3.2.4.2 Desinfecção com cloro, ozônio, radiação ultra violeta e lagoa de maturação**

Estudos realizados pela rede PROSAB consideram a aplicação de compostos de cloro (hipoclorito de sódio e dióxido de cloro), radiação ultravioleta, ozonização, e lagoas de maturação como opções de desinfecção.

Segundo Gonçalves (2003, p. 419)

Sem dúvida, os custos relativos à cloração são ainda os mais baratos, em relação tanto à implantação como à operação. A desinfecção por radiação ultra violeta tem custos muito acima dos referentes à cloração apenas, mas já pode se tornar competitivo quando comparado ao conjunto cloração-descloração. A desinfecção por ozônio é de todas a opção a mais cara; no entanto, em ETEs que já utilizam oxigênio puro, o processo já pode se tornar competitivo.

De acordo com Chernicharo (2001, p.63), o desinfetante mais amplamente utilizado em nível mundial é o cloro, estimando-se que participa em 70% de todas as operações de desinfecção. Com o custo o mais econômico, e sendo um bom desinfetante, causa um impacto positivo imediato na saúde pública. Porém, percebe-se que a utilização de cloro pode introduzir problemas crônicos na saúde humana, que são muito mais difíceis de avaliar do que a produção de compostos carcinogênicos chamados de Trihalometanos (THMs) quando reage com a matéria orgânica. Passados quase 30 anos desde os primeiros trabalhos divulgados com relação ao perigo dos THMs nas águas, se está ainda praticamente na mesma situação de uso do cloro, devido às vantagens econômicas do mesmo e à poderosa indústria que funciona ao seu redor.

Simultaneamente, a necessidade de tratamento e desinfecção do esgoto se faz cada vez maior devido a deteriorização da qualidade das águas dos mananciais, tanto superficiais quanto subterrâneos. Frente a esse panorama, aparecem outros produtos químicos ( dióxido de cloro e ozônio) e procedimentos físicos ( radiação ultra violeta ), como candidatos a ocupar um lugar nos procedimentos de desinfecção de águas, de acordo com Gonçalves (2003, p. 410).

Chernicharo (2001, p.63), descreve sobre os principais desinfetantes que vem sendo utilizados:

a) dióxido de cloro

É um poderoso oxidante e desinfetante que não produz compostos carcinogênicos (THM) por cloração direta. No entanto, ele pode produzir presença de cloritos e cloratos (potencialmente cancerígenos, e pode ter um efeito potenciador de THMs em outras etapas posteriores. Os subprodutos oxidados como aldeídos e cetonas e outros produzidos por ele, são também considerados potencialmente perigosos para a saúde humana, e ainda têm sido pouco estudados.

b) ozônio

É um excelente desinfetante, mas também é potencialmente perigoso pelos mesmos motivos que o dióxido de cloro, pois produz toda uma série de subproduto orgânicos diferentes dos que chegam na água a ser tratada. Sabe-se que a matéria orgânica fica em forma mais biodegradável depois do tratamento com ozônio, então este fato deve ser levado em conta quanto da utilização do ozônio. As águas que contém brometo reagem ao tratamento, produzindo compostos bromados que são potencialmente perigosos.

c) radiação ultra violeta

Apresenta uma série de vantagens intrínsecas de esgoto tratado, notadamente, por não gerar subprodutos prejudiciais ao meio ambiente e por não ser tóxica para os peixes, mas apresenta baixas eficiências quando os teores de sólidos suspensos no efluente são mais elevados

d) lagoas de maturação

Lagoas de maturação não têm custos de energia ou de produtos químicos, sendo altamente indicadas como parte de um conjunto de lagoas em série. Sua limitação está na possível falta de área.

É importante destacar segundo Metcalf e Eddy apud Gonçalves (2003, p. 410), que estudos disponíveis já mostram que a desinfecção com cloraminas é capaz de evitar as formações de subprodutos indesejáveis especialmente os trihalometanos, de acordo com os padrões atuais, devendo apenas evitar a presença de cloro livre.

### **3.3 Sistemas alternativos de tratamentos de esgoto sanitários**

Os sistemas alternativos, também chamados de simples ou naturais de tratamento de esgoto sanitário, adaptam-se perfeitamente em nossa região, isto ocorre também devido as condições climáticas favoráveis para as bactérias e os microorganismos existentes nestes tratamentos.

Segundo Andrade Neto apud von Sperling (1997, p.17)

A adoção de sistemas simples para tratamento de esgoto sanitários é mais do que desejável, é uma necessidade imperativa, onde a simplicidade funcional é, sem dúvida uma característica desejável para qualquer sistema de tratamento de esgoto.

Devemos objetivar novos sistemas de tratamento de esgoto, mas ao mesmo tempo tomar cuidados quanto aos grandes investimentos em sistemas utilizados em outros países, que por razões ambientais, climáticas entre outras, podem não ser a melhor escolha.

A situação do saneamento básico na atualidade requer vultuosos investimentos necessários para cobrir o enorme déficit sanitário. Como os recursos são escassos, é imprescindível alcançar um patamar de segurança sanitária ao menos razoável. Em um universo amplo e massificado, é necessário que se maximizem as relações benefício /custo.

Nesta razão os benefícios que um sistema para tratamento de esgoto podem proporcionar, em decorrência de sua eficiência, dependem diretamente da simplicidade da construção e operação, pois qualquer que seja o sistema, ele terá sempre baixa eficiência quando não for bem conduzido o processo de operação. Por outro lado, os custos de implantação dependem fortemente do grau de dificuldades construtivas e operacionais. Portanto, sistemas simples geralmente propiciam alta relação benefício/ custo.

No entanto, a adoção de sistemas simples não deve servir de desculpa para reduzir os investimentos financeiros globais necessários para a implantação de novos sistemas e para a conservação e operação, inclusive a formação de pessoal mais capacitado e habilitado.

É necessário também que se entenda a simplicidade como meio de se alcançar uma maior adequação à realidade e a maior relação benefício/custo possível. Não se pode confundir simplicidade com descaso da eficiência, uso de materiais de má qualidade, técnicas e processos construtivos descuidados e negligência na operação.

A adequação a realidade deve levar em consideração os fatores socioculturais e econômicos e também as condições ambientais (clima, disponibilidade de área, e outros).

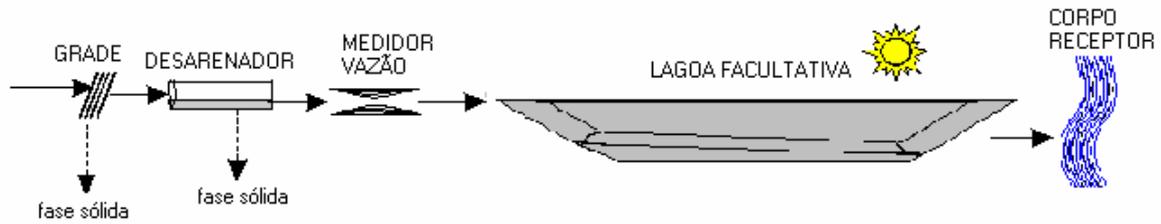
Muitas vezes outros fatores dificultam a adoção de sistemas simples como, por exemplo, utilização de lagoas frente aos odores proporcionados pelos efluentes tratados o que poderá influenciar na escolha desta alternativa. Contudo em face às condições ambientais, socioculturais e econômicas do Brasil, os sistemas simples para tratamento de esgoto são os que utilizam os processos mais naturais e os reatores menos mecanizados e mais fáceis de construir e operar.

### **3.4 Tecnologias de tratamento de esgoto**

Existem diferentes formas de tratamento de efluentes que são encontradas em cada processo, razão pelo qual para diferenciá-las classificou-se em processos simplificados, mecanizados e combinados com reator UASB mais pós-tratamento, sendo descritos a seguir.

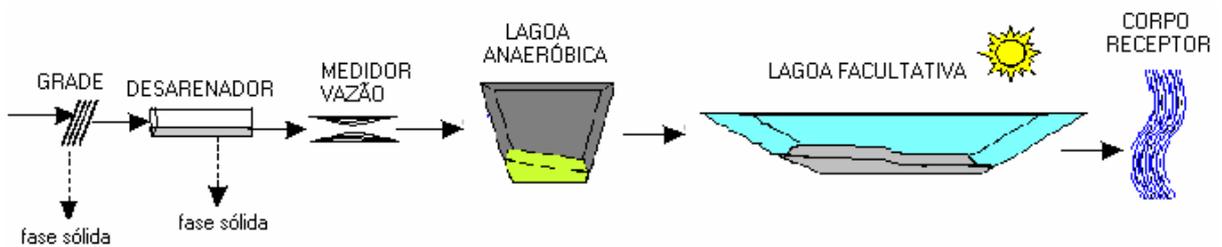
Para melhor visualização destas tecnologias demonstra-se de forma ilustrativa nas figuras 07 a 30, sendo assim descritas:

Processos simplificados:



Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p.177 a 181)

Figura 07 – Processo com lagoa facultativa de estabilização sem aeração.



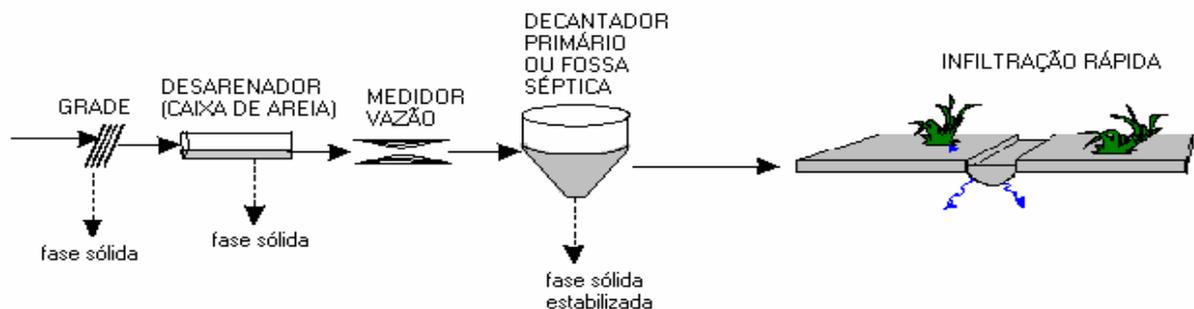
Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p.177 a 181)

Figura 08 – Processo com lagoas de estabilização anaeróbia e facultativa sem aeração.



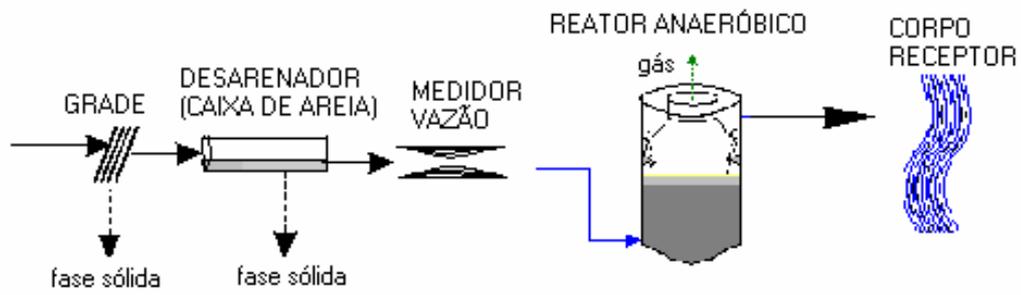
Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p. 177-181)

Figura 09 – Processo com lagoas de estabilização e com lagoas de maturação.



Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p.177 a 181)

Figura 10 – Processo com decantador primário e infiltração rápida.



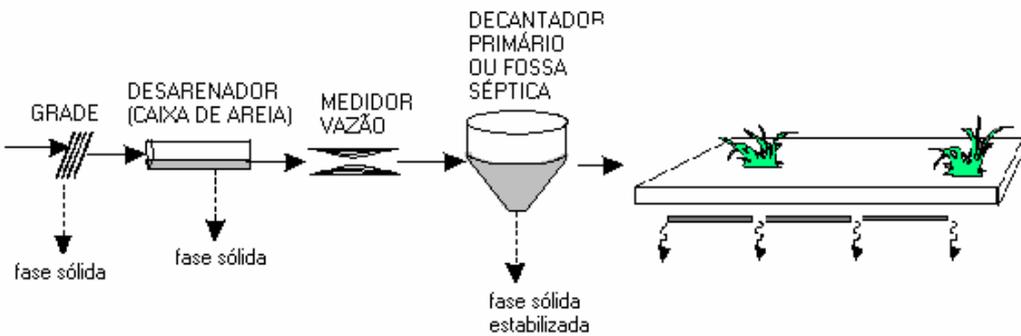
Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p.177 a 181)

Figura 11 – Processo com reator anaeróbio.



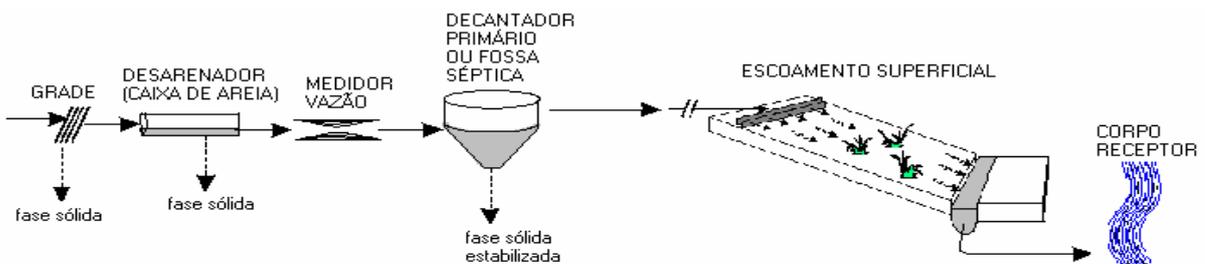
Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p.177 a 181)

Figura 12 – Processo com disposição controlada no solo com infiltração.



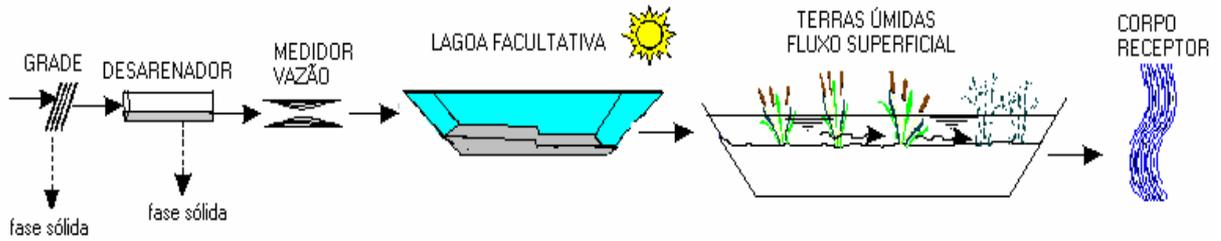
Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p.177 a 181)

Figura 13 – Processo com disposição controlada no solo com infiltração subsuperficial.



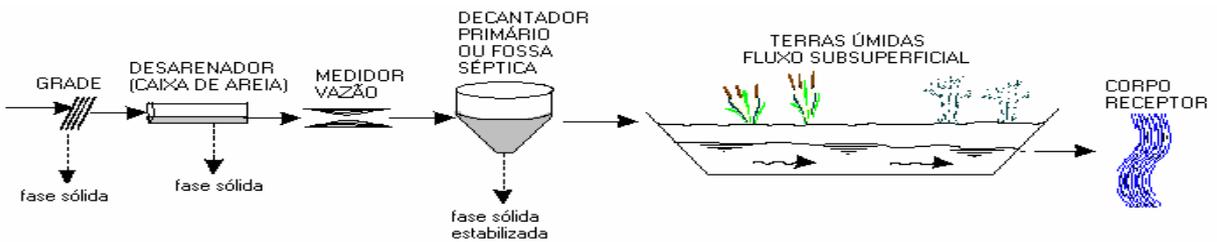
Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p.177 a 181)

Figura 14 – Processo com disposição controlada no solo com escoamento superficial.



Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p. 177 a 181)

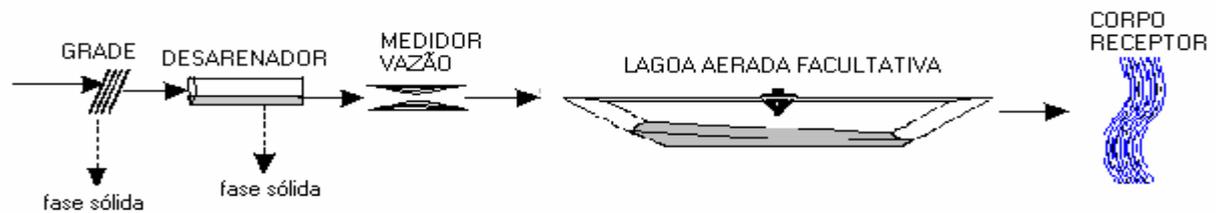
Figura 15–Processo com lagoa e disposição no solo com terra úmida construída–fluxo superficial.



Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p.177 a 181)

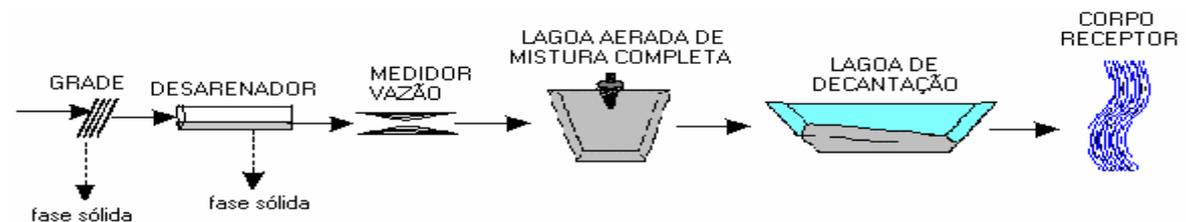
Figura 16–Processo com disposição no solo com terra úmida construída–fluxo subsuperficial.

Processos mecanizados:



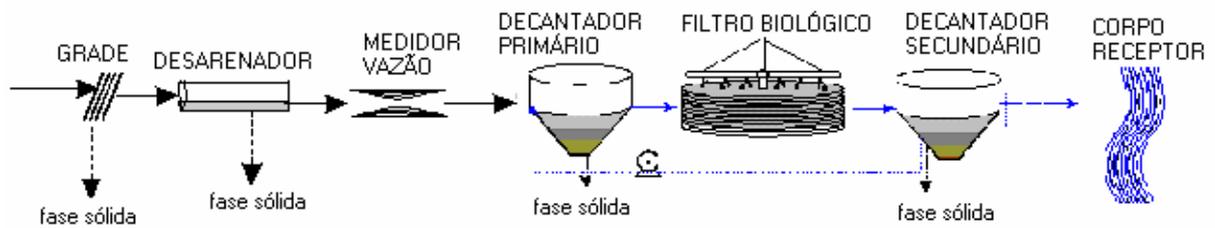
Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p.177 a 181)

Figura 17 – Processo mecanizado com lagoa aerada facultativa.



Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p.177 a 181)

Figura 18 – Processo com lagoas de estabilização com aeração mecanizada.



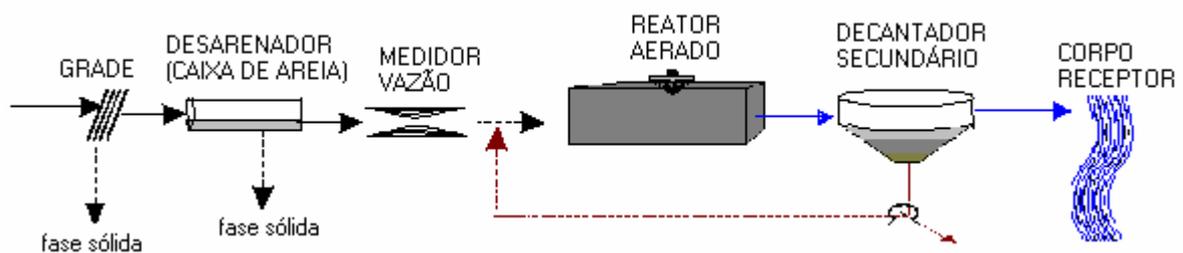
Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p.177 a 181)

Figura 19 – Processo mecanizado com reator anaeróbio com biofilme percolado.



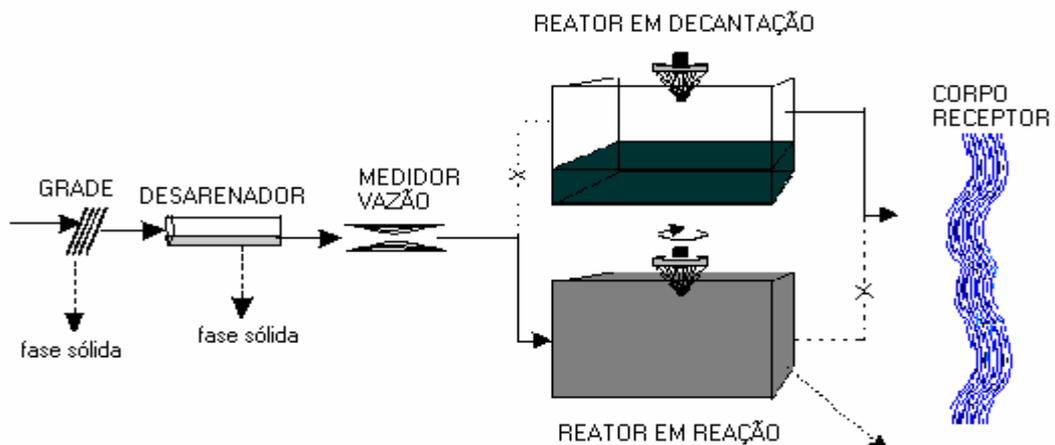
Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p.177 a 181)

Figura 20 – Processo sistema tanque séptico e filtro anaeróbio.



Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p.177 a 181)

Figura 21 – Processo mecanizado com lodo ativado de fluxo contínuo.



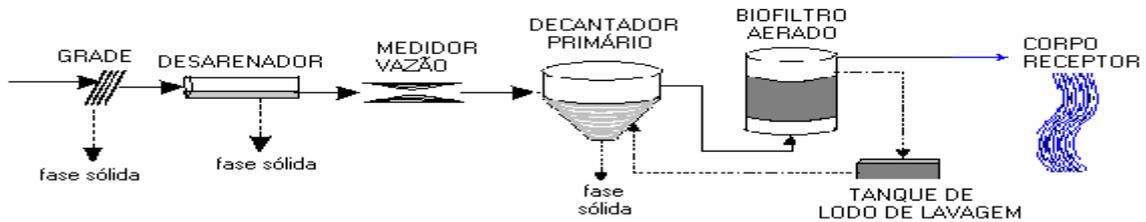
Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p.177 a 181)

Figura 22 – Processo com lodos ativados de fluxo intermitente.



Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p.177 a 181)

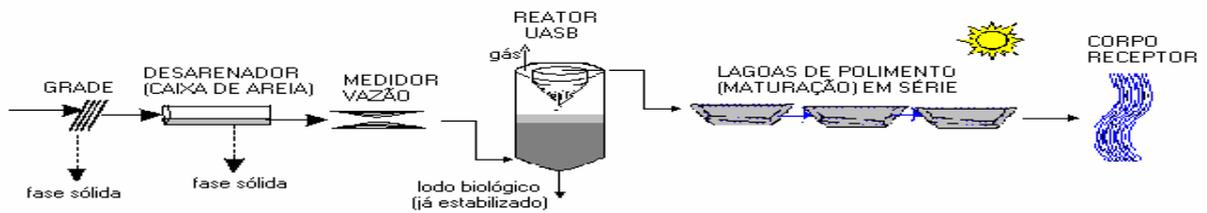
Figura 23 - Processo com reator aeróbio com biodiscos.



Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p.177 a 181)

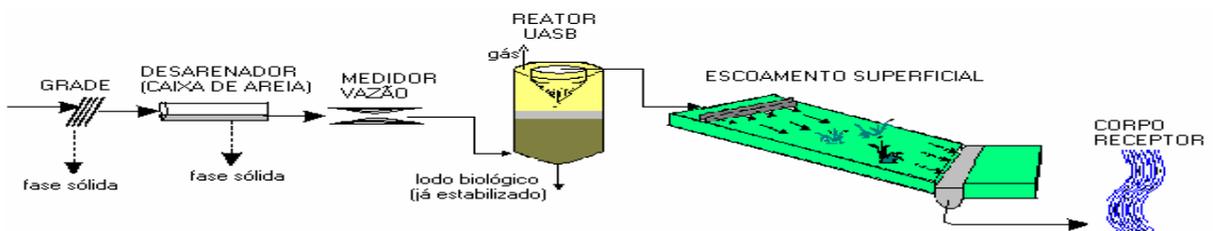
Figura 24 - Processo com reator aeróbio com biofiltros aerados submerso.

### Processos por combinação (UASB e pós-tratamento)



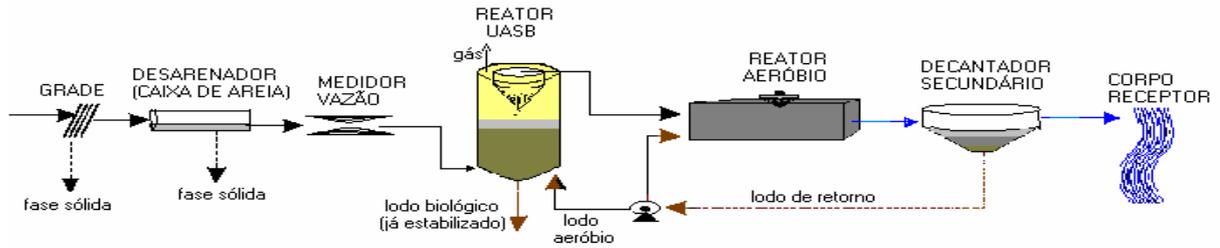
Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p.177 a 181)

Figura 25 – Processo com reator UASB seguido por lagoas de polimento.



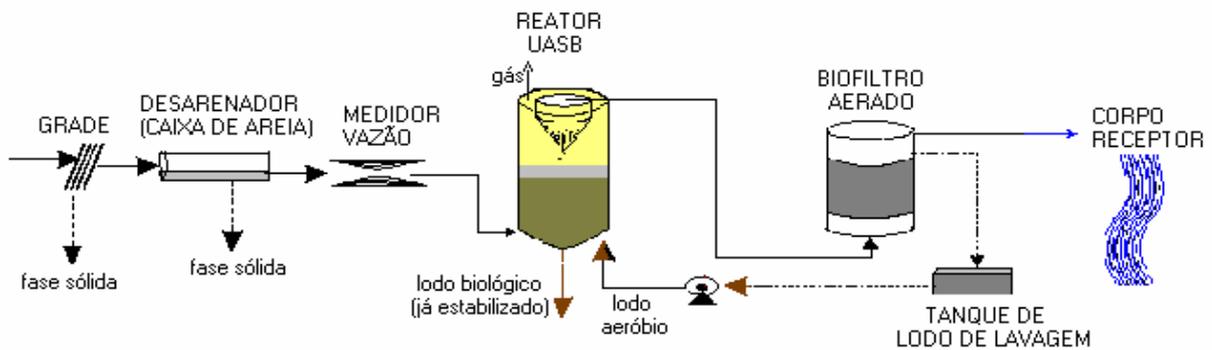
Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p.177 a 181)

Figura 26 – Processo com reator UASB e disposição controlada no solo (escoamento superficial).



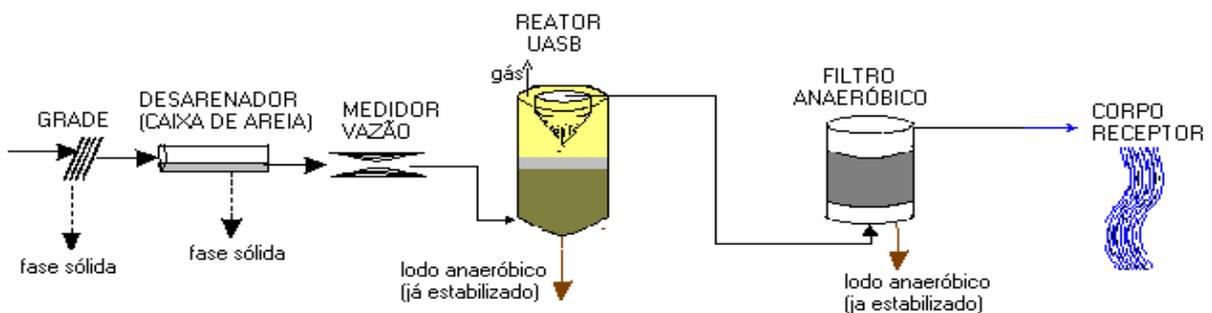
Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p.177 a 181)

Figura 27 – Processo com reator UASB e por reator aeróbio de biomassa suspensa (lodo ativado).



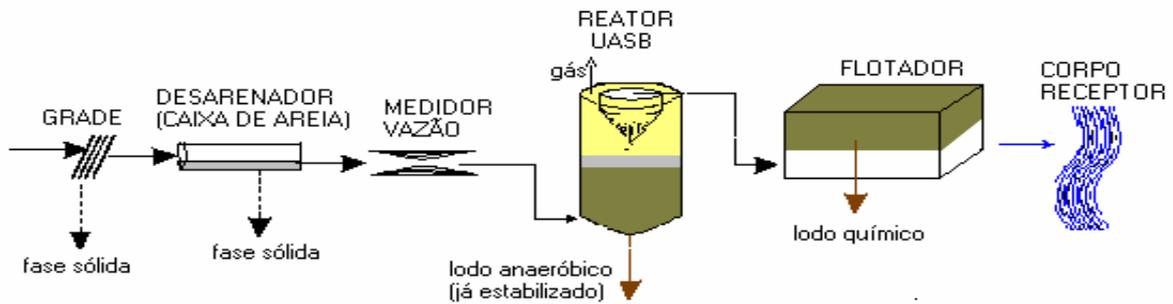
Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p.177 a 181)

Figura 28 – Processo com reator UASB seguido por reator aeróbio com biofilme ( biofiltro aerado).



Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p.177 a 181)

Figura 29 – Processo com reator UASB seguido por reator anaeróbio (filtro anaeróbio).



Fonte: Adaptado de Von Sperling (1996, p.177 a 181)

Figura 30 - Processo com reator UASB seguido por tratamento físico-químico (flotação).

### 3.5 Análise e seleção do processo de tratamento de esgoto

A decisão quanto ao processo a ser adotado para o tratamento das fases líquida e sólida deve ser derivada fundamentalmente de um balanceamento entre critérios técnicos e econômicos com apreciação dos méritos quantitativos e qualitativos de cada alternativa.

Segundo von Sperling (1996, p.211).

Se a decisão quanto ao aspecto econômico pode parecer relativamente simples, o mesmo pode não ocorrer quanto aos aspectos financeiros. Além disso, os pontos técnicos são em grande parte das vezes intangíveis, e num grande número de situações, a decisão final pode assumir um caráter da subjetividade. Para que a eleição conduza realmente à alternativa mais adequada para a configuração em análise, critérios ou pesos devem ser atribuídos a diversos aspectos, vinculados essencialmente à realidade em foco. Não há fórmulas generalizadas para tal, e o bom senso ao se atribuir à importância relativa de cada aspecto técnico é essencial. Ainda que o lado econômico seja fundamental, deve-se lembrar que nem sempre a melhor alternativa é simplesmente a que apresenta o menor custo em estudos econômico-financeiros.

Segundo Souza et al. (2000 p.68-73), existem vários métodos de decisão quanto ao sistema de tratamento de esgoto, onde vários autores defendem o uso do método de decisão com múltiplos objetivos a fim de se alcançar um "ponto de satisfação", para um conjunto de objetivos delineados. Segundo o autor estes métodos podem substituir com vantagens os métodos econômicos e de otimização, tão criticados pela excessiva monetarização e materialização das variáveis de decisão envolvidas.

Independente de qualquer método a ser escolhida para análise de seleção, é importante ser descritos alguns fatores e condições que podem ser observados para avaliação e decisão do sistema de tratamento escolhido, como os apresentados a seguir:

### 3.5.1 Fatores para seleção e avaliação de sistemas de tratamento de esgoto

Apresentam-se os fatores e as condições gerais para auxiliar na avaliação e escolha dos sistemas de tratamento de esgoto, descritos na figura 31 e 32.

<b>Condições</b>	<b>Fator</b>
Aplicabilidade do processo.	São avaliadas com base na experiência passada, dados publicados, dados de estações operando e dados de estações piloto. Caso condições novas ou não usuais sejam encontradas, são necessários estudos em escala piloto.
Vazão aplicável.	O processo deve ser adequado à faixa de vazão esperada.
Variação de vazão aceitável.	A maioria das operações e processos deve ser projetada para operar numa ampla faixa de vazões. A maior eficiência é usualmente obtida com vazão constante, embora alguma variação possa ser tolerada. Caso a variação de vazão seja muito grande, pode ser necessária uma equalização da vazão.
Características do efluente.	As características do efluente afetam os tipos de processos a serem usados (químicos ou biológicos) e os requisitos para a sua adequada operação.
Constituintes inibidores.	Quais dos constituintes presentes no esgoto podem ser inibidores ou tóxicos, em que condições? Quais os constituintes não são afetados durante o tratamento?
Aspectos climáticos.	A temperatura afeta a taxa de reação da maioria do processo químicos e biológicos. A temperatura pode também afetar a operação física das unidades. Temperaturas elevadas podem acelerar a geração de odor.
Movimento hidráulico do Reator	O dimensionamento do reator é baseado na cinética das reações. Os dados de cinética são normalmente obtidos da experiência, literatura ou estudo piloto.
Desempenho.	O desempenho é normalmente medido em Termos de Qualidade do efluente, a qual deve ser consistente com os requisitos e ou padrões alcançados.
Subproduto do tratamento.	Os tipos e Qualidade dos subprodutos sólidos, líquidos e gasosos devem ser conhecidos ou estimados. Caso necessário, realizar estudos piloto.
Limitações no tratamento do lodo.	Há limitações que poderiam tornar o tratamento do lodo caro ou inexecutável. Qual a influência, na fase líquida, as cargas recirculadas do tratamento do lodo? A seleção da forma de processamento do lodo deve ser feita em paralelo com a seleção dos processos de tratamento da fase líquida.
Limitações ambientais.	Fatores ambientais, como aos ventos prevalecentes e suas direções, e proximidade a áreas residências pode restringir o uso de certos processos, especialmente quando houver liberação de odores. Ruídos e tráfego podem afetar a seleção do local da estação.
Requisitos de produtos químicos.	Que recursos e quantidades devem ser garantidos para a satisfatória operação da unidade por um longo período de tempo?
Requisitos de produtos químicos.	Que recursos e quantidades devem ser garantidos para a satisfatória operação da unidade por um longo período de tempo?
Requisitos energéticos.	Os requisitos energéticos, bem como os prováveis custos futuros, deve ser estimado, caso se deseje projetar sistemas economicamente viáveis.

Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p.214)

Figura 31 – Fatores de seleção e avaliação dos sistemas de tratamento de esgoto.

<b>Condições</b>	<b>Fator</b>
Requisitos de outros recursos.	Que recursos adicionais são necessários para se garantir uma satisfatória implantação e operação do sistema?
Requisitos de pessoal.	Quantas pessoas e a que nível de capacitação é necessário para se operar o

	sistema? Os elementos na capacitação desejada são facilmente encontrados? Qual o nível de treinamento que será necessário.
Requisitos de operação e manutenção.	Quais os requisitos especiais de operação que necessitarão ser satisfeitos. Quantas peças e equipamentos reserva serão necessários, e qual a sua disponibilidade e custo?
Processo auxiliar requeridos.	Que processos auxiliares de suporte são necessários? Como eles afetam a Quantidade de efluente, especialmente Quando se tornam inoperantes?
Confiabilidade.	Qual a confiabilidade da operação e processo em consideração? A unidade pode apresentar problemas frequentes? Caso afirmativo, como é afetada a qualidade do efluente?
Complexidade.	Qual a complexidade do processo em operação rotineira e emergencial com cargas de choque? Qual o nível de treinamento deve ter o operador para processo?
Compatibilidade.	A operação ou processo unitário pode ser usado satisfatoriamente com as unidades existentes? A expansão da estação pode ser feita com facilidade?
Disponibilidade de área.	Há espaço disponível para acomodar, não apenas as unidades previstas no momento, mas também possíveis expansões futuras? Foi alocada uma área de transição suficiente para minimizar impactos ambientais estéticos na vizinhança?

Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p.214).

Figura 32 - Fatores de seleção e avaliação dos sistemas de tratamento de esgoto- Continuação

Em decorrência das várias opções e das inúmeras condicionantes, são muitas as variáveis determinantes a serem consideradas na escolha de alternativas tecnológicas para tratamento de esgoto sanitário.

### 3.5.2 Condicionantes para seleção e avaliação de sistemas de tratamento de esgoto

Segundo von Sperling (1997), devem ser analisadas, avaliadas e comparadas, no mínimo:

- a eficiência na remoção de sólidos,
- a matéria orgânica, e microrganismos patogênicos e nutrientes eutrofizantes,
- a capacidade de absorver as variações qualitativas e quantitativas do efluente, e de se restabelecer as perturbações funcionais e a estabilidade do efluente,
- a dependência de um pré-tratamento, e os riscos de maus odores e insetos,
- a facilidade de modulação e expansão, a compressibilidade construtiva,
- as facilidades e dificuldades para manutenção e operação,
- o potencial produtivo e os benefícios econômicos diretos e indiretos, inclusive o destino final do dinheiro investido e seu retorno social,
- os custos diretos na implantação, manutenção e operação.

Para Bastian (2003, p11) as características das estações de tratamento de esgoto, para atingir tanto as demandas legais de qualidade, quanto a melhoria em si da qualidade do corpo receptor do esgoto tratado, depende de algumas condições prévias que devem ser atendidas:

- Classe do rio que receberá o efluente final;
- As exigências legais de disposição e qualidade;
- Condições e capacidade de autodepuração do corpo receptor;
- Definição da eficiência necessária para o tratamento (primário, secundário ou terciário).

Além destas variáveis apresentadas, é importante conhecer as características típicas dos principais sistemas de tratamento de esgoto, representado através da análise comparativa descrita a seguir.

### **3.6 Análise comparativa dos sistemas de tratamento de esgoto**

#### **3.6.1 Características típicas dos principais sistemas de tratamento de esgoto**

As tabelas de 01 e 02 contêm informações comparativas sobre os sistemas de tratamento de esgoto, levando em consideração a utilização de área, as potências de energia, o tempo de detenção hidráulico e o volume do lodo a ser tratado.

Tabela 01 – Características, requisitos de área e potência, tempo de detenção hidráulica e volume do lodo a ser tratado dos principais sistemas de tratamento de esgoto.

Sistemas de tratamento	Requisito Área (m <sup>2</sup> /hab)	Requisito Potência (W/hab.)	Tempo de detenção hidráulico (dias)	Volume do lodo a ser tratado (m <sup>3</sup> /hab ano)
Tratamento preliminar	< 0,001	0	0	0
Tratamento primário	0,03 – 0,05	0	0,1 – 0,5	0,6 – 13
Lagoa facultativa	2,0 – 5,0	0	15 – 30	0
Lagoa anaeróbia – facultativa	1,5 – 3,5	0	12 – 24	0
Lagoa aerada – facultativa	0,25 – 0,5	1,0 – 1,7	5 – 10	0
Lodos ativados convencional	0,2 – 0,3	1,5 – 2,8	0,4 – 2,8	1,1 – 1,5
Lodos ativados aeração prolongada	0,25–0,35	2,5 – 4,0	0,8 – 1,2	0,7 – 1,2
Lodos ativados fluxo intermitente	0,2 – 0,3	1,5 – 4,0	0,4 – 1,2	0,7 – 1,5
Filtro biológico baixa carga	0,5 – 0,7	0	0	0,4 – 0,6
Filtro biológico alta carga	0,3 – 0,45	0,5 – 1,0	0	1,1 – 1,5
Biodiscos	0,15 – 0,25	0,7 – 1,6	0,2 – 0,3	0,7 – 1,0
Reator anaeróbio – UASB	0,05 – 0,10	0	0,3 – 0,5	0,07 – 0,1
Tanque séptico – FAN	0,2 – 0,4	0	1,0 – 2,0	0,07 – 0,1
Infiltração lenta	10 – 50	0	0	0
Infiltração rápida	1 – 6	0	0	0
Escoamento superficial	1 – 6	0	0	0

Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p 216)

Tabela 02 – Quadro características, eficiência e custos dos principais sistemas de tratamento de esgoto.

Sistemas de tratamento	Eficiência (%)				Investimento (US\$ / hab.)
	DBO	N	P	Coliformes	
Tratamento Preliminar.	0 – 5	0	0	0	2 – 8
Tratamento Primário	35 – 40	10 – 25	10 – 20	30 – 40	20 – 30
Lagoa Facultativa	70 – 85	30 – 50	20 – 60	60 – 99	10 – 30
Lagoa anaeróbia facultativa	70 – 90	30 – 50	20 – 60	60 – 99,9	10 – 25
Lagoa aerada-facultativa	70 – 90	30 – 50	20 – 60	60 – 96	10 – 25
Lodos ativados convencional	85 – 93	30 – 40	30 – 45	60 – 99	60 – 125
Lodos ativados aeração prolongada	93 – 98	15 – 30	10 – 20	65 – 90	40 – 80
Lodos ativados fluxo intermitente	85 – 95	30 – 40	30 – 45	60 – 90	50 – 80
Filtro biológico de baixa carga	85 – 93	30 – 40	30 – 45	60 – 90	50 – 90
Filtro biológico de alta carga	80 – 90	30 – 40	30 – 45	60 – 90	40 – 70
Biodiscos	85 – 93	30 – 40	30 – 45	60 – 90	70 – 120
Reator anaeróbio de manta de lodo	60 – 80	10 – 25	10 – 20	60 – 90	20 – 40
Tanque séptico – Filtro anaeróbio	70 – 90	10 – 25	10 – 20	60 – 90	30 – 80
Infiltração lenta	94 – 99	65 – 95	75 – 99	> 99	10 – 20
Infiltração rápida	86 – 98	10 – 80	30 – 99	> 99	5 – 15
Escoamento superficial	85 – 95	10 – 80	20 – 50	90 > 99	5 – 15

Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p. 216).

DBO = Demanda bioquímica de oxigênio; N= nitrogênio; P= fósforo

### 3.6.2 Análise comparativa dos principais sistemas de tratamento de esgoto

Neste item foi realizado um comparativo das diversas situações de tratamento de esgoto, para isso foram montadas as figuras de 33 a 57.

<b>Sistemas Aeróbios com biofilme</b>		
<b>Sistema</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Filtro biológico de Baixa carga	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevada eficiência na remoção de DBO</li> <li>- Nitrificação freqüente;</li> <li>- Requisitos da área relativamente baixos</li> <li>- Mais simples conceitualmente do que lodos ativados</li> <li>- Índice de mecanização relativamente baixo</li> <li>- Equipamentos mecânicos simples</li> <li>- Estabilização do lodo no próprio filtro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Menor flexibilidade operacional que lodos ativados</li> <li>-Requisitos de área mais elevados do que os filtros biológicos de alta carga</li> <li>-Relativa dependência da temperatura do ar</li> <li>-Relativamente sensível a descargas tóxicas</li> <li>-Necessidade de remoção da umidade do lodo e da sua disposição final</li> <li>-Possíveis problemas com moscas</li> </ul>
Filtro biológico de Alta carga	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Boa eficiência na remoção de DBO; (inferior aos filtros baixa carga)</li> <li>-Mais simples conceitualmente do que lodos ativados</li> <li>-Maior flexibilidade operacional que filtros de baixa carga</li> <li>- Melhor resistência a variações de carga que filtros de baixa carga</li> <li>- Reduzidas possibilidades de maus odores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Operação ligeiramente mais sofisticada do que os filtros de baixa carga</li> <li>-Relativa dependência da temperatura do ar</li> <li>-Necessidade do tratamento completo do lodo e da sua disposição final</li> </ul>
Biodisco	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevada eficiência na remoção de DBO</li> <li>- Nitrificação freqüente</li> <li>- Requisitos da área bem baixos</li> <li>- Mais simples conceitualmente do que lodos ativados</li> <li>- Equipamentos mecânicos simples</li> <li>- Reduzidas possibilidades de maus odores</li> <li>- Reduzida perda de carga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Elevados custos de implantação</li> <li>-Adequado principalmente para pequenas populações (para não necessitar de número excessivo de discos)</li> <li>-Cobertura dos discos usualmente necessária</li> <li>-Relativa dependência da temperatura do ar</li> <li>-Necessidade do tratamento completo do lodo (eventualmente sem digestão, caso os discos sejam instalados sobre tanques Imhoff) e da sua disposição final</li> </ul>

Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p. 217).

Figura 33 - Sistemas aeróbios com biofilme.

<b>Sistemas Anaeróbios</b>		
<b>Sistema</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Reator anaeróbio de manta de lodo	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Média eficiência na remoção de DBO</li> <li>-Baixos requisitos de área</li> <li>-Baixos custos de implantação e operação</li> <li>-Reduzido consumo de energia</li> <li>-Não necessita de meio suporte</li> <li>-Construção, operação, e manutenção simples</li> <li>-Baixíssima produção de lodo</li> <li>-Estabilização do lodo no próprio reator</li> <li>-Boa desidratabilidade do lodo</li> <li>-Necessidade apenas da secagem e disposição final do lodo</li> <li>-Rápido reinício após períodos de paralisação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Dificuldade em satisfazer padrões de lançamento bem restritivos</li> <li>-Possibilidade de efluentes com aspectos desagradáveis</li> <li>-Remoção de N e P insatisfatória</li> <li>-Possibilidade de maus odores (embora possam ser controlados)</li> <li>-A partida do processo é geralmente lenta</li> <li>-Relativamente sensível a variações de carga</li> <li>-Usualmente necessita pós-tratamento</li> </ul>
Tanque séptico filtro anaeróbio	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Idem reator de fluxo ascendente, (exceção necessidade de meio suporte)</li> <li>-Boa adaptação a diferentes tipos e concentrações de esgoto</li> <li>-Boa resistência a variações de carga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Dificuldade em satisfazer padrões de lançamento bem restritivos</li> <li>-Possibilidade de efluentes com aspecto desagradável</li> <li>-Remoção de N e P insatisfatória</li> <li>-Possibilidade de maus odores (embora possam ser controlados)</li> <li>-Riscos de entupimentos</li> </ul>

Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p. 217).

Figura 34 – Sistemas anaeróbios.

<b>Sistemas de lodos ativados</b>		
<b>Sistema</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Lodos ativados convencional	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Elevada eficiência na remoção de DBO</li> <li>-Nitrificação usualmente obtida</li> <li>-Possibilidade de remoção biológica de N e P</li> <li>-Baixos requisitos de área</li> <li>-Processo confiável, desde que supervisionado</li> <li>-Reduzidas possibilidades de maus odores, insetos e vermes</li> <li>-Flexibilidade operacional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Elevados custos de implantação e operação</li> <li>-Elevado consumo de energia</li> <li>-Necessidade de operação sofisticada</li> <li>-Elevado índice de mecanização</li> <li>-Relativamente sensível a descargas tóxicas</li> <li>-Necessidade do tratamento completo do lodo e da sua disposição final</li> <li>-Possíveis problemas ambientais com ruídos e aerossóis</li> </ul>
Aeração prolongada	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Idem lodo ativado convencional</li> <li>-Sistemas com maior eficiência na remoção de DBO</li> <li>-Nitrificação consistente</li> <li>-Mais simples conceitualmente que lodos ativado convencional (operação mais simples)</li> <li>-Menor geração de lodo que lodos ativados convencional</li> <li>-Estabilização do lodo no próprio reator</li> <li>-Elevada resistência a variações de carga e a cargas tóxicas</li> <li>-Satisfatória independência das condições climáticas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Elevados custos de implantação e operação</li> <li>-Sistema com maior consumo de energia</li> <li>-Elevado índice de mecanização (embora inferior a lodos ativado convencional)</li> <li>-Necessidade de remoção da umidade do lodo e da sua disposição final (embora mais simples que lodos ativado convencional)</li> </ul>
Sistemas de fluxo intermitente	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Elevada eficiência na remoção de DBO</li> <li>-Satisfatória remoção de N e possivelmente P</li> <li>-Baixos requisitos de área</li> <li>-Mais simples conceitualmente que os demais sistemas de lodos ativados</li> <li>-Menor equipamentos que os demais sistemas de lodos ativados</li> <li>-Flexibilidade operacional (através da variação dos ciclos)</li> <li>-Decantador secundário e elevatória de recirculação não são necessários</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Elevados custos de implantação e operação</li> <li>-Maior potência instalada que os demais sistemas de lodos ativados</li> <li>-Necessidade do tratamento e da disposição final do lodo (variável com a modalidade convencional ou prolongada)</li> <li>-Usualmente mais competitivo economicamente para populações menores</li> </ul>

Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p. 217).

Figura 35 - Sistemas de lodos ativados.

<b>Sistemas de lagoas de estabilização</b>		
<b>Sistema</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Lagoa Facultativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Média eficiência na remoção de DBO</li> <li>-Eficiência na remoção de patogênicos</li> <li>-Construção, operação e manutenção simples</li> <li>-Reduzidos custos de implantação e operação</li> <li>-Ausência de equipamentos mecânicos</li> <li>-Requisitos energéticos praticamente nulos</li> <li>-Satisfatória resistência a variação da carga</li> <li>-Remoção de lodo necessário apenas após períodos superiores a 20 anos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Elevados requisitos de área</li> <li>-Dificuldade em satisfazer padrões de lançamento bem restritivos</li> <li>-A simplicidade operacional pode trazer o descaso na manutenção (crescimento de vegetação)</li> <li>-Possível necessidade de remoção de algas do efluente para o cumprimento de padrões rigorosos</li> <li>-Performance variável com as condições climáticas (temperatura e insolação)</li> <li>-Possibilidade do crescimento de insetos</li> </ul>
Sistemas de lagoa anaeróbia – lagoa facultativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Idem lagoas facultativas</li> <li>-Requisitos de área inferiores aos das lagoas facultativas únicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Idem lagoas facultativas</li> <li>-Possibilidade de maus odores na lagoa anaeróbia</li> <li>-Eventual necessidade de elevatória de recirculação do efluente, para controle de maus odores</li> <li>-Necessidade de um afastamento razoável às residências circunvizinha</li> </ul>
Lagoa aerada facultativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Construção, operação e manutenção relativamente simples</li> <li>-Requisitos de área inferiores aos sistemas de lagoas facultativas e anaeróbio-facultativas</li> <li>-Maior independência das condições climáticas que os sistemas de lagoas facultativas e anaeróbio-facultativas</li> <li>-Eficiência na remoção de DBO ligeiramente superior à das lagoas facultativas</li> <li>-Satisfatória resistência a variações de carga</li> <li>-Reduzidas possibilidades de maus odores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Introdução de equipamentos</li> <li>-Ligeiro aumento no nível de sofisticação</li> <li>-Requisitos de área ainda elevados</li> <li>-Requisitos de energia relativamente elevados</li> </ul>
Sistema de lagoa aerada de mistura completa Lagoa de decantação	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Idem lagoas aeradas facultativas</li> <li>-Menores requisitos de área de todos os sistemas de lagoas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Idem lagoas aeradas facultativas (exceção requisitos de área)</li> <li>-Preenchimento rápido da lagoa de decantação com o lodo (2 a 5 anos)</li> <li>-Necessidade de remoção contínua ou periódica (2 a 5 anos) do lodo</li> </ul>

Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p. 217).

Figura 36 – Sistemas de lagoas de estabilização.

<b>Sistemas de disposição no solo</b>		
<b>Sistema</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Infiltração lenta	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Elevadíssima eficiência na remoção de DBO e de coliformes</li> <li>-Satisfatória eficiência na remoção de N e P</li> <li>-Método de tratamento e disposição final combinados</li> <li>-Requisitos energéticos praticamente nulos</li> <li>-Construção, operação e manutenção simples</li> <li>-Reduzidos custos de implantação e operação</li> <li>-Boa resistência a variação da carga;</li> <li>-Não há lodo a ser tratado</li> <li>-Proporciona fertilização e condicionamento do solo</li> <li>-Retorno financeiro na irrigação de áreas agricultáveis</li> <li>-Recarga do lençol subterrâneo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Elevados requisitos de área</li> <li>-Possibilidade de maus odores</li> <li>-Possibilidade de insetos e vermes</li> <li>-Relativamente dependem do clima e dos requisitos do nutrientes dos vegetais</li> <li>-Dependente das características do solo</li> <li>-Risco de contaminação de vegetais a serem consumidos, caso seja aplicado indiscriminadamente</li> <li>-Possibilidade de contaminação dos trabalhadores na agricultura (na aplicação por aspersão )</li> <li>-Possibilidade de efeitos químicos no solo, vegetais e água subterrânea (no caso de haver despejos industriais)</li> <li>-Difícil fiscalização e controle com relação aos vegetais irrigados</li> <li>-A aplicação deve ser suspensa ou reduzida nos períodos chuvosos</li> </ul>
Infiltração rápida	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Idem infiltração lenta (embora eficiência na remoção de poluentes sejam menor)</li> <li>-Requisitos de área bem inferiores ao das infiltração lenta</li> <li>-Reduzida dependência da declividade do solo</li> <li>-Aplicação durante todo o ano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Idem infiltração lenta (mas menores requisitos de área e possibilidade de aplicação durante todo o ano )</li> <li>-Potencial de contaminação do lençol subterrâneo com nitratos</li> </ul>
Escoamento superficial	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Idem infiltração rápida ( mas com geração de efluentes final e com maior dependência da declividade do Terreno) e menor dependência característica do solo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Idem infiltração rápida;</li> <li>-Maior dependência da declividade do solo</li> <li>-Geração do efluente final</li> </ul>

Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p. 217).

Figura 37 - Sistemas de disposição no solo.

### 3.7 Estudos preliminares para projetos

A fase inicial de um projeto corresponde os estudos preliminares. Compreendem a caracterização global do sistema a ser projetado, incluindo a avaliação quantitativa e qualitativa do esgoto que contribuirá à futura estação, bem como a análise técnico-econômica dos diversos processos e sistemas de tratamento passíveis de aplicação.

Esta etapa é de grande importância, visto que a opção a ser adotada será fruto de todas as considerações e estudos efetuados nessa fase. Portanto, devem ser concentrados esforços buscando sempre a maior precisão e confiabilidade possíveis, visto que o sucesso técnico e a viabilidade econômica da alternativa eleita dependem em grande parte desta análise inicial. As alternativas devem ser aquelas que oferecem as maiores vantagens do ponto de vista técnico e econômico.

No estudo preliminar para projetos apresentam-se os parâmetros iniciais para elaboração de um projeto de estação de tratamento de esgoto, baseados nos elementos e fases que compõem esse estudo, sendo descritos a seguir segundo von Sperling (1996,p.227).

### **3.7.1 Elementos que devem compor o estudo preliminar**

- a) Caracterização quantitativa do esgoto efluente a ETE.
  - estimativa da vazão doméstica;
  - estimativa da vazão de infiltração;
  - estimativa da vazão industrial;
- b) Caracterização qualitativa do esgoto efluente a ETE.
  - - esgoto doméstico;
  - - esgoto industrial;
- c) Requisitos de qualidade do efluente e nível de tratamento desejado.
- d) Estudos populacionais.
- e) Determinação do período de projeto e das etapas de implantação.
- f) Estudos técnicos das diversas alternativas de tratamento possíveis de aplicação na situação em análise.
- g) Pré-dimensionamento das alternativas mais promissoras do ponto de vista técnico.
- h) Avaliação econômica das alternativas pré-dimensionadas.
- i) Seleção da alternativa a ser adotada com base em análise técnica e econômica.

### **3.7.2 Fases que compõe o estudo preliminar**

- a) Quantificação das cargas poluidoras

Inicialmente, deve-se proceder à quantificação das cargas poluidoras , tendo por base a quantidade e qualidade do esgoto. Para o dimensionamento da estação segundo um horizonte de projeto, é importante que seja estimada a progressão da população até o fim do plano. De

posse destas informações, procede-se à projeção da vazão e das cargas poluidoras para diversos anos de operação, até o horizonte do projeto.

Os principais métodos utilizados para as projeções populacionais para dimensionamento de uma estação de tratamento de esgoto segundo Metcal e Eddy apud von Sperling (1997, p. 229) são as seguintes:

- crescimento aritmético;
  - crescimento geométrico;
  - curva logística;
  - método da razão e correlação;
- regressão multiplicativa

b) Nível de tratamento

Após, deve ser bem caracterizado qual o nível de tratamento a ser objetivado, face à interação entre os impactos previstos no corpo receptor decorrentes do lançamento dos efluentes e ou usos previstos para este corpo receptor.

c) Alternativas de tratamento.

Na seqüência, devem ser avaliadas quais as alternativas de processo são passíveis de aplicação no caso em questão. Através de uma análise técnica global, com base nas especificações do sistema em análise, seleciona-se apenas aquelas que devem merecer estudos mais aprofundados. Paralelamente, determinam-se as etapas de implantação a serem adotadas.

d) Fluxograma do processo

O fluxograma de cada alternativa analisada deve ser concebido de forma a orientar a etapa de pré-dimensionamento, ele deve apresentar as principais unidades e as linhas de fluxo (líquido, lodo, sobrenadantes e recirculação).

e) Pré-dimensionamento e determinação das etapas de implantação

Com as alternativas selecionadas, elabora-se um pré-dimensionamento que visa fornecer dados que subsidiem a posterior análise econômica. Sub-alternativas podem ser analisadas, como formatos de tanques, sistemas de aeração, opções de tratamento do lodo e outros, as quais são decididas através de estudos econômicos comparativos.

Por outro lado, deve-se evitar também etapas muito curtas, face ao transtorno associado a convivência quase que contínua com as obras de implantação. Assim, segundo

von Sperling (1996, p. 232), algumas razões para aplicar etapalização do empreendimento são apresentados a seguir:

- A divisão em etapas é um fator economicamente positivo, por transladar para o futuro uma considerável parte dos investimentos, reduzir o valor presente dos custos de implantação;
- A cada nova etapa de implantação podem ser revistos os parâmetros de projeto, principalmente as vazões e cargas afluentes, bem como os dados obtidos com a experiência operacional da estação;
- Unidades super dimensionadas podem gerar problemas, como septicidade nos decantadores, excesso de aeração e outros;
- A divisão em etapas permite o contínuo acompanhamento da evolução da tecnologia, permitindo que seja adotada sempre a solução mais moderna, que pode em muitos casos ser mais eficientes e econômicas;
- O projeto da estação deve prever, portanto, flexibilidade para a integração das unidades existentes ou da primeira etapa com as unidades futuras.

f) *Layout* e desenho das unidades principais

Os sistemas pré-dimensionados devem ser locados em planta, em escala, compondo o *layout* do sistema. De forma a subsidiar a subsequente composição de custos, deve-se elaborar detalhes que possam influir nos custos. O pré-dimensionamento e os correspondentes *layouts* devem ser elaborados com base em informações locais, como topografia e geologia.

g) Estudo econômico-financeiro

Conhecidas as características das alternativas principais, compõe-se o orçamento dos sistemas e empreende-se um estudo econômico-financeiro comparativo entre os mesmos, analisando-se os itens que não são comuns às opções. A análise econômica deve levar em consideração todos os custos de implantação e operação. Todos os custos devem ser trazidos a valor presente, de forma a que possam ser comparados segundo uma base comum e única.

No capítulo seguinte é descrito de forma sucinta uma metodologia de análise ambiental de sistemas de tratamento de esgoto, o qual será utilizada na concepção inicial da ETE do caso estudado.

## **4 ANÁLISE AMBIENTAL DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO**

As tecnologias utilizadas no processo de tratamento de esgoto sanitário devem ser analisadas tomando-se como base determinados parâmetros definidos pelos princípios da sustentabilidade, sob o ponto de vista econômico, social e ecológico. Como cada indicador depende de uma série de fatores particulares, optou-se por analisá-los separadamente, verificando a influência destes fatores na quantificação final da sustentabilidade de uma ETE.

A relação apresentada a seguir define os parâmetros selecionados para a avaliação e comparação das tecnologias, conforme o artigo Indicadores ambientais (2004), fazendo parte dos parâmetros iniciais para a elaboração do projeto de ETE:

a) Área ocupada pela ETE - Este parâmetro depende da vazão nominal a ser tratada e da tecnologia empregada para o tratamento. Para a comparação das tecnologias quanto à área ocupada pela ETE é conveniente analisar a relação entre a área necessária e o número de habitantes atendidos. Desta forma, ao se comparar dois ou mais processos de tratamento, será mais viável aquele que apresentar o menor valor para essa relação ocupada pela ETE.

b) Custo de implantação - Deve-se considerar que, na maioria das vezes, os recursos financeiros disponíveis são limitados, principalmente em algumas regiões brasileiras. Assim, quanto mais baixo o custo, maior será a oportunidade de implantação. O custo varia de acordo com a tecnologia escolhida, o grau de automação desejado, a vazão tratada e a eficiência desejada para o tratamento. Para quantificar este parâmetro foi estabelecida a relação entre o custo e o número de habitantes atendidos.

c) Potência instalada - A potência instalada em um sistema de tratamento de esgoto sanitários é função do tipo de tecnologia escolhida, da carga orgânica do esgoto a ser tratado e da vazão nominal do sistema. Outros fatores como a produção e tipo de tratamento dos lodos gerados pelo sistema são importantes. Para a avaliação numérica deste parâmetro estabeleceu-se a relação entre a potência dos equipamentos eletro-mecânicos instalados e o número de habitantes atendidos.

d) Consumo de energia - O consumo de energia elétrica é fator de grande importância no custo operacional do sistema. Depende da potência instalada e do período de funcionamento dos equipamentos. A avaliação deste parâmetro será feita pela relação entre o consumo anual de energia elétrica e o número de habitantes atendidos.

e) Produção de lodo - Constitui-se num dos fatores de maior importância nos custos de operação do sistema. Depende fundamentalmente do tipo de tecnologia empregada, da carga orgânica, grau de eficiência desejada e vazão tratada. Será avaliado pela relação entre a massa de sólidos produzida e o número de habitantes atendidos.

f) Remoção de nutrientes - A presença de nutrientes como nitrogênio e fósforo no esgoto tratado pode constituir-se em fator de grande importância na eutrofização dos corpos de água receptores. Sua remoção, geralmente é feita em unidades de tratamento complementares do processo ou através de estratégias operacionais específicas para essa finalidade, e, assim, constitui-se em fator interferente nos custos de implantação e operação do sistema. Será avaliado individualmente para cada parâmetro, classificando-se como alta, remoções superiores a 80%; média, entre 50 e 80% e baixa, para valores inferiores a 50%.

g) Eficiência e confiabilidade do sistema - O processo de tratamento deve garantir a eficiência desejada e os padrões de lançamento ao corpo receptor. Este indicador depende da frequência de análises realizadas para verificação da eficiência do processo e será avaliado pela porcentagem de amostras que respeitem aos padrões de lançamento.

h) Simplicidade operacional - É fundamental para o bom funcionamento da estação de tratamento que o sistema seja de fácil manutenção e controle. A simplicidade operacional depende fundamentalmente da tecnologia empregada no tratamento e dos equipamentos incorporados no sistema. Deve-se ressaltar que o grau de automação da ETE está diretamente

relacionado aos recursos financeiros disponíveis para a sua construção. Como indicador numérico foi adotada a relação entre o número de funcionários necessários e o número de habitantes atendidos.

i) Vida útil - A vida útil de uma ETE depende da manutenção, da fiscalização do processo construtivo e da variação das condições ambientais interferentes. Este parâmetro é avaliado pelo número de anos em que a estação de tratamento cumpre com a eficiência necessária à vazão de esgoto gerada pela população atendida.

Para que se possa comparar as diferentes tecnologias utilizadas no processo de tratamento de esgoto sanitário, os parâmetros foram definidos de modo a permitirem o estabelecimento de valores numéricos. A tabela 03 apresenta os parâmetros, suas formas de avaliação e unidades adotadas.

Tabela 03 - Parâmetros, formas de avaliação e suas unidades utilizados para estação de tratamento de esgotos.

<b>Parâmetro</b>	<b>Forma de avaliação</b>	<b>Unidade</b>
Área ocupada pela ETE	(Área ocupada pela ETE / n° de habitantes atendidos)	m <sup>2</sup> /hab
Custo de implantação	(Custo / n° de habitantes atendidos)	R\$/hab e/ou US\$/hab
Potência instalada	(Potência instalada /n° de habitantes atendidos)	Kw /hab
Consumo de energia	(Energia elétrica consumida por ano / n° de habitantes atendidos)	Kwh/hab.ano
Produção de lodo	(Lodo produzido por dia / n° de habitantes atendidos)	GSST/hab dia
Remoção de Nutrientes	Nitrogênio e Fósforo	Alta (> 80%) média (50 a 80%) baixa (< 50%)
Eficiência e confiabilidade do sistema	(n° de amostras fora do padrãox1000 / n° total de amostras )	Adimensional
Simplicidade Operacional	(n° de funcionários x 1000 / n° de habitantes atendidos)	Adimensional
Vida útil	Número de anos em que a ETE_cumpre a vazão nominal	Anos

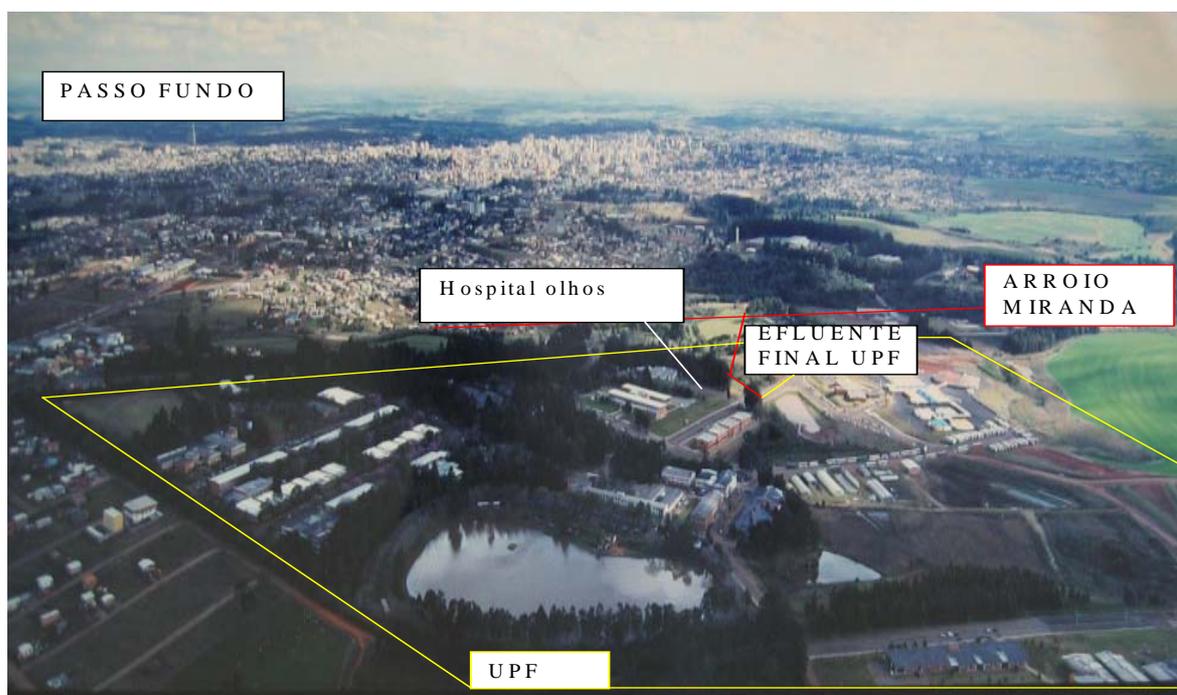
Fonte: Indicadores Ambientais (2004)

## 5 METODOLOGIA DA PESQUISA

Há vários tipos de instituições de ensino superior em nosso país, com abrangências de diferentes áreas, formas e tamanhos, muitas vezes determinadas pela necessidade observada em cada região, sobre diferentes aplicabilidade e formações educacionais e profissionais.

Outras ainda contemplam eventos diversos no seu espaço físico promovendo a interação com a comunidade local e regional.

O estudo de caso pesquisado é o Campus I da Universidade de Passo Fundo, Instituição localizada na porção norte do estado do Rio Grande do Sul, possuindo diferentes Faculdades e Institutos com edificações de apoio, com obras em execução e a serem executadas, sendo esta apresentada na figura 38 apresentada.



Fonte: Departamento de Projetos da UPF.

Figura 38 – Vista aérea da Universidade de Passo Fundo – UPF.

## **5.1 Métodos e técnicas utilizadas**

No primeiro momento da pesquisa, objetivou-se através de um diagnóstico inicial, conhecer a situação atual de destinação dos efluentes gerados pela Campus I da Universidade de Passo Fundo, onde buscou-se informações junto ao Departamento de Projetos da UPF.

Para complementar os dados obtidos junto ao departamento de projetos da UPF foi utilizado questionários sobre o saneamento local (anexos A e B), aos quais foram inicialmente aplicados, como estudo piloto, apenas na Faculdade de Engenharia e Arquitetura da UPF, e em seus respectivos laboratórios, onde obteve-se em 25 questionários respondidos a percepção de existência da diferentes tipos de efluentes.

Após a realização deste estudo piloto, foi dada continuidade na aplicação dos questionários sobre o saneamento local em todas as Faculdades e Institutos para seus diretores e coordenadores de laboratórios geradores de efluentes, com a finalidade de conhecer os tipos de efluentes gerados e a quantidade de contribuintes no Campus I da UPF, sendo que foram enviados 50 questionários, tendo como resposta 45 questionários, verificando novamente a existência de vários tipos de efluentes.

As informações obtidas pelos questionários de saneamento local, juntamente com as informações obtidas pelo departamento de projetos da UPF auxiliaram o processo de avaliação e diagnóstico do sistema de tratamento e disposição final do esgoto gerado pelo Campus I da UPF e serão apresentadas nos resultados e discussões.

Como também para elaborar os parâmetros iniciais de um projeto de estação de tratamento de esgoto compacta para o estudo de caso, foi aplicado parcialmente os estudos preliminares para projetos de ETEs representados no fluxograma da Figura 39.

Todos estes procedimentos descrevem a metodologia da pesquisa, os quais estão descritos a seguir:

### **5.1.1 Elementos do estudo preliminar – parâmetros iniciais**

Para melhor entendimento e visualização do desenvolvimento da pesquisa, montou-se um fluxograma representado na Figura 39, descrevendo os procedimentos necessários.

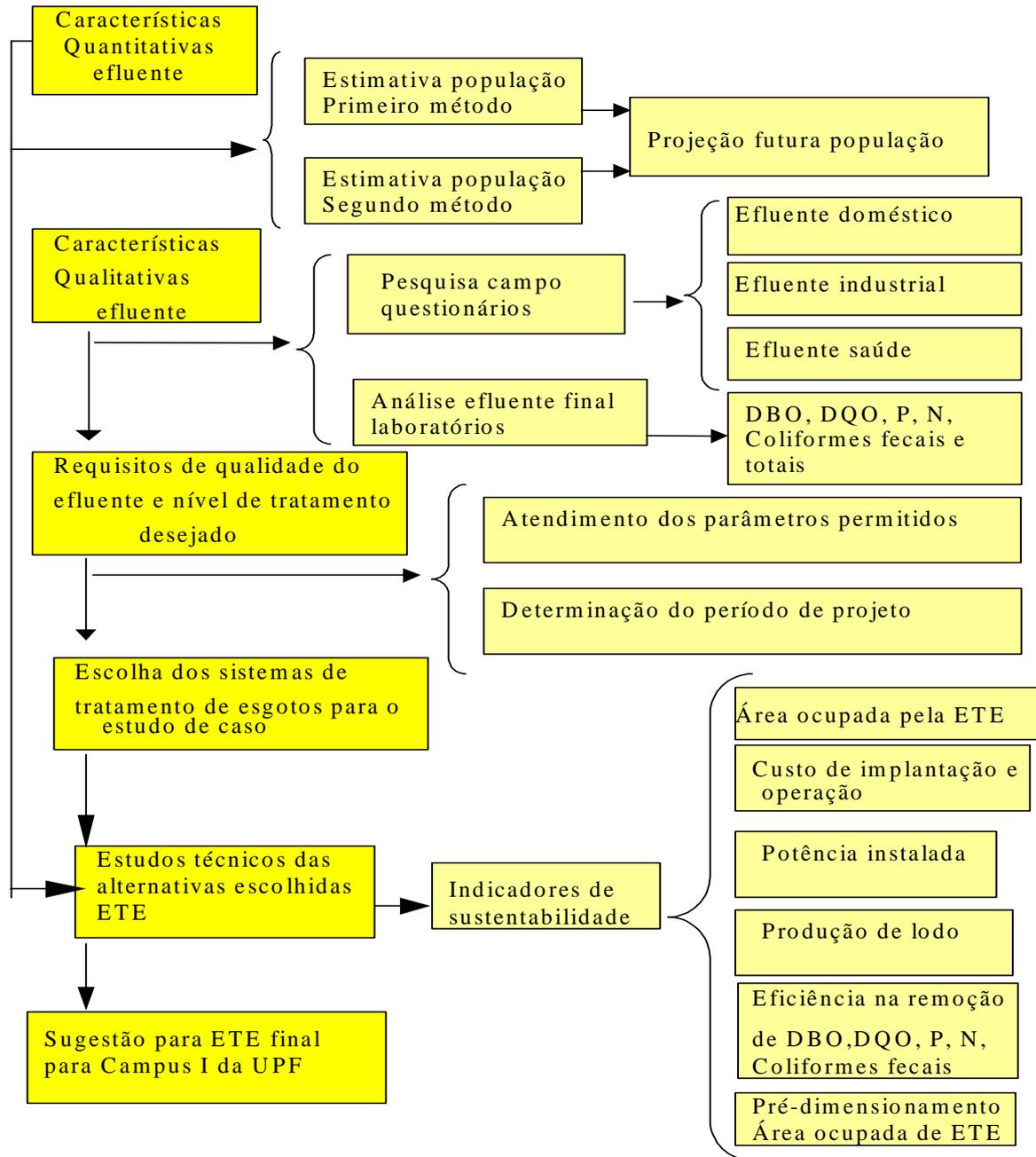


Figura 39 – Fluxograma do estudo preliminar para uma estação de tratamento de esgoto.

Com base neste fluxograma pode-se observar os procedimentos a serem executados em cada fase, para se obter os parâmetros iniciais, que compõem a base do estudo preliminar para desenvolver um projeto de uma estação de tratamento de esgoto, os quais estão descritos a seguir:

a) Características quantitativas do efluente.

Inicialmente para quantificar as cargas poluidoras, foi necessário calcular a quantidade de pessoas geradoras de efluentes no ano atual da pesquisa, e fazer um projeto para o futuro.

Utilizou-se, para a projeção futura populacional no Campus I da UPF, o método de crescimento aritmético o mesmo foi aplicado dois cálculos de estimativa populacional, relativo ao ano vigente desta pesquisa, sendo descritos a seguir:

a.1) Estimativa da população - Primeira metodologia.

Primeiramente, foi coletado junto ao departamento de projetos da Universidade de Passo Fundo as áreas de todas as Faculdades e Institutos e as demais obras existentes em construção e a serem construídas no Campus I, com a finalidade de relacioná-las com a taxa de ocupação e o tipo de edificação.

Para tanto, fez-se o uso da tabela da figura 40, extraída da bibliografia que descreve a quantidade de pessoas por metro quadrado de área, de acordo com o tipo de obra analisada.

<b>Tipos de Edificações</b>	<b>Taxa de ocupação</b>
Centro Administrativo; prédios universitários; vestiários; guarita e outros gerais.	1 pessoa por 7 m <sup>2</sup> de área
Restaurantes; lancheria e bares	1 pessoa por 3 m <sup>2</sup> de área
Teatros; cinemas; auditórios; oratório, biblioteca; gráfica e livraria	1 pessoa por m <sup>2</sup> de área
Hospitais	1 pessoa por 15 m <sup>2</sup> de área
Museus e Zoológicos; serpentário; horto; estufas telados e praça de eventos; cancha de bocha	1 pessoa por 8 m <sup>2</sup> de área
Ginásios centro esportivo e clubes sociais	2 pessoas por m <sup>2</sup> de área

Fonte: NBR 9077 – Saídas de emergência em edifícios.

Figura 40 - Relação de taxa de ocupação segundo NBR 9077.

Chegou-se a uma estimativa populacional parcial referente somente as áreas das faculdades e institutos, para os anos de 2000, 2002 e 2004 onde denominamos de PY(2). E a uma estimativa populacional parcial referente as demais áreas existentes chamadas de áreas de apoio, para os anos de 2000, 2002 e 2004 , onde denominamos de PY(1).

O somatório das duas estimativas como mostra a equação 03, nos respectivos anos resultou em uma população total PT(1) para o ano de 2000, 2002 e 2004, desta primeira metodologia.

$$PT(1) = PY(1) + PY(2) \dots\dots\dots(03)$$

Para esta projeção foi utilizado o método do crescimento aritmético, referente ao anos de 2002 e 2004. Encontrou-se uma razão de crescimento populacional da Universidade de Passo Fundo e projetou-se para uma população futura de 20 anos.

#### a.2) Estimativa da população - Segunda metodologia

Com o resultado da estimativa populacional acima calculada, referente ao ano de 2004 PY(1), somamos com a estimativa populacional identificada pelos questionários sobre o saneamento referente a quantidade de professores, alunos e funcionários existentes no ano de 2004, onde denominamos de PX(1), chegou-se a um valor populacional estimado denominado de PT(2) como mostra a equação 04.

$$PT(2) = PX(1) + PY(1).....(04)$$

Conhecida a razão de crescimento anteriormente calculada, realizou-se para esta metodologia uma projeção futura para 20 anos, onde foi utilizado o método do crescimento aritmético referente aos anos de 2002 e 2004.

#### a3) Cálculo da estimativa da vazão de esgoto efluente.

A projeção da vazão resultou da multiplicação da população final estimada, escolhida para o estudo de caso, pela contribuição de despejos de efluentes por habitante, determinada pela NBR 13969: 1997 – A contribuição diária de despejos e de carga orgânica, classificada como ocupantes temporários tendo como o tipo de prédio as escolas, é de 50 litros por habitante dia.

### b) Caracterização qualitativa do esgoto afluente a ETE

#### b1) Pesquisa de campo através dos questionários sobre saneamento.

Através dos questionários aplicados nas faculdades e institutos (anexo A e B) foi possível então classificar o tipo de efluente gerado em cada unidade e assim iniciar o processo qualitativo do mesmo e obter o nível de tratamento desejado.

Utilizou-se para determinação da tipologia de efluentes a seguinte classificação:

- efluentes de origem doméstica: são os efluentes provenientes de banheiros e cozinhas;
- efluentes de origem de saúde: são os efluentes provenientes da utilização experimental que envolve presença de sangue.

- efluentes de origem industrial: São os efluentes provenientes da utilização experimental utilizada no Campus como indústria da construção civil, componentes químicos, efluente ou reagentes ditos vencidos, óleos e graxas e outros.

#### b2) Análise do efluente final dos laboratórios da UPF

A verificação destas análises do efluente final gerado pelo Campus I da UPF, tem o objetivo de caracterizar e verificar se está ocorrendo alguma contaminação gerada por este efluente, em decorrência do sistema de tratamento utilizado pelo estudo de caso.

O efluente final foi coletado, aproximadamente nos fundos do hospital de olhos, na figura 41 pode ser vista a coleta do efluente final do Campus I da UPF, sendo analisado nos laboratórios de microbiologia e no laboratório de controle de efluentes (LACE) da UPF.

Os parâmetros para caracterização qualitativa do efluente do tipo doméstico analisados estão descritos a seguir:

- a) demanda química de oxigênio (DQO);
- b) demanda bioquímica de oxigênio em 5 dias(DBO<sub>5</sub>);
- c) sólidos suspensos (SS);
- d) fósforo total;
- e) nitrogênio total;
- f) coliformes fecais;
- g) coliformes totais;
- h) contagem de bactérias.

O método de análise de referência utilizado foi o Standard Methods for the examination of water and wastewater, 20 th edition, 1998.

#### c) Requisitos de qualidade do efluente e nível de tratamento desejado

##### c1) Atendimento dos parâmetros permitidos.

O requisito de qualidade do efluente requer que todo o processo de tratamento de esgoto deva ter condições controladas e que o sistema possa ter capacidade de depuração, objetivando o nível de tratamento que atenda os parâmetros permitidos e com maior desempenho possível.

Para um projeto final deverá ser realizado um monitoramento com várias coletas do efluente final em diferentes períodos de tempo e também nas diferentes estações do ano, obtendo análises estatísticas em detrimento das incertezas de medições consideradas. Nesta

pesquisa apenas foi utilizado a coleta final do efluente gerado pelo Campus I da UPF em duas amostras coletadas para poder verificar se o sistema de tratamento existente estava em condições de aceitabilidade, para ser lançada ao meio ambiente.

Segundo von Sperling (1996,p.69), um efluente deve atender em última análise, aos padrões do corpo d'água receptor, de acordo com a sua classe. Assim na pesquisa foi verificado o efluente final gerado pela Universidade de Passo Fundo no Campus I utilizando como parâmetros de avaliação e análises os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 caracterizando a classe do corpo d'água receptor e seus respectivos parâmetros permissíveis.

Cabe salientar que para um projeto final deve ser considerado os parâmetros estabelecidos para o lançamento do efluente, prescrito na resolução do CONAMA nº 357/2005 e ou a Portaria 05/89 prescrito da FEPAM.

Ainda segundo von Sperling (1996,p.69), vários autores discutem sobre estes parâmetros prescritos na Resolução CONAMA, e em cada estado do Brasil, o órgão Estadual do Meio Ambiente pode aplicar os mesmos padrões da Resolução CONAMA, complementá-lo ou adotar padrões mais restritivos.

Foram coletadas e devidamente encaminhadas para os laboratórios da UPF que as preservou e analisou, duas amostras de água do efluente final da UPF no dia 01 de dezembro de 2004 e no dia 03 de dezembro de 2004, observadas na figura 41, contendo 1 litro de amostra em cada coleta. Cada laboratório desenvolveu suas análises apresentando seus resultados nos relatório de ensaio que estão nos anexos J e K.



Figura 41 – Momento da coleta do efluente final da Universidade de Passo Fundo.

Em função do arroio existente, que recebe os efluentes da UPF, não apresentar uma classificação quanto ao tipo de classe do corpo receptor, utilizou-se os critérios prescritos pela resolução CONAMA n° 357/2005, o qual indica que na ausência de estudos específicos quanto a classificação do rio receptor, este será considerado como de classe 2, tendo os padrões permissíveis descritos na tabela 07.

Tabela 04: Parâmetros permissíveis dos efluentes para tipo de classe do corpo d'água receptor.

Parâmetro	Unidade	Padrão para corpo d'água Classe				Padrão lançamento	
		1	2	3	4	Concent. máxima	Eficiência mínima
DBO <sub>5</sub>	mg/L	3	5	10	0	60	60%-85%
DQO	mg/L	0	0	0	0	90	60%-90%
OD	mg/L	≥6	≥5	≥4	≥2	0	0
Sólidos suspensos	mg/L	0	0	0	0	60/100	0
Nitrogênio *	mg/L	0	0,5 a 3,7	0	0	0	0
Fósforo	mg/L	0,025	0,03 a 0,05	0,025	0	0	0
Coliformes totais	Org/100 ml	1000	5000	2000	0	0	0
Coliformes fecais	Org/100 ml	200	1000	4000	0	0	0

Fonte: Adaptado da Resolução CONAMA (n= 357 / 2005).

\* Nitrogênio= Valores variáveis em função do pH.

c2) Determinação do período de projeto e das etapas de implantação.

O horizonte de projeto de uma estação de tratamento de esgoto deve ser relativamente curto, preferencialmente inferior a 20 anos von Sperling (1996, p. 232).

O horizonte de projeto deve ser dividido ainda em etapas de implantação, da ordem de 5 a 10 anos. Quanto maior a taxa de crescimento populacional, menor deve ser a duração de cada etapa. (VON SPERLING, 1996, p. 232)

Para o estudo de caso projetou-se um período de vida útil do projeto estimado em 20 anos para tratamento de efluentes gerados na Universidade de Passo Fundo.

d) Escolha das alternativas de tratamento do esgoto

Inicialmente para escolha das alternativas de tratamento do esgoto, procurou-se observar fatores ambientais, como liberação de odores, proliferação de insetos, ocupação de grandes áreas entre outros, o que restringiu o uso de certos processos.

Procurou-se observar vários fatores como aplicabilidade do processo, operação e manutenção, complexidade do sistema e limitações ambientais. Estas observações foram verificadas no levantamento bibliográfico das principais vantagens e desvantagens de cada sistema.

Também objetivou-se uma estação de tratamento de esgoto compacta, e juntamente com os sistemas compactos observados em algumas instituições de ensino superior, observou-se o reator UASB seguido de pós tratamento como alternativa mais promissora atualmente.

Procurou-se a escolha de dois sistemas de tratamento compactos de esgoto que pudessem atender os parâmetros de sólidos suspensos, coliformes fecais, DBO<sub>5</sub>, DQO, fósforo e nitrogênio, para o estudo de caso, para posterior comparação e análise através dos estudos técnicos das alternativas escolhidas.

e) Estudos técnicos das alternativas de tratamento possíveis de aplicação na situação em análise

Para os estudos comparativos dos possíveis tratamentos de esgoto foram utilizados alguns parâmetros definidos pelos princípios da sustentabilidade, sob o ponto de vista econômico, social e ecológico.

Como cada indicador de sustentabilidade depende de uma série de fatores particulares, optou-se por analisá-los separadamente, verificando a influência destes fatores na quantificação final da sustentabilidade de uma ETE. A tabela 08, descreve os parâmetros analisados.

Tabela 05 - Parâmetros, formas de avaliação e unidades utilizados para ETEs.

<b>Parâmetro</b>	<b>Forma de avaliação</b>	<b>Unidade</b>
Área ocupada pela ETE	Área ocupada pela ETE / n <sup>o</sup> de habitantes atendidos	m <sup>2</sup> /hab.
Custo de implantação	Custo / n <sup>o</sup> de habitantes atendidos	R\$/hab. e/ou US\$/hab.
Potência instalada	Potência instalada / n <sup>o</sup> de habitantes atendidos	KW/hab.
Consumo de energia	Energia elétrica consumida por ano / n <sup>o</sup> de habitantes atendidos	Kwh/hab.ano
Produção de lodo	Lodo produzido por dia / n <sup>o</sup> de habitantes atendidos	GSST/hab.dia
Remoção de nutrientes	Nitrogênio e Fósforo	Alta (> 80%) média (50 a 80%) baixa (< 50%)

Fonte: Indicadores Ambientais (2004).

Para este cálculo, anteriormente descrito, foi necessário utilizar as características típicas dos principais sistemas de tratamento de esgoto, relativas aos parâmetros de sustentabilidade do tratamento, segundo a bibliografia de experiências já vivenciadas por von Sperling (1996, p. 216), descritas nas tabelas 09 e 10.

Tabela 06 – Características, requisitos de área e potência, volume do lodo a ser tratado, DBO e custo de investimento dos principais sistemas de tratamento de esgoto.

<b>Sistemas de tratamento</b>	<b>Requisito Área (m<sup>2</sup>/hab)</b>	<b>Requisito Potência (W/ hab.)</b>	<b>Volume do lodo a ser tratado (m<sup>3</sup>/hab.ano)</b>	<b>DBO (%)</b>	<b>Custo Investimento US\$/ hab.</b>
Lodos ativados convencional	0,2 – 0,3	1,5 – 2,8	1,1 – 1,5	85 – 93	60 – 125
Lodos ativados (aeração prolongada)	0,25–0,35	2,5 – 4,0	0,7 – 1,2	93 – 98	40 –80
Lodos ativados (fluxo intermitente)	0,2 – 0,3	1,5 – 4,0	0,7 –1,5	85 – 95	50 –80
Filtro biológico alta carga	0,3 – 0,45	0,5 – 1,0	1,1 – 1,5	80 – 90	40 –70
Reator anaeróbio – UASB	0,05 – 0,10	0	0,07 – 0,1	60 – 80	20 –40
Tanque séptico-FAN	0,2 – 0,4	0	0,07 – 0,1	70 – 90	30 –80

Fonte: Adaptado de von Sperling (1996 p. 216).

Tabela 07 – Características, requisitos de área e potência, volume do lodo a ser tratado, DBO e custos de implantação e operação dos principais sistemas de tratamento de esgoto- continuação.

<b>Sistemas de tratamento</b>	<b>Requisito Área (m<sup>2</sup>/hab)</b>	<b>Requisito Potência (W/hab.)</b>	<b>Volume de lodo (l /hab.ano)</b>	<b>DBO (% )</b>	<b>Custo implantação (R\$/hab.)</b>	<b>Custo operação (R\$/hab.)</b>
Lagoas sem aeração	1,5 – 4,0	0	15 – 69	80 – 85	30 – 80	2,0 –4,0
Disposição No solo	1 – 50	0	---	80 – 99	20 – 80	1,0– 4,0
Reatores anaeróbios	0,03 – 0,01	0	10 – 35	60 – 80	30 – 50	2,5 –3,5
Lagoa ou reator + lagoas de maturação	1,0 – 2,0	0	10 – 35	80 – 85	20 – 30	0,5 –1,0
Lagoas com aeração	0,2 – 0,5	1,2 –2,5	7 – 29	75 – 90	50 – 90	5 –9
Reatores com biofilmes	0,1 –0,3	0,0 –4,5	35 – 90	80 –95	70 – 150	8–15
Lodos ativados	0,12 –0,25	2,5 –6,0	35 – 105	85 –98	90 - 160	10 –20

Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p. 216)- continuação.

Estes parâmetros têm a finalidade de auxiliar a escolha de sistemas de tratamento de esgoto.

No próximo capítulo serão apresentados o resultado e discussões da metodologia apresentada.

## **6 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Ao iniciar a apresentação dos resultados e discussões é importante relatar que com a aplicação dos questionários sobre o saneamento local em todas as Faculdades e Institutos pertencentes ao Campus I da UPF, dos 75 questionários aplicados 70 foram respondidos pelos diretores e coordenadores.

Com base nas informações obtidas nestes questionários de saneamento local e nas descrições relatadas pelo Departamento de Projetos da UPF, descreve-se a seguir os resultados encontrados pela aplicação da metodologia proposta.

### **6.1 Situação atual da destinação dos efluentes gerados no Campus I da Universidade de Passo Fundo**

Segundo o Departamento de Projetos da Universidade, cada Faculdade e Instituto, bem como as obras de apoio, destinam seu esgoto para tanque séptico e respectivos sumidouros, que por sua vez estão interligados por uma rede de esgoto que os leva a outro tanque séptico final. Após, o efluente é conduzido por uma rede até chegar no córrego existente na Universidade, onde é então lançando.

Através dos questionários de saneamento local, existem procedimentos específicos para os efluentes do tipo industrial, como por exemplo na engenharia mecânica onde existe em seus laboratórios a presença de óleo, os quais são destinados a uma caixa separadora de óleo antes de ser lançado a rede existente. Já os efluentes químicos decorrentes da utilização de seus laboratórios denominados de resíduos ou reagentes e fármacos vencidos, estes estão sendo devidamente armazenados, em local específico e serão remetidos a incineração por uma empresa devidamente legalizada. Para se ter uma idéia da quantidade até o momento armazenada chegou-se a 7500 kg, durante 3 anos de controle.

Este córrego menor formado dentro da Universidade deságua em um córrego maior. O esquema pode ser observado na figura 42.

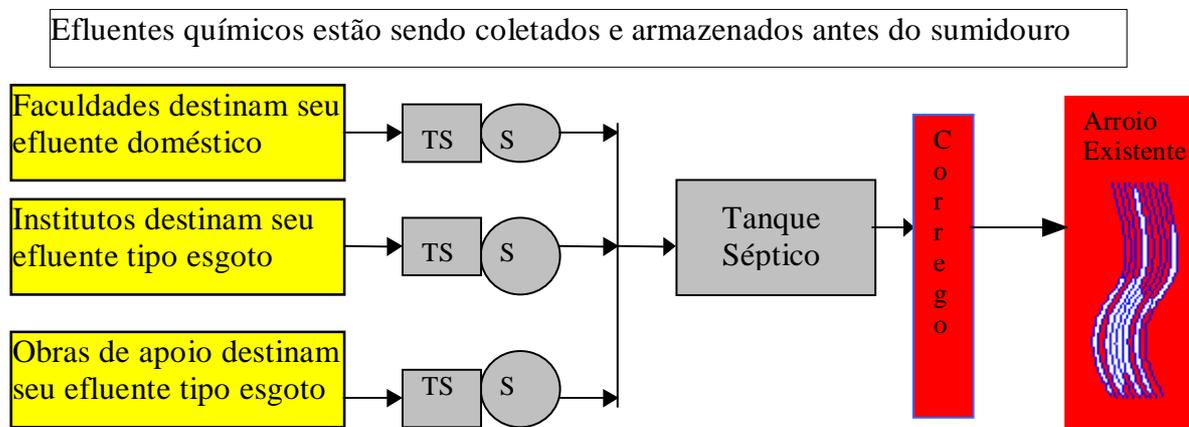


Figura 42 – Esquema da destinação dos efluentes na UPF.

S= sumidouros existentes.

TS= tanque séptico

Segundo departamento de projetos da UPF, as novas obras das faculdades e institutos no Campus I da UPF destinam seus efluentes do tipo doméstico á tanques sépticos seguidos de sumidouros, sendo estes interligados, e destinados á um tanque séptico final e após o córrego e arroio existente.

Embora exista um sistema de tratamento com tanque séptico, ainda seria necessário a presença de um tratamento auxiliar antes de serem destinados aos sumidouros, assim evitaria a possibilidade deste efluente do tipo doméstico contaminar por infiltração no solo ao chegar no lençol freático. Como estes sumidouros ainda estão interligados a uma rede coletora, outra quantidade dos efluentes está sendo destinado a outro tanque séptico final, que também necessita de um tratamento auxiliar antes de serem destinados ao córrego existente.

Assim, percebe-se a necessidade de eliminar estes tanques sépticos e sumidouros e elaborar uma estação de tratamento de esgoto final em condições controladas.

Com a eliminação dos sumidouros e dos tanques sépticos existentes e a projeção de novas edificações em construção e a serem construídas na Universidade de Passo Fundo, vê-se a necessidade de planejar uma nova rede coletora de efluentes, antes de executar uma estação de tratamento de esgoto.

Demonstra-se na figura 43, o esquema geral da situação desejada para o tratamento dos efluentes da UPF.

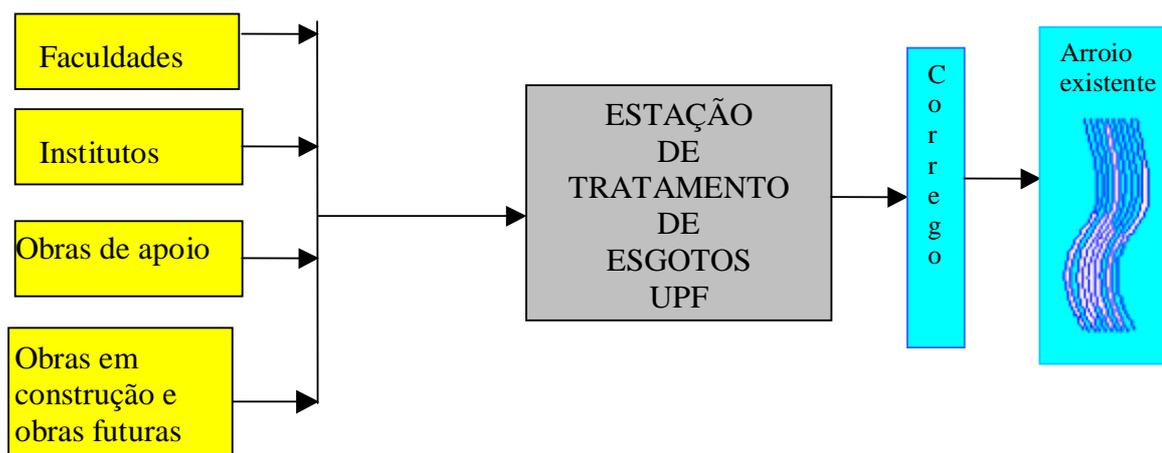


Figura 43 – Esquema da situação desejada para os efluentes da UPF.

## 6.2 Estimativa populacional do Campus I da Universidade de Passo Fundo

Para o dimensionamento do sistema de tratamento de esgoto devem ser conhecidas em primeiro lugar as populações geradoras de efluentes, procurando uma aproximação com a realidade atual, através de uma estimativa populacional.

A primeira metodologia, conforme já foi dito antes, é resultante da soma da população parcial obtida da relação entre as áreas e o índice de ocupação das obras de apoio em construção e a construir, a qual foi denominada de PY(1), e a população parcial resultante da relação das áreas e o índice de ocupação das Faculdades e Institutos, denominada de PY(2). Com estes dois índices calculou-se a população total denominada de PT(1) e a projetou-se para 20 anos, pelo método de crescimento aritmético.

Para a segunda metodologia utilizou-se os resultados quantitativos obtidos através do questionário sobre o saneamento local, o qual denominou-se de PX(1), resultado da soma dos professores, alunos e funcionários em todas as Faculdades e Institutos.

Somou-se com este índice de PX(1) o resultado anterior denominado de PY(1) referente as obras de apoio resultando uma população total denominada de PT(2), sendo também projetada para 20 anos, pelo método de crescimento aritmético.

Na seqüência, serão apresentados os dados e descritos os resultados obtidos na aplicação de cada uma das metodologias apresentadas acima.

### 6.2.1 Estimativa populacional obtida com a primeira metodologia PY(1)

O resultado parcial obtido pela relação entre as áreas existentes, em construção e a construir, nos anos de 2000, 2002 e 2004, e o índice de ocupação por metro quadrado de área, está apresentado na tabela 11.

Tabela 08 – Total populacional estimado pela primeira metodologia PY(1).

<b>Edifícios</b>	<b>Ano 2000 m<sup>2</sup></b>	<b>P= m<sup>2</sup>/x Pessoas</b>	<b>Ano 2002 m<sup>2</sup></b>	<b>P= m<sup>2</sup>/x Pessoas</b>	<b>Ano 2004 m<sup>2</sup></b>	<b>P=m<sup>2</sup>/x pessoas</b>
Ginásio	1784,17	3568	1784,17	3568	1784,17	3568
Restaurantes	1363,54	455	1363,54	455	1363,54	455
Antiga Reitoria	606,40	87	606,40	87	606,40	87
Biblioteca Central	3076,32	1025	3076,32	1025	3076,32	1025
Divisão Serviços	1049,96	150	1049,96	150	1049,96	150
Central de Salas	3354,83	480	3354,83	480	3354,83	480
Guarita	11,16	2	11,16	2	11,16	2
Oficina de Cerâmica	60,00	9	60,00	9	60,00	9
Gráfica	416,30	60	416,30	60	416,30	60
Casa dos Motoristas	111,58	16	111,58	16	111,58	16
Guarita	4,09	1	4,09	1	4,09	1
Sede dos funcionários	460,00	66	460,00	66	460,00	66
Cancha de bocha	261,10	37	261,10	37	261,10	37
Horto	81,05	12	81,05	12	81,05	12
CMPP	1697,79	243	1697,79	243	1697,79	243
Centro Adm.	3125	895	3125	895	6259,20	895
Estufas	131,10	19	131,10	19	131,10	19
Casa Residencial	513	56	513	56	513	56
Hospital de Olhos	1241,30	83	1241,30	83	1241,30	83
Galpão Máquinas	246,94	35	246,94	35	246,94	35
Guarita	31,10	4	31,10	4	31,10	4
Centro de Eventos	2027,67	253	2027,67	253	2027,67	253
Subestação Energia	55	4	55	4	55	4
<b>EDIFÍCIOS EM CONSTRUÇÃO</b>						
<b>Edifícios</b>	<b>Ano 2000 m<sup>2</sup></b>	<b>P= m<sup>2</sup>/x Pessoas</b>	<b>Ano 2002 m<sup>2</sup></b>	<b>P= m<sup>2</sup>/x Pessoas</b>	<b>Ano 2004 m<sup>2</sup></b>	<b>P=m<sup>2</sup>/x pessoas</b>
Centro de eventos	0	0	0	0	2027,76	290
Auditório Economia	0	0	0	0	1554,73	222
Centro Adm.	0	0	0	0	6108,34	873
Eng. Alimentos	0	0	0	0	3811,72	544
<b>Anos</b>	<b>Ano 2000</b>		<b>Ano 2002</b>		<b>Amp 2004</b>	
<b>PY(1)</b>	7560 habitantes		7560 habitantes		9489 habitantes	

## 6.2.2 Estimativa populacional parcial obtida com a metodologia PY(2)

Resultado parcial obtido pela relação das áreas existentes nas Faculdades e Institutos no ano de 2004, e o índice de ocupação por metro quadrado de área, pode ser visto na tabela 12.

Tabela 09 – Total populacional estimado PY(2).

<b>Edifícios</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>m<sup>2</sup> /7 ( pessoas)</b>	<b>Total</b>
Laboratório Fisioterapia	460,70	66	66
Educação física – piscina	218,50	32	32
Faculdade Educação Física / fisioterapia	3753,46	536	536
Faculdade de Odontologia	5494,36	785	785
Institutos de ciência e geociências	2781,25	398	398
Institutos de filosofia e ciências humanas	2130,24	305	305
Institutos de ciências biológicas	3054,55	437	437
Faculdade de Direito	3017,14	431	431
Faculdade de Economia e Administração	3529,27	505	505
Faculdade de Artes e comunicação	2827,40	404	404
Faculdade de Educação	1876,00	268	268
Faculdade de Engenharia /arquitetura	2791,42	399	399
Biotecnologia	506,27	73	73
Pós-graduação Agronomia	1442,21	206	206
Faculdade de Agronomia	2655,95	380	380
Faculdade de Engenharia /Arquitetura	1546,50	221	221
Núcleo Engenharia mecânica	1055,63	151	151
Engenharia de Alimentos	3946,01	563	563
Morfologia	1777,87	254	254
Laboratório Patologia Animal	229,58	33	33
Lab. Anemométrico	60,48	9	9
Hospital veterinário	5040,64	720	720
Hospital olhos	303,00	43	43
Associação funcionários	91,00	13	13
Ampliação centro eventos	43,68	6	6
<b>Ano de 2004</b>	<b>PY(2)=7238</b>		

Com a aplicação da primeira metodologia de cálculo, foram obtidos os resultados, apresentados na tabela 13.

Tabela 10 – Total populacional estimado na primeira metodologia de cálculo.

<b>Tempo: Anos</b>	<b>Ano 2000</b>	<b>Ano 2002</b>	<b>Ano 2004</b>
População parcial: PY(1)	7560 habitantes	7560 habitantes	9489 habitantes
População parcial: PY(2)	7238 habitantes	7238 habitantes	7238 habitantes
População total: PT(1) PT(1)= PY(1) + PY(2)	14798 habitantes	14798 habitantes	16727 habitantes

Conforme já foi explicado anteriormente, foi aplicado o método de crescimento aritmético para uma projeção de 20 anos, chegando-se aos seguintes resultados, demonstrados pelas equações 05 e 06 descrito a seguir.

$$T = 20 \text{ anos} = 2004 + 20 = 2024$$

$$T1=2002 \quad P1=14798 \text{ habitantes}$$

$$T2=2004 \quad P2=16727 \text{ habitantes}$$

$$K_a = (P2 - P1) / (T2 - T1) \dots\dots\dots(05)$$

$$K_a = 964,50 \text{ razão de crescimento}$$

Fórmula da progressão aritmética.

$$PA(1) = P1 + K_a * (T - T2) \dots\dots\dots(06)$$

$$PA(1) = 14798 + 964,50 * (2024 - 2004)$$

$$PA(1) = 30.230 \text{ habitantes para uma projeção futura de 20 anos}$$

### 6.2.3 Total populacional estimado pela segunda metodologia PX(1)

Resultado parcial obtido pela aplicação dos questionários sobre o saneamento local, pode ser visto na tabela 14, onde o total foi obtido da soma de professores, alunos e funcionários existentes nas Faculdades e Institutos no ano de 2004.

Tabela 11 – Total populacional estimado obtido dos questionários aplicados nas faculdades e institutos.

<b>Faculdade e Institutos</b>	<b>Professores</b>	<b>Alunos</b>	<b>Funcionários</b>	<b>Total</b>
Engenharias e Arquitetura	85	1700	50	1835
Agronomia	52	833	98	1033
Educação	17	577	32	626
Artes comunicação	42	664	14	720
Centro Ensino Médio	209	1023	21	1253
Economia, administração, contábeis	27	1822	36	1855
Direito	115	2750	12	2877
Ciências Biológicas	101	2250	49	2400
Odontologia	383	4032	313	4728
Ciências Exatas Geociências	26	405	06	437
Filosofia	117	1218	13	1348
Educação Física – Fisioterapia	63	1100	43	1206
Ano 2004 PX(1)			PX(1) 20318 habitantes	

Com a aplicação da segunda metodologia de cálculo chega-se ao resultado apresentado na tabela 15.

Tabela 12 – Total populacional estimado pela segunda metodologia de cálculo.

<b>Tempo: Anos</b>	<b>Ano 2004</b>
População parcial: PY(1)	9489 habitantes
População parcial: PX(1)	20318 habitantes
População total: PT(2) PT(2)= PY(1) + PX(1)	29807 habitantes

Da mesma forma, aplicou-se o método do crescimento aritmético para obter a projeção em um período de 20 anos, chegando-se ao resultado apresentado a seguir.

$$T = 20 \text{ anos} = 2004 + 20 = 2024$$

$$K_a = 964,50 \text{ razão de crescimento já calculado}$$

Fórmula da progressão aritmética:

$$PA(2) = PT(2) + K_a * (T-T_2) \dots \dots \dots (07)$$

$$PA(2) = 29807 + 964,50 * (2024-2004)$$

PA(2)= 45.239 habitantes para uma projeção futura de 20 anos
--

Analisando-se a estimativa populacional obtida na primeira metodologia a PT(1), chega-se a um total de 16.727 habitantes no ano de 2004, resultado este que não parece refletir a realidade atual do Campus I da Universidade de Passo Fundo. Ao passo que, a segunda metodologia a PT(2), que resultou em uma estimativa populacional de 29.807 habitantes no ano de 2004, que acredita-se aproxima-se mais da realidade da população geradora de efluentes dentro do Campus I da UPF. Assim, a população final escolhida para

ser usada foi a que resultou da segunda metodologia PT(2), que com a projeção para os próximos 20 anos chegou a um resultado final de 45.239 pessoas (contribuintes).

Este resultado foi o primeiro parâmetro que servirá de base para estimativas de cálculo da vazão e para os comparativos de sistemas de tratamento de esgoto.

### 6.3 Cálculo da vazão do efluente gerado no Campus I da Universidade de Passo Fundo

Conhecida a população atual e estimada a futura para os próximos 20 anos, pode-se determinar a quantidade de efluente gerado no Campus I da UPF.

Como a população é de uma Instituição de Ensino Superior, adotou-se para o cálculo da vazão dos efluentes gerados a contribuição de esgoto que está prescrita na NBR 13969/97, que trata do projeto, construção e operação de tanque séptico, unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos, que é de 50 litros por pessoa dia.

Assim, a vazão do efluente gerado, estimada para um futuro de 20 anos, está apresentada abaixo:

$$Q_{2024} = P * 50 \text{ L/hab. Dia} \dots\dots\dots(08)$$

$$Q_{2024} = 45239 \text{ hab.} * 50 \text{ L/hab. dia}$$

$$Q_{2024} = 2261500 \text{ Litros/dia}$$

$Q_{2024} = 2.261,50 \text{ m}^3/\text{dia}$
--

### 6.4 Qualificação dos efluentes

Através da aplicação dos questionários de saneamento local em cada Faculdade e Instituto, foi possível verificar os efluentes gerados, os quais estão descritos na tabela da figura 44.

<b>Faculdade, Institutos e obras de apoio</b>	<b>Efluente Doméstico</b>	<b>Efluentes Industriais</b>	<b>Efluentes da área de Saúde</b>
Faculdade de Engenharia Civil, Ambiental e Arquitetura	Sim	Sim	Não
Faculdade de Engenharia Mecânica	Sim	Sim	Não
Faculdade de Engenharia Elétrica	Sim	Não	Não
Faculdade de Engenharia de Alimentos	Sim	Não	Não
Instituto de Ciências Biológicas	Sim	Sim	Não
Faculdade de Agronomia e medicina veterinária	Sim	Sim	Sim
Faculdade de Odontologia	Sim	Sim	Sim
Faculdade de Educação	Sim	Não	Não
Faculdade de Artes Comunicação	Sim	Não	Não
Centro Ensino Médio	Sim	Não	Não
Faculdade de Economia	Sim	Não	Não
Faculdade de Administração	Sim	Não	Não
Faculdade de Contábeis	Sim	Não	Não
Faculdade de Direito	Sim	Não	Não
Faculdade de Confecção Têxtil	Sim	Sim	Não
Filosofia	Sim	Não	Não
Educação Física	Sim	Não	Não
Farmácia – ICB	Sim	Sim	Não
Hospital veterinário e curso de veterinária	Sim	Não	Sim
Hospital de olhos	Sim	Não	Sim
Restaurantes	Sim	Não	Não
Obras gerais de apoio	Sim	Não	Não

Figura 44 – Questionários saneamento local na UPF.

Em relação ao esgoto doméstico, pode-se observar através do questionário sobre o saneamento local (anexo A e B) que todas as obras existentes no Campus I da Universidade, bem como as obras de apoio em construção e a serem construídas são geradoras de águas residuárias classificados como do tipo de esgoto doméstico.

O efluente do tipo industrial, gerado nos Institutos e Faculdades do Campus I da UPF, é proveniente da utilização experimental, como indústria da construção civil, componentes químicos, óleos e outros e representa cerca de 30,40% dos setores das faculdades e institutos do Campus I da UPF, obtidas pelo resultado dos questionários apresentados na tabela da figura 44, sendo representado através da figura 45.

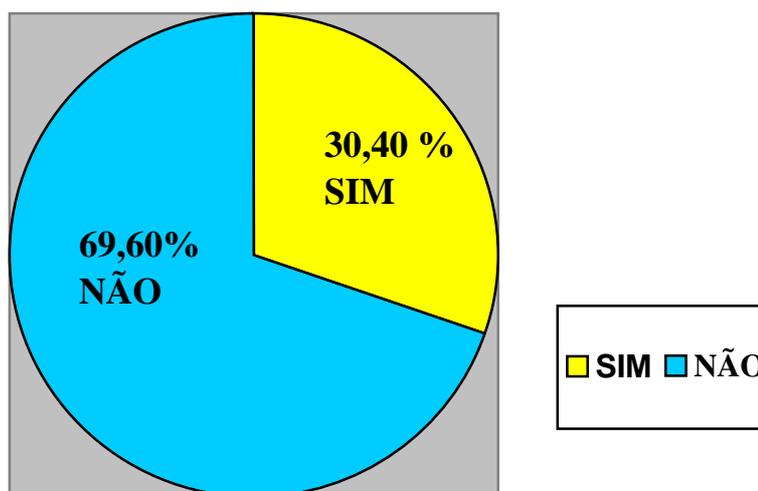


Figura 45–Porcentagem da geração de efluentes do tipo industrial, nos setores das faculdades e institutos.

Pode-se constatar através das respostas obtidas com os questionários sobre o saneamento local, que foram encontrados efluentes de resíduos químicos utilizados em laboratórios, como fenol, álcool etílico, ácido sulfúrico, fenolftaleína, ácido nítrico, alumina, percloro de ferro, e que estes são utilizados em pequenas quantidades e, após a utilização, estão sendo armazenados em recipientes de 5 litros sendo destinados a um depósito de recebimento destes efluentes no Campus I da UPF, onde após um determinado tempo estes são destinados à uma empresa tercerizada, devidamente legalizada pelo órgão ambiental competente.

Constatou-se que os efluentes de resíduos de origem industrial, como óleos utilizados em laboratórios de estudo, passam por uma caixa separadora de óleo, antes de entrar na rede de esgoto existente.

Já em relação aos efluentes classificados como do tipo saúde, que são decorrentes de estudo experimental, com por exemplo, nas Faculdades de Agronomia e Medicina Veterinária (Hospital veterinário), na de Odontologia (tratamento dentário) e Hospital de Olhos, verificou-se, que apenas 17,40% das Faculdades e Institutos são geradoras deste tipo de efluente, conforme pode ser observado na figura 46.

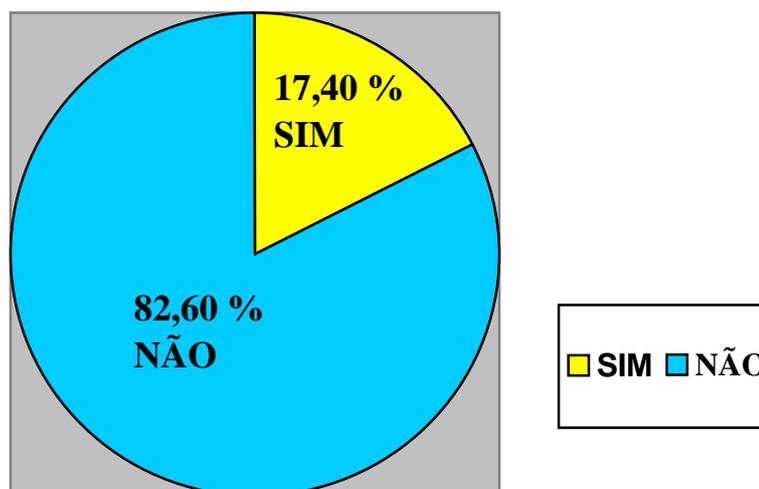


Figura 46 – Porcentagem geração, de efluentes do tipo de saúde nos setores das faculdades e institutos.

Ressalta-se que, embora tenha sido constatado que o efluente caracterizado como do tipo de saúde presente-se em menor proporção, este por sua vez é o que possui o maior poder de contaminação, para qualquer meio em que se encontra, necessitando, por parte dos responsáveis, o desenvolvimento de programas especiais de coleta e tratamento, não podendo ser considerado como presente nos efluentes que serão tratados como eminentemente domésticos.

### 6.5 Requisitos de qualidade do efluente e nível de tratamento desejado

Com a finalidade de se diagnosticar o sistema existente de esgoto no Campus I da UPF, buscou-se através de duas coletas e posterior análises do efluente no seu ponto de destinação final, a verificação da necessidade de uma ETE para o estudo de caso.

As análises dos parâmetros de  $DBO_5$  e  $DQO$  foram realizadas no LACE da UPF, onde constatou-se que estes possuíam valores máximos na amostra coletada de  $DBO_5$  de 56 mg/L e  $DQO$  de 132 mg/L, valores estes que se comparados com o permitido nos padrões de lançamento em corpo d'água classificado como de classe 2, pela legislação (CONAMA nº 357/2005), que é para o  $DBO_5$  de 5mg/L, caracteriza a existência de contaminação e, portanto, servem como um parâmetro inicial a ser minimizado e resolvido.

Ressalta-se, no entanto que em alguns estados do Brasil foi adotado como o padrão de lançamento de  $DBO_5$  o valor de 60 mg/L, mesmo após o tratamento, conforme (VON SPERLING, 1998, p. 68).

A quantidade de nitrogênio 9,8 mg/L e de fósforo 3,4 mg/L revelam também estar acima dos padrões permitidos pelo CONAMA nº 357/2005, que varia de 0,5 a 3,7 mg/L para o nitrogênio e de 0,03 a 0,05 para fósforo, de acordo com a classe do corpo receptor, que para o estudo de caso é Classe 02. Esta verificação revela a necessidade de um tratamento específico para remoção de nitrogênio e de fósforo.

Quanto ao parâmetro de coliformes fecais, os padrões de lançamento para corpo receptor para Classe 2 são de 1.000 coliformes fecais por 100 mL, já na portaria nº 05/89 da Secretaria da Saúde e do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul, o máximo permitido é de 3.000 coliformes fecais por 100 mL. Esses valores, quando comparados com o valor obtido no ensaio realizado no laboratório de microbiologia da UPF da amostra coletada, que foi de 1.600,000 em 100 mL, não atendem também aos padrões estabelecidos.

Estes resultados das análises do efluente final da UPF revelam a possibilidade de estar sendo lançado uma expressiva quantidade de contaminantes no meio ambiente local, o que provavelmente pode vir a ocasionar sérios impactos ambientais, o que na verdade necessitaria de uma maior investigação e monitoramento através de várias análises em diferentes estações do ano e horários diferenciados e que poderão auxiliar em um projeto final de uma Estação de tratamento de esgoto.

No entanto, sabe-se que os padrões citados acima são extremamente difíceis de serem atendidos, a menos que haja uma etapa específica de remoção de patogênicos no tratamento do esgoto (VON SPERLING, 1998).

Dentre as técnicas mais utilizadas hoje para a remoção de patogênicos no esgoto, consta a cloração sendo a mais indicada, já em relação a ozonização esta apresenta custos elevados e a radiação ultravioleta é promissora, mas ainda pouco utilizada.

## **6.6 Determinação do período de projeto e das etapas de implantação**

Todo projeto exige uma organização e planejamento, no qual seja possível discriminar as suas etapas de implantação e o período de projeto. Estas ações envolvem as condições de tempo e recursos financeiros para a realização das mesmas. Além de que a seleção de um período de projeto e de sua subdivisão em etapas de implantação é um item que afeta, não só a economia da implantação e operação da estação, como o seu próprio desempenho.

Para a realização da pesquisa foi sugerido o período de projeto em vinte anos, com proposta de etapalização em cada cinco anos.

As etapas propostas, cujo desenvolvimento do cálculo apresenta-se no anexo F, representadas nas tabelas 14 e 15.

É importante destacar que não foi utilizado o parâmetro de DBO de 56 mg/L encontrado no efluente final da UPF, pois a obtenção deste foi somente para verificação de diagnóstico da situação do tratamento de esgoto existente no estudo de caso, por esta razão, para este cálculo estimativo, foi considerado para a quantidade de DBO o valor típico encontrado no esgoto de 150 a 600 mg/L, onde foi considerado o valor de 300 mg/L.

Tabela 13 – Resultados dos cálculos estimativos das populações, vazões e DBO

ANO		População	Vazão média (m <sup>3</sup> /dia)	DBO média (kg/dia) *
0	2004	29807	1490,35	447,10
5	2009	34630	1731,47	519,44
10	2014	39452	1972,60	591,78
15	2019	42275	2113,72	634,12
20	2024	45230	2261,50	678,45

\* DBO estimada em 300 mg/L

Tabela 14 – Resultados dos cálculos estimativo das populações, vazões e DBO<sub>5</sub>, em porcentagem .

ANO		% População final	% Vazão média final	%DBO carga final
0	2004	66	66	66
5	2009	77	77	77
10	2014	88	88	88
15	2019	94	94	94
20	2024	100	100	100

Sugere-se já na primeira etapa 77% da estação de tratamento de esgoto, devido a vazão e a carga de DBO atingirem em torno de 77% do total no quinto ano em 2009.

Percebe-se que em uma suposição de uma estação de tratamento composta por 4 módulos, nesta proposta de etapalização, para se alcançar a porcentagem necessária na primeira fase deveria ser construído 3 módulos.

A segunda etapa deverá entrar em funcionamento em 2009, integrada com os anteriores, com vigência até o final do plano (ano 20 ou seja 2024). Ainda que a etapalização seja vantajosa, os benefícios são de certa forma reduzidos, pelo fato de se ter de implantar 77% da estação já na primeira etapa, e por um alcance de apenas 5 anos.

## 6.7 Escolha das alternativas de tratamento de esgoto

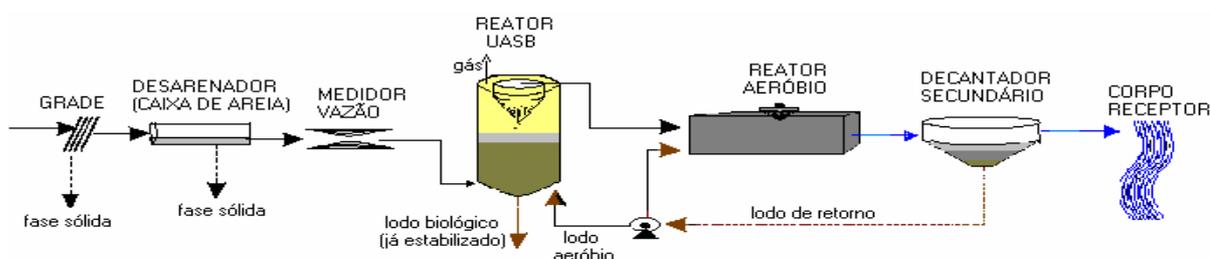
A escolha das alternativas de tratamento de esgoto requer, independentemente da metodologia aplicada, uma avaliação mais abrangente e que deve ser dividida com os vários atores interessados na questão do estudo do caso, ou seja deve ser compartilhada, com outros agentes decisores, pois neste sentido a subjetividade passa a ser dividida com a finalidade de alcançar o chamado ponto de satisfação. Nesta ótica o método de decisão com múltiplos objetivos deve ser mais explorado, mas ainda assim a subjetividade, sendo ela tendenciosa ou não, estará presente.

O sistema de tratamento compacto foram escolhidos, pelo princípio da subjetividade, o que delimitou o uso de vários processos ditos alternativos e simplificados, como o uso de lagoas, disposição controlada no solo e outros.

Outro critério de decisão na escolha foi a constatação de que vem sendo muito utilizado em nosso país, principalmente nas Universidades, estações de tratamento biológico composto por reator UASB seguido de pós-tratamento.

Após a análise e estudo dos sistemas de tratamento de esgoto compactos, foi sugerido nesta pesquisa, os sistemas apresentados nas figuras 47 e 48.

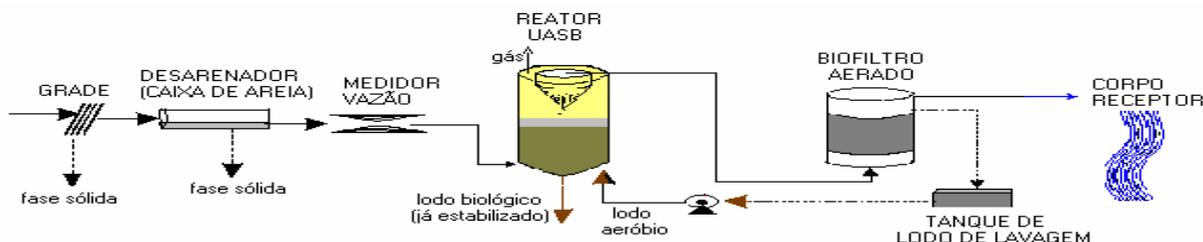
- Reator UASB seguido de pós tratamento aeróbio com lodos ativados.



Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p. 177 a 181)

Figura 47 – Processo com reator UASB seguido de pós tratamento aeróbio com lodos ativados.

- Reator UASB seguido de pós tratamento aeróbio com biofiltros.



Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p. 177 a 181)

Figura 48 – Processo com reator UASB seguido de pós-tratamento aeróbio com biofiltros

Cabe salientar que para o atendimento aos padrões permitidos de coliformes fecais, estes só podem ser alcançados através da inclusão de processos como lagoas de maturação ou infiltração no solo, ou de uma etapa de desinfecção, segundo von Sperling (1998, p. 67-73). O autor descreve que a presença de nitrogênio e fósforo em grandes quantidades, ou acima dos padrões permitidos pela legislação do CONAMA, requer tratamentos específicos como desnitrificação e desfosforização.

O critério de escolha, quanto aos sistemas acima apresentados, não eliminam as alternativas e escolhas de outros sistemas de tratamento de esgoto, apenas sugere a utilização de sistemas de tratamento de esgoto compacto.

Os sistemas aqui escolhidos estão embasados nas informações contidas na pesquisa atual, e no que vem sendo desenvolvido atualmente nas instituições de ensino superior. Observou-se também a informação do pesquisador da área de tratamento de efluentes, o Professor Dr. Marcos von Sperling, que está apresentada no anexo I.

Outras informações foram observadas no levantamento bibliográfico descrevendo as características do efluente, eficiência, confiabilidade, condições para disposição do lodo, disponibilidade de área, impactos ambientais, valor do investimento, custo operacional, simplicidade e recursos operacionais.

Todas estas informações auxiliaram na classificação e escolha das alternativas de estação de tratamento de esgoto para o estudo de caso.

## 6.8 Estudos técnicos das alternativas de tratamento possíveis de aplicação na situação em análise

Esta avaliação foi realizada através da comparação dos sistemas escolhidos, aplicando os parâmetros indicadores de sustentabilidade e ao mesmo tempo utilizando os parâmetros de sistemas de estações de tratamento de esgoto vivenciados por von Sperling (1998, p. 130).

Esta técnica de comparação dos sistemas de ETEs servem para iniciar o processo de avaliação e de escolha da futura estação de tratamento de esgoto.

A relação apresentada a seguir define os parâmetros selecionados para a avaliação e comparação das tecnologias escolhidas para o estudo de caso, conforme mostram as tabelas de 16 a 20.

### 1 – Parâmetro: área ocupada pela estação de tratamento de esgoto

Tabela 15 - Comparativo do parâmetro de área.

<b>SISTEMAS DE TRATAMENTO</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>/hab.)</b>
UASB + Biofiltro (BF)	UASB = 0,05 –0,10 BF = 0,05 –0,10
UASB + Lodos Ativados (LA)	UASB = 0,05 –0,10 LA = 0,2 –0,3

Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p 216)

Menor área ocupada pelo sistema de tratamento através de UASB + BF

### 2 – Parâmetro: custo de implantação e operação pela estação de tratamento de esgoto

Tabela 16 - Comparativo do parâmetro de custos.

<b>SISTEMAS DE TRATAMENTO</b>	<b>Implantação ( US\$ / hab).</b>
UASB + Biofiltro (BF)	UASB = 20 – 40 BF = 40 – 70
UASB + Lodos Ativados (LA)	UASB = 20 – 40 LA = 40 –80

Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p.216)

Menor custo de implantação pelo sistema de tratamento através de UASB + BF

## 3 – Parâmetro: potência instalada para a estação de tratamento de esgoto

Tabela 17 - Comparativo do parâmetro de potência.

<b>SISTEMAS DE TRATAMENTO</b>	<b>P= Potência instalada (W / n° de hab.)</b>
UASB + Biofiltro (BF)	UASB = 0 BF = 0,5 - 1,0
UASB + Lodos Ativados (LA)	UASB = 0 LA = 2,5 - 4,0

Fonte: Adaptado de von Sperling (1996, p.216)

Menor potência pelo sistema de tratamento através de UASB + BF

## 4 – Parâmetro: produção de lodo para a estação de tratamento de esgoto

Tabela 18 – Comparativo do parâmetro de produção de lodo.

<b>SISTEMAS DE TRATAMENTO</b>	<b>E = Lodo produzido por ano / no de hab m<sup>3</sup>/hab.ano</b>
UASB + Biofiltro (BF)	UASB = 0,07 – 0,1 BF = 1,1 – 1,5
UASB + Lodos Ativados (LA)	UASB = 0,07 – 0,1 LA = 0,7 – 1,2

Fonte: Adaptado de Von Sperling (1996, p.216)

Menor produção de lodo pelo sistema de tratamento através de UASB + LA

## 5 – Parâmetro: eficiência remoção de nutrientes para a estação de tratamento de esgoto

Tabela 19 - Cálculo Comparativo do parâmetro de eficiência.

<b>SISTEMAS DE TRATAMENTO</b>	<b>DBO %</b>	<b>N %</b>	<b>P %</b>	<b>Coliformes %</b>
UASB + Biofiltro (BF)	95,55	46,37	46,87	93,75
UASB + Lodos Ativados (LA)	98,65	43,93	27,75	93,75

Fonte: Adaptado do Anexo H

Cabe salientar, que por se tratar da utilização de combinações de sistemas onde cada um apresenta sua eficiência, realizou-se os cálculos apresentado no anexo G, para a obtenção da eficiência final de cada sistema, analisando os parâmetros de DBO, N, P e coliformes fecais. Os resultados estão apresentados na tabela 21.

Estes parâmetros analisados estão embasados nos parâmetros das experiências vivenciadas por von Sperling, já apresentados anteriormente.

## 6.9 Pré-dimensionamento das alternativas-cálculo de volume e de área

Foi apresentado nesta pesquisa o pré-dimensionamento necessário de volumes e de áreas ocupadas para os sistemas escolhidos. Este cálculo de volume e de áreas pré-dimensionadas estão apresentados nos anexos C a E e os seus resultados obtidos estão descritos na tabela 22.

Tabela 20 - cálculo comparativo do pré-dimensionamento pelo parâmetro de área.

<b>SISTEMAS DE TRATAMENTO</b>	<b>Área = ( m<sup>2</sup>/hab.)</b>
Reator anaeróbio UASB Seguido de pós tratamento aeróbio Com biofiltros	168 + 76 244m <sup>2</sup>
Reator anaeróbio UASB Seguido de pós tratamento aeróbio Com lodos ativados	168 + 79,18 + 78,53 325,71 m <sup>2</sup>

Menor área estimada para o sistema de tratamento através de UASB + Biofiltro

## **7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **7.1 Considerações finais**

Todo projeto de estação de tratamento de esgotos deve passar por um processo inicial de avaliação e diagnóstico referente ao sistema de tratamento e disposição final do esgoto gerado. Para desenvolver um projeto de estação de tratamento é importante que se conheça alguns parâmetros iniciais.

No diagnóstico inicial, pode-se perceber que neste estudo de caso ocorre um recolhimento e armazenamento dos efluentes químicos e este é destinado a uma empresa legalizada.

Na verdade, o que se observa na pesquisa realizada é que o procedimento que atualmente vem sendo mais utilizado é o gerenciamento dos efluentes químicos, onde estes não estão sendo destinados a rede de esgoto doméstico e grande parte das Universidades pesquisadas possuem uma estação de tratamento específica para o esgoto sanitário doméstico.

Assim, constatou-se que os efluentes químicos estão sendo gerenciados pela UPF e que os efluentes do tipo de saúde não devem ser lançados na rede coletora de esgotos do Campus I da UPF, devendo ocorrer um tratamento específico deste efluente, sendo esta decisão fundamental para o bom funcionamento da futura estação de tratamento de esgoto, e que requer a participação e comprometimento de todos os usuários, como fator principal para o seu sucesso.

Na avaliação do sistema de tratamento existente no Campus I da UPF, pode-se perceber que a utilização de tanques sépticos seguidos de sumidouros não eliminam a probabilidade de impactos locais, e que a interligação destes sumidouros é uma prática desconhecida, talvez por serem ineficazes, os mesmos foram interligados e destinados a um tanque séptico e após lançadas no córrego existente.

Com o sistema de tratamento de esgoto existente no Campus I da UPF, pode-se utilizar sistemas auxiliares de tratamento de esgoto, onde sugere-se um reator aeróbio seguido de tratamento terciário para remoção de nitrogênio e de fósforo e de um processo de desinfecção.

Ainda poderia ser utilizado a nível de pesquisa vários sistemas de tratamento de esgoto aplicados no Campus I da UPF, que poderiam ser analisados e comparados por alunos de diferentes Faculdades e Institutos, proporcionando um desenvolvimento tecnológico e científico para a área de tratamento de esgoto.

A sugestão proposta para o estudo de caso, seria a construção de uma nova rede específica para o esgoto doméstico gerado no Campus I da Universidade de Passo Fundo, destinando em uma estação de tratamento compacta, com a possibilidade de se obter aceitáveis custos de implantação, operação e manutenção.

Os parâmetros iniciais objetivaram um auxílio primário para o desenvolvimento do projeto de uma estação de tratamento de esgoto e demonstram que, muito além da subjetividade, está presente a percepção de condições que devem ser observadas, buscando o conhecimento do que se pretende tratar e de como devem ser tratados os efluentes gerados pelo estudo de caso.

O primeiro parâmetro analisado foi a estimativa populacional, onde observou-se a falta de compilação de dados sobre a quantidade populacional relativos ao Campus I da UPF, exigindo um maior tempo de pesquisa. Nesta análise, os questionários de saneamento local aplicado em cada Faculdade e Instituto, além de proporcionar um quantitativo de pessoas usuárias, revelou a existência de uma população visitante, que embora seja significativa, não foi contemplada neste parâmetro populacional, pela sua variabilidade e inconstância.

O método utilizado procurou aproximar-se com a realidade do estudo de caso. Adotou-se a maior quantidade de usuários para o ano 2004, referente a pesquisa numa população total de 29.807 pessoas e projetou-se para uma população estimada futura de 20 anos, chegando a uma população final estimada para o ano de 2024 em 45.239 pessoas.

Este parâmetro é muito importante, para evitar que o sistema fique obsoleto em poucos anos de funcionamento, não atendendo a quantidade populacional futura.

A proposta de etapalização desta ETE torna-se interessante, pois esta poderia ser ampliada conforme o passar dos anos, na proposta a cada cinco anos, o que poderia evitar custos expressivos iniciais e também não haveria a necessidade de atender, no seu início, estimada para o ano de 2024, além de proporcionar uma certa flexibilidade, permitindo sua adaptabilidade com o surgimento de novas tecnologias de ETE.

A coleta final do efluente gerado pelo Campus I da UPF foi o segundo parâmetro analisado, onde pôde-se constatar que o sistema de tratamento existente devem ser melhorados para atender a todos os padrões permissíveis, prescritos pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

A verificação dos tipos de efluente gerado pelo Campus I da UPF auxiliaram na avaliação e no diagnóstico para o estudo de caso. Pôde-se perceber, através dos questionários, os procedimentos que estão sendo executados quanto a destinação destes efluentes.

É importante destacar que nesta pesquisa sugere-se estações de tratamento compacta, pois vem sendo muito utilizado nas IES, onde requerem menor área a ser utilizada, com melhores resultados de reduzida produção de lodo, consumo de energia, eficiência na remoção de nutrientes. Com melhores fatores ambientais referentes a presença de vetores, ratos e de maus odores, ao serem comparadas com os sistemas de tratamento naturais como lagoas, disposição controlada no solo e outros.

As propostas de alternativas foram escolhidas com base na literatura, observando os sistemas de tratamento compactos que vem sendo desenvolvidos nas Instituições de Ensino Superior, as informações dos pesquisadores da área de tratamento de efluentes e as informações observadas pelos resultados das avaliações e dos parâmetros iniciais, referentes ao efluente gerado pelo estudo de caso, chegando-se à proposta de utilizar o reator anaeróbio de manta de lodo tipo UASB seguido de pós-tratamento, analisando o uso de biofiltro e de lodo ativado.

Os parâmetros analisados indicam que a utilização de sistema de tratamento de esgoto compacto composto por reator anaeróbio de manta de lodo tipo UASB, seguido de pós-tratamento aeróbio com biofiltros, requer menor área e potência com melhor qualidade de lodo e custos de implantação, ao passo que a sua eficiência fica muito próxima à do sistema de reator UASB com lodo ativado.

O sistema final da estação de tratamento de esgoto sugerido para o Campus I da UPF fica composto de um tratamento preliminar, seguido de um tratamento biológico por reator anaeróbio de manta de lodo tipo UASB, com uso de um pós-tratamento aeróbio por biofiltros.

Após, o efluente deverá passar por um tratamento terciário para remoção de nitrogênio e fósforo e, ainda, para um tratamento final específico de desinfecção, que pode ser por adição de cloro ou radiação ultra-violeta, como mostra a figura 49.

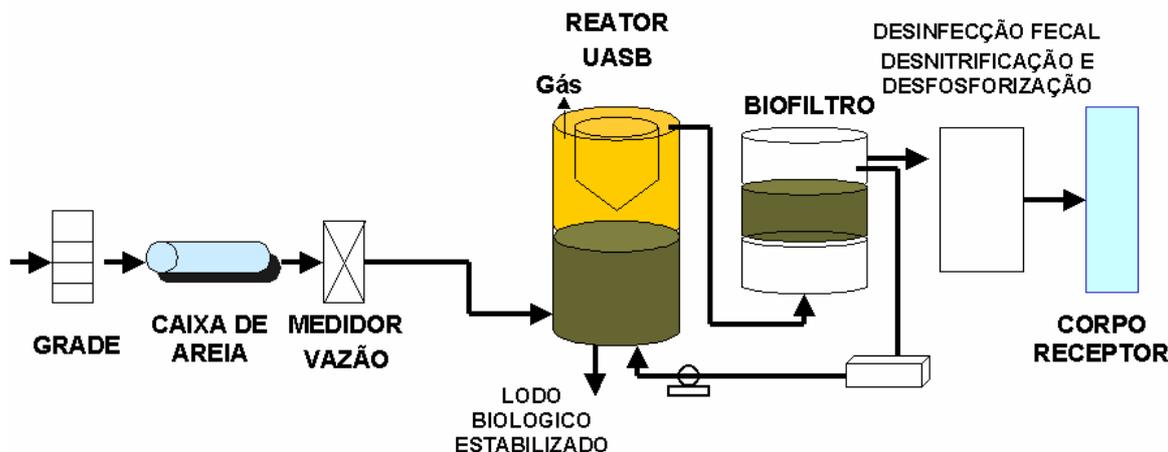


Figura 49 – Processo UASB + Biofiltro + Desnitrificação/Desfosforização/ Desinfecção

Por fim, com este sistema escolhido acredita-se poder obter uma eficiência final de remoção estimada para DBO em 95,55%, nitrogênio de 46,37%, fósforo de 46,87% e coliformes fecais em 93,75%, sendo uma boa previsão de resultado a ser alcançado, o que supera as outras combinações de sistemas de tratamento de esgoto compacta analisados.

Com estas eficiências o sistema de tratamento de esgoto proposto não atenderia aos padrões estabelecidos pela Resolução do CONAMA, exigindo processos auxiliares finais no tratamento de esgoto. Para se chegar à eficiência de remoção de coliformes fecais na ordem de 99,99%, superando os 93,75% estimado, será necessário um processo auxiliar de desinfecção, o processo que atualmente vem sendo muito utilizado é o de cloração por ser mais econômico, porém, existem outros processos de desinfecção, como ozonização, radiação ultravioleta, lagoa de maturação, que também poderiam ser aplicados. Sem essa etapa final de desinfecção, todos os sistemas compactos são incapazes de produzir um efluente bacteriologicamente seguro, mesmo que sejam bastante eficientes na remoção de matéria orgânica ou nutrientes.

O mesmo acontece para a remoção de nutrientes estimada para o nitrogênio de 46,37% e o de fósforo de 46,87%, também não atendem aos padrões permissíveis pelo CONAMA, e requer o uso de tratamento terciário para remoção de nitrogênio e de fósforo, para o qual sugere-se os processos de desnitrificação e desforização.

A eficiência de remoção estimada para DBO em 95,55% chegaria ao atendimento mais próximo dos padrões do CONAMA, o que poderia variar em função da quantidade de DBO na entrada do sistema de ETE e do pH do efluente gerado.

Ainda, pode-se relatar que o gás metano produzido no reator anaeróbio tipo UASB poderá ser aproveitado como forma de energia, e o lodo gerado na futura estação de tratamento de esgoto, pode ser utilizado, após receber um tratamento específico, sendo necessário verificar a sua viabilidade.

Acredita-se que qualquer que seja a estação de tratamento de esgoto a ser utilizada, sua eficiência dependerá de um projeto corretamente dimensionado, com cuidados operacionais e de manutenção e principalmente da participação dos usuários, que de fato não deverão destinar a esta rede exclusiva para o esgoto doméstico, outros tipos de efluentes como o industrial, químico e de saúde e outros que porventura vierem a existir. Então, sugere-se através da educação ambiental, mudanças de procedimentos e de atitude de todos os envolvidos neste processo para ser alcançado na solução possível no Campus I da UPF.

Assim o diagnóstico e avaliação do sistema de tratamento e disposição final do esgoto gerado pelo Campus I da UPF, revelam a possibilidade de se desenvolver, com maior brevidade possível, a implantação de uma estação de tratamento de esgoto que seja eficiente, economicamente viável e ecologicamente correta.

## **7.2 Recomendações para trabalhos futuros**

A pesquisa realizada fundamenta o início de uma reflexão sobre o saneamento que vem sendo praticado no Campus I da UPF e proporciona uma diretriz inicial para auxiliar, em um futuro próximo, a possibilidade de ser implantado um sistema de tratamento de esgoto.

A existência e funcionamento de uma ETE final para o Campus I da Universidade de Passo Fundo, passa a minimizar ou eliminar os impactos ambientais ocasionado pela incorreta destinação dos seus efluentes, bem como proporcionará um avanço no campo científico e tecnológico, abrangendo várias áreas de pesquisa em várias faculdades e institutos ao próprio Campus I da Universidade de Passo Fundo.

Assim, recomenda-se a continuidade da pesquisa com os seguintes aspectos:

- execução de um projeto definitivo para a estação de tratamento de esgoto, com o uso de análise multi-objetivo
- análise dos custos de implantação e operação da ETE;
- a aplicação de vários sistemas de tratamento de esgoto doméstico para o Campus I, que possam subsidiar a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico na UPF;

- após a implantação e funcionamento da ETE, obter os parâmetros característicos do esgoto antes e após o sistema de tratamento, avaliando sua eficiência e possibilitando o seu monitoramento;
- desenvolvimento de novas metodologias como critério de escolha de estações de tratamento de esgoto;
- propor e analisar um sistema de desinfecção final, desnitrificação e desfosforização;
- verificar a possibilidade de reaproveitamento e reúso do esgoto tratado e formas das energia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALÉM SOBRINHO, P; JORDÃO, E.P. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios: uma análise crítica. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/programas/prosab.asp.htm>>. Acesso em: 10 maio 2005.

ANDRADE NETO, C.O.; CAMPOS, J.R. Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/programas/prosab.asp.htm>>. Acesso em: 10 maio 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 9077: *saídas de emergência em edifícios*. Rio de Janeiro: ABNT, 1993. p. 25-29.

\_\_\_\_\_. ABNT. NBR 13969: *Fossa séptica: unidades de tratamento complementar e disposição final de efluentes líquidos: projeto, construção e operação*. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. p. 03-08.

BASTIAAN, P. R. Tratamento de esgoto e seu efeito no custo agregado do tratamento de água: uma abordagem quantitativa. [artigo científico]. Disponível em: <[http://www.eco.unicamp.br/nea/água/artigo/bastian mod.](http://www.eco.unicamp.br/nea/água/artigo/bastian%20mod.)>. Acesso em: 10 nov. 2003.

BERNARDO, L. D. Tratamento de água para abastecimento por filtração direta. RJ. ABES. Projeto PROSAB, 2003. p. 498 Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/programas/prosab.asp.htm>>. Acesso em: 10 maio 2005.

BOLETIM 1273. Belo Horizonte: UFMG, 2004. Disponível em <<http://www.ufmg.br/boletim/bol1273/pag5.html>>. Acesso em: 26 fev. 2005.

BOLETIM AEX – 768-96. Jornal Folha do fato da extensão da Universidade de Estado de Ohio. Disponível em: <<http://ohioline.osu.edu/aex-fact/0768.html>>. Acesso em: 13 maio 2005.

BOTELHO, H. P. Tratamento de esgotos. Belo Horizonte: IETEC/ Ecolatina, 2002. p.01-99.

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.º 20, de 1986. Disponível em <<http://www.nma.gov.br/port/conama/res/res86/res20086.html>>. Acesso em: 14 jul. 2004.

CAMARGO, A.; RAMOS, M.S. O pensamento do setor saneamento no Brasil: perspectivas futuras. Universalização do saneamento: por uma gestão eficiente dos recursos escassos. [artigo científico]. Disponível em: <<http://www.sniss.Gov.Br/pub/modernização.htm>>. Acesso em: 05 out. 2003.

CHERNICHARO, C. A. L. Esgoto: pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. Belo Horizonte: Segrac, 2001. Vol. 1.

\_\_\_\_\_. Reatores anaeróbios. Belo Horizonte: Departamento Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 1997.

\_\_\_\_\_. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios por sistemas de desinfecção. IN: Pós-tratamento de efluentes anaeróbios. Belo Horizonte: PROSAB/FINEP, 2001. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/programas/prosab.asp.htm>>. Acesso em: 10 maio 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. RESOLUÇÃO 357/2005 (17 DE MARÇO 2005): Dispõe sobre classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e da outras providências. Brasília: CONAMA, 2005. p. 01-23.

ETALL. Disponível em < <http://www.etail.hpg.ig.com.br/esgoto.htm>>. Acesso em: 12 maio 2004. Site desenvolvido por alunos de Biologia da Universidade Mackenzie – SP.

GONÇALVES, R. F. Estações compactas para tratamento de esgoto de áreas densamente urbanizadas. Disponível em: <<http://franci@npd.Ufes.Br>>. Acesso em: 10 nov. 2003. Prêmio Mercocidades de Ciência e Tecnologia 2002. Vitória, 2002

\_\_\_\_\_. Desinfecção de efluentes sanitários. RJ: ABES, 2003.

INDICADORES Ambientais. [S.n.t.]. Disponível em <[http://www.flipper.ind.br/conceito/indicadores\\_ambientais\\_analise\\_amb..htm](http://www.flipper.ind.br/conceito/indicadores_ambientais_analise_amb..htm)>. Acesso em: 14 jul. 2004. Artigo publicado no site da Indústria Flipper.

\_\_\_\_\_. Disponível em <[http://www.flipper.ind.br/fundamentos\\_shtml.htm](http://www.flipper.ind.br/fundamentos_shtml.htm)>. Acesso em: 14 maio 2005. Artigo publicado no site da Indústria Flipper.

INFORMATIVO ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Tecnologia: centro de tratamento já esta treinando graduados no Fundão. Rio de Janeiro, ano 13, p. 10, jun./ago. 2004.

ISOLDI, L.A; KOETZ, P.R. Tratamento biológicos para remoção carbonada e nitrogênio.[artigo científico]. Disponível em: <<http://www.fisica.furg.br/mea/remea/vol12/art01.pdf>>. Acesso em: 20 maio de 2005.

JORDÃO, E.P; PESSÔA. C. A. Tratamento de esgotos domésticos. São Paulo: CETESB, 1975.

KELMAN, J. O pensamento do setor saneamento no Brasil: o subsídio eficaz. [artigo científico]. Disponível em: <<http://www.sniss.gov.br/pub/modernização.htm>>. Acesso em: 05 out. 2003.

LAZZARINI, M. O pensamento do setor saneamento no Brasil: O saneamento e os consumidores. [artigo científico]. Disponível em: <<http://www.sniss.gov.br/pubmodernização.htm>>. Acesso em: 05 out. 2003.

ORNELAS, P. Reúso de água em edifícios públicos: o caso da escola politécnica da UFBA, Salvador – BA. [artigo científico]. Disponível em: <<http://www.teclim.ufba.br/curso/monografias/novas/dissertaçõespedroornelas.pdf>>. Acesso em: 15 de maio 2005.

PACHECO, E.V. et al; HEMAIS, C.A. Tratamento de resíduos gerados em laboratórios de polímeros. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/pd/v13m1/15065.pdf>>. Acesso em: 14 maio 2005. Universidade Federal do Rio de Janeiro UFRJ, 2003.

PACHECO, E.B. et al. Gerenciamento de resíduos dos laboratórios do instituto de química da Universidade do Estado do Rio de Janeiro IQ/UERJ como um projeto educacional e ambiental. Engenharia sanitária e ambiental, Rio de Janeiro, v. 8, p. 114-119, jul./set. 2003.

SAPIA, P.M.A; MORITA, D.M. Proposta de critérios de recebimento de efluentes não domésticos para o sistema público de esgoto da região metropolitana de São Paulo, Engenharia sanitária e ambiental, ABES. [artigo científico]. São Paulo, v. 8, p.157-169 jul./set. 2003.

SOUZA, M.A.A et al. Uma metodologia para seleção de processos de tratamento de águas residuárias municipais e sua aplicação a um estudo de caso no Distrito Federal - Brasília- DF, v. 5, p. 68-75 n. 1, jun./mar. 2000; n. 2 abr./jun. 2000.

SOUTO FERREIRA, E. Processos biológicos aeróbios. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, Rio de Janeiro, p. 01-29, 2004.

THADEU, A. M. O pensamento do setor saneamento no Brasil: perspectivas futuras. Uma nova agenda para o saneamento. [artigo científico]. Disponível em: <<http://www.sniss.gov.br/pubmodernização.htm>>. Acesso em: 05 out. 2003.

UFRGS, Jornal da Ufrgs, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Julho 2002. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/jornal/julho2002/pag.13.html>>. Acesso em: 10 maio 2005.

ULBRA. Universidade Luterana do Brasil. Plano de investimento da Ulbra. Relatório de Análise Ambiental (RAA). Disponível em: <<http://www.Iadb.org/exr/doc98/pro/rbr0413.pdf>>. Acesso em: 14 maio 2005.

UNISC. Jornal da Unisc, Universidade de Santa Cruz do Sul, maio/junho 2003. Disponível em: <[http://www.unisc.br/publicações/jornal\\_unisc / jornal\\_36 / variedades.htm-21K](http://www.unisc.br/publicações/jornal_unisc / jornal_36 / variedades.htm-21K)>. Acesso em: 15 nov.2003.

UNISINOS. Universidade do Vale do Rio dos Sinos. 2004. Disponível em: <[http://www.unisinos.br/ihu/index.phpcoming\\_fron=notícias&dest=20041108101038](http://www.unisinos.br/ihu/index.phpcoming_fron=notícias&dest=20041108101038)>. Acesso em: 13 maio 2005.

URI ERECHIM. Programa de gerenciamento de resíduos dos laboratórios de graduação da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Erechim. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=s01004042422004000400026-28k](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s01004042422004000400026-28k).  
Acesso em: 13 maio 2005.

VON SPERLING, M. Introdução á qualidade das águas e ao tratamento de esgoto. Belo Horizonte: SEGRAC, 1996.

\_\_\_\_\_. Associação entre a legislação brasileira de qualidade da Água (resolução CONAMA 20/86) e a seleção de processos de tratamento de esgoto. *Engenharia sanitária e ambiental*, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 67-73, jan. 1998.

\_\_\_\_\_. Princípios básicos do tratamento de esgoto. Belo Horizonte: SEGRAC, v.2, 1996. 211p.

\_\_\_\_\_. Princípios básicos biológico de águas residuárias: lodo ativado. Belo Horizonte: SEGRAC, v.4, 1997. 428p.

\_\_\_\_\_. Princípios básicos biológico de águas residuárias: reatores anaeróbios. Belo Horizonte: SEGRAC, v.5, 1997. 246p.

\_\_\_\_\_. Tendências no tratamento simplificado de águas residuárias. Tópicos de relevância. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL TENDÊNCIAS NO TRATAMENTO SIMPLIFICADO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DOMÉSTICAS E INDUSTRIAIS, 1996, Minas Gerais. *Anais...* Minas Gerais: UFMG, 1996. p. 3-11.

**ANEXO A – Questionário saneamento local para diretores das faculdades**

<b>UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO</b> <b>Faculdade de Engenharia e Arquitetura</b> <b>Programa de Pós-Graduação em Engenharia – PPGEng</b> <b>Área de Concentração – Infra-Estrutura e Meio Ambiente</b>
--

<b>LEVANTAMENTO DE SANEAMENTO LOCAL.</b>
--

<b>UNIDADE:</b>
<b>DIRETOR:</b>

<b>CURSOS E LABORATÓRIOS</b>	<b>NOME COORDENADORES:</b>

POPULAÇÃO ANO 2004				
	PROFESSORES	ALUNOS	FUNCIONARIOS	OUTROS
MANHA				
TARDE				
NOITE				
SUB TOTAL				
TOTAL				

POPULAÇÃO										
	ANO 1994	ANO 1995	ANO 1996	ANO 1997	ANO 1998	ANO 1999	ANO 2000	ANO 2001	ANO 2002	ANO 2003
Professores										
Alunos										
Funcionários										
Outros										
TOTAL										

DESTINAÇÃO DO EFLUENTE GERADO		
	SIM	NÃO
TANQUE SÉPTICO		
SUMIDOURO		
REDE LOCAL		
OUTROS		

<b>OUTRAS INFORMAÇÕES:</b>

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 200\_\_.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Diretor.

**ANEXO B – Questionário saneamento local para coordenadores**

<b>UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO</b> <b>Faculdade de Engenharia e Arquitetura</b> <b>Programa de Pós-Graduação em Engenharia – PPGEng</b> <b>Área de Concentração – Infra-Estrutura e Meio Ambiente</b>
--

<b>LEVANTAMENTO DE SANEAMENTO LOCAL.</b>
--

<b>UNIDADE:</b>
-----------------

<b>NOME DO LABORATÓRIO:</b>
-----------------------------

<b>COORDENADOR:</b>
---------------------

TIPOS DE EFLUENTE	QUANTIDADE (VOLUME) POR PERÍODO					
	SIM	NÃO	MANHÃ	TARDE	NOITE	TOTAL
DOMÉSTICOS						
INDUSTRIAIS						
SAÚDE						
Outros (quais)						

<b>DESTINAÇÃO DO EFLUENTE GERADO</b>
--------------------------------------

	SIM	NÃO
TANQUE SÉPTICO SUMIDOURO		
REDE LOCAL		
TRATAMENTO ESPECÍFICO		
OUTROS		
DESCONHECIDO		

<b>OUTRAS INFORMAÇÕES:</b>

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 200\_\_.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do responsável.

## ANEXO C – Pré-dimensionamento reator UASB

### Pré-dimensionamento cálculo de área Sistema de tratamento de anaeróbio de esgoto com reator UASB

Dados do cálculo:

P= população já calculada

Q<sub>máx.</sub>= vazão máxima

DBO= demanda biológica de oxigênio

P= 45230 habitantes estimado para 20 anos

Q<sub>máx.</sub>= 2261,5 m<sup>3</sup>/dia ou 94,23 m<sup>3</sup>/h

Obs. O valor de DBO=56 mg/l encontrado na efluente final da UPF pertence ao sistema existente utilizado na UPF. Por esta razão este parâmetro analisado serviu para verificação da contaminação local e não para a proposta de pré-dimensionamento de volume e de área necessária para os sistemas de estações de tratamento de esgoto analisados. Como a bibliografia descreve que o valor de DBO encontrado no esgoto fica entre os valores de 150 mg/l a 600 mg/l, adotou-se o valor de DBO em 300 mg/l O<sub>2</sub>

DBO<sub>i</sub> = 300 mg /l O<sub>2</sub> valor adotado inicial,

Cálculo da carga afluyente média

Lo = So \* Q máx.

Lo= 0,3 kg/m<sup>3</sup> \* 2261,5 m<sup>3</sup>/dia

Lo= 678,45 kg/dia DQO

Cálculo de TDH = Adotado 8,00 horas

3)Volume do reator

V= Q máx. \* TDH

V= 94,23 m<sup>3</sup>/h \* 8 h

V= 753,84 m<sup>3</sup>

Adoção numero de módulos de reatores N = 2

4) Volume em cada módulo

V= 753,84 /2

V= 378 m<sup>3</sup> de cada reator

Adoção da altura do reator H = 4,5 m

A= 378/ 4,5

A=84 de cada reator

Diâmetro do reator

D= RAIZ ((4\*A) / PI)

D= 10,35

D= 10,5 m

## ANEXO D – Pré-dimensionamento biofiltro

### Pré-dimensionamento cálculo de área Sistema de tratamento de esgoto aeróbio com BIOFILTRO

1. Dados do cálculo:

P= população já calculada

Q<sub>máx.</sub> = vazão máxima

DBO= demanda biológica de oxigênio

P= 45230 habitantes estimado para 20 anos

Q<sub>máx.</sub> = 2261,5 m<sup>3</sup>/dia ou 94,22m<sup>3</sup>/h

DBO<sub>i</sub> = 300 mg /l O<sub>2</sub>

Obs. Ao Reator tipo UASB atribui-se eficiência em remoção de DBO = 70%

Destinando para o Reator aeróbio tipo Biofiltro então DBO = 90 mg/l O<sub>2</sub> = 0,09 kg/ m<sup>3</sup>

2. Condições operacionais: CO ≤ 1,8 kg DBO<sub>5</sub> / m<sup>3</sup> dia

CO = Valor adotado segundo pesquisador Jordão e Pessôa (1997)

3. DBO<sub>5</sub> = 0,09 kg/ m<sup>3</sup> \* 2262,50 m<sup>3</sup>/dia = 203,53 kg / dia

4. Altura do biofiltro 4,5 m

5. Cálculo do volume estimado:

1,8 kg----- 1 m<sup>3</sup>

203,53 kg----- x

V= 113,08 m<sup>3</sup>

6. Cálculo da área estimada:

A= 113,08/ 4,5

A= 25,13 m<sup>2</sup>

7. Taxa de aplicação para verificação do sistema:

T<sub>x</sub>= Q/A

T<sub>x</sub>= 2261,50 m<sup>3</sup>/dia / 25,13 m<sup>2</sup>

T<sub>x</sub> = 89,99

8- Diâmetro do biofiltro

D= RAIZ ((4\*A) / PI)

D= 5,65

D= 6 m

## ANEXO E – Pré-dimensionamento lodo ativado

### Pré-dimensionamento cálculo da área Sistema de tratamento aeróbio de esgoto com Lodo Ativado

Fazem parte do sistema de tratamento aeróbio com lodo ativado adotado pelo processo de aeração prolongada sendo constituído por reator aeróbio seguido de decantador secundário com os seus respectivos pré-dimensionamento a seguir:

#### A) Cálculo do reator Aeróbio

Dados do cálculo:

P= população já calculada

P= 45230 habitantes estimado para 20 anos

Qe= vazão máxima estimada para 20 anos

Qe = 2261,5 m<sup>3</sup>/dia

DBOi = demanda biológica de oxigênio inicial adotada no reator UASB.

DBOi = 300 mg /l O<sub>2</sub>

Obs. Ao Reator tipo UASB atribui-se eficiência em remoção de DBO = 70%

Destinando para o Reator aeróbio tipo lodo ativado então DBOr = 90 mg/l O<sub>2</sub> = 0,09 kg/ m<sup>3</sup>

DBOr = demanda biológica de oxigênio resultante para o reator aeróbio.

DBOr = 90 mg /l O<sub>2</sub>

Cálculo do volume do reator aeróbio (BOTELHO, 2002. p.50).

$$V = \frac{KC * IL * Q * (LA - L)}{SV * (1 + KE * FB * IL)}$$

Sendo V= volume do reator em m<sup>3</sup>

Os valores KC, KE, FB, IL, SV, foram obtidos através do resumo dos parâmetros biológicos, hidráulicos e geométricos (BOTELHO, 2002. p.52 – quadro 4.5).

Sendo estimado pelo processo de aeração prolongada assim determinados:

KC = Coeficiente de produção celular = 0,40gSSV /g DBO a 0,8g SSV /g DBO

KE= Coeficiente de respiração endógena= 0,06 dia<sup>-1</sup> a 0,11 dia<sup>-1</sup>

FB= Fração biodegradável do sólido em suspensão = 0,40 a 0,65

IL= Idade do lodo ou tempo de residência celular= 18 a 30 dias

SV= XV= Concentração de sólidos em suspensão voláteis no reator = 2500 mg /l a 4000 mg/l

LA= DBO( mg/l) solúvel inicial

L= DBO( mg/l) solúvel no reator

Sendo adotados os seguintes valores para processo aeração prolongada:

$$KC = 0,6 \text{ SSV /g DBO}$$

$$KE = 0,085 \text{ dia}^{-1}$$

$$FB = 0,525$$

$$Q = 2261,5 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$LA = 90 \text{ mg /l entrada de DBO no reator aeróbio}$$

$$L = 90 \text{ mg/l} * \text{eficiência (UASB 70\% e LA 25\%)} \text{ (processo convencional)} = \text{restando } 15 \%$$

$$L = 15 \text{ mg/l}$$

$$SV = 3250 \text{ mg /l}$$

$$IL = 18 \text{ dias}$$

Na aplicação da fórmula acima descrita chega-se ao volume estimado em:

$$V = 312,56 \text{ m}^3$$

Profundidade adotada: 4,5 m

Cálculo da área

$$A = 312,56 \text{ m}^3 / 4,5 \text{ m}$$

$$A = 69,45 \text{ m}^2$$

Diâmetro do reator aeróbio

$$D = \text{RAIZ} ((4 * A) / \text{PI})$$

$$D = 10 \text{ m}$$

Dimensionamento do reator aeróbio

$$\text{Volume final} = (V = 312,56 \text{ m}^3)$$

$$\text{Área final} = (A = 69,45 \text{ m}^2)$$

$$\text{Diâmetro do reator aeróbio} = (D = 10 \text{ m})$$

## B) Cálculo do decantador secundário

Os valores  $S_{va}$  e  $S_{vu}$  foram obtidos através do resumo dos parâmetros biológicos, hidráulicos e geométricos (BOTELHO, 2002. p.52 – quadro 4.5).

Sendo estimado pelo processo de aeração prolongada assim determinados:

$$S_{va} = \text{Concentração de sólidos em suspensão voláteis no reator} = 2500 \text{ mg/l à } 4000 \text{ mg/l}$$

$$S_{vu} = \text{Concentração de sólidos em suspensão no lodo recirculado} = 8000 \text{ mg/l à } 12000 \text{ mg/l}$$

$$T_s = \text{taxa de aplicação de sólidos, no decantador} = 1 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{hora à } 5 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{hora}$$

Adotando-se os seguintes valores:

$$S_{va} = 2500 \text{ mg/l}$$

$$S_{vu} = 8000 \text{ mg/l}$$

$$T_s = 100 \text{ kg/ m}^2 \cdot \text{dia}$$

Cálculo da vazão de recirculação ( $Q_r$ )

$$SS = S_{va} * Q_e$$

$$SS = (2500 \text{ mg/l} * 2261,50 \text{ m}^3/\text{dia})/1000$$

$$SS = 5654 \text{ Kg / dia}$$

$$Q_{rc} = SS / S_{vu}$$

$$Q_{rc} = (5564 \text{ kg/dia} / 8000 \text{ mg/l}) * 1000$$

$$Q_{rc} = 706 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$R = (S_{va}) / (S_{vu} - S_{va}) = 0,45$$

$$Q_r = R * Q$$

$$Q_r = 0,45 * 2261,5$$

$$Q_r = 1017,67 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Taxa de aplicação de sólidos – Ts :

$$T_s = ((Q + Q_r) * X_{va}) / A$$

$$A = ((Q + Q_r) * X_{va}) / T_s$$

$$A = ((2261,50 + 1017,67) * 2,5 / 100$$

$$A = 81,97 \text{ m}^2$$

Diâmetro do decantador

$$D = \text{RAIZ} ((4 * A) / \text{PI})$$

$$D = 10,21$$

$$D = 10 \text{ m}$$

Período de detenção hidráulica = TDH

$$R = V / Q$$

$$V = Q * \text{TDH}$$

TDH = 3 hs = tempo de detenção adotado, relativo a vazão.

$$V = Q * \text{TDH}$$

$$V = 2261,5 \text{ m}^3/\text{dia} * 3 \text{ hs} * 1 \text{ d} / 24 \text{ hs}$$

$$V = 282,69 \text{ m}^3$$

Altura útil do decantador

$$H = V / A$$

$$H = (282,69 / 81,97)$$

$$H = 3,48$$

Profundidade usuais dos decantadores segundo (BOTELHO, 2002. p.52 – quadro 4.5) pelo processo de aeração prolongada = 3,0 à 4,5 metros  
Pela altura necessária calculada de 3,48 adota-se altura de = 4,00

Cálculos volume e área final

Volume final = V

$$V = \text{PI} * r^2 * H$$

$$V = 314,15 \text{ m}^3$$

Área final = A

$$A = \text{PI} * r^2$$

$$A = 78,53 \text{ m}^2$$

## ANEXO F – Cálculo estimativo para etapalização do projeto

### Cálculo estimativo para etapalização do projeto:

1. Cálculo da população da UPF estimativa para os anos:

Sendo  $k=965$ , constante de crescimento anual já calculada  
 $P_{2004} = 29807$  habitantes já calculada.

$P_{2004} = 29807$  habitantes já estimado

$P_{2009} = 29807 + 965 * (2009 - 2004)$   
 $P_{2009} = 34629$  habitantes

$P_{2014} = 34629 + 965 * (2009 - 2004)$   
 $P_{2014} = 39452$  habitantes

$P_{2019} = 39452 + 965 * (2009 - 2004)$   
 $P_{2019} = 42274$  habitantes

$P_{2024} = 42274 + 965 * (2009 - 2004)$   
 $P_{2024} = 45230$  habitantes

2. Cálculo estimativo da vazão média  $m^3/dia$  para os anos:

$Q_{2004} = 29807 \text{ hab.} * 50 \text{ l/hab.dia} = 1490,35 \text{ m}^3/dia$

$Q_{2009} = 34629 \text{ hab.} * 50 \text{ l/hab.dia} = 1731,47 \text{ m}^3/dia$

$Q_{2014} = 39452 \text{ hab.} * 50 \text{ l/hab.dia} = 1972,60 \text{ m}^3/dia$

$Q_{2019} = 42274 \text{ hab.} * 50 \text{ l/hab.dia} = 2113,72 \text{ m}^3/dia$

$Q_{2024} = 45230 \text{ hab.} * 50 \text{ l/hab.dia} = 2261,50 \text{ m}^3/dia$

3. Cálculo estimativo do  $DBO_5$  para os anos:

Considerado  $DBO_5 = 300 \text{ mg/l}$

$Q_{2004} = 1490,35 \text{ m}^3/dia * 0,3 \text{ Kg/dia} = 447,10 \text{ Kg/dia}$

$Q_{2009} = 1731,47 \text{ m}^3/dia * 0,3 \text{ Kg/dia} = 519,44 \text{ Kg/dia}$

$Q_{2014} = 1972,60 \text{ m}^3/dia * 0,3 \text{ Kg/dia} = 591,78 \text{ Kg/dia}$

$Q_{2019} = 2113,72 \text{ m}^3/dia * 0,3 \text{ Kg/dia} = 634,12 \text{ Kg/dia}$

$Q_{2024} = 2261,50 \text{ m}^3/dia * 0,3 \text{ Kg/dia} = 678,45 \text{ Kg/dia}$

## ANEXO G – Cálculo estimativo para unificação parâmetros processos

1. Cálculo estimativo para unificação dos parâmetros de eficiência resultantes da combinação de sistemas propostos:

- a) Parâmetro analisado na remoção de DBO %

Sistema de tratamento com Reator (UASB) + pós-tratamento com biofiltros (BF).

UASB = (60% a 80%) = Eficiência de DBO adotada=70 %

Biofiltro = (80% a 90%) = Eficiência de DBO adotada=85 %

Eficiência na remoção de DBO = (Efic.UASB + Efic.BF) – (Efic.UASB \* Efic.BF)

Eficiência na remoção de DBO = (0,70 + 0,85) – (0,70 \* 0,85)

Eficiência na remoção de DBO = 0,955

Eficiência na remoção de DBO = 95,55 %

Sistema de tratamento com Reator (UASB) + pós-tratamento com lodo ativado (LA).

UASB = (60% a 80%) = Eficiência de DBO adotada=70 %

Loda ativado= (93% a 98%) = Eficiência de DBO adotada=95,50 %

Eficiência na remoção de DBO = (Efic.UASB + Efic.LA) – (Efic.UASB \* Efic.LA)

Eficiência na remoção de DBO = (0,70 + 0,955) – (0,70 \* 0,955)

Eficiência na remoção de DBO = 0,9865

Eficiência na remoção de DBO = 98,65%

- b) Parâmetro analisado na remoção de N %

Sistema de tratamento com Reator UASB seguido de pós-tratamento com biofiltros(BF)

UASB = (10% a 25%) = Eficiência adotada de N=17,5%

Biofiltro =(30% a 40%)= Eficiência adotada de N= 35 %

Eficiência na remoção de N = (Efic.UASB + Efic.BF) – (Efic.UASB \* Efic.BF)

Eficiência na remoção de N = (0,175 + 0,35) – (0,175 \* 0,35)

Eficiência na remoção de N = 0,4637

Eficiência na remoção de N = 46,37 %

Sistema de tratamento com Reator UASB seguido de pós-tratamento com lodo ativado(LA).

UASB = (10% a 25%) = Eficiência adotada de N=17,5%

Lodo ativado =(15% a 30%)= Eficiência adotada de N= 22,5 %

Eficiência na remoção de N = (Efic.UASB + Efic.LA) – (Efic.UASB \* Efic.LA)

Eficiência na remoção de N = (0,175 + 0,225) – (0,175 \* 0,225)

Eficiência na remoção de N = 0,4393

Eficiência na remoção de N = 43,93 %

## c) Parâmetro analisado na remoção de P %

Sistema de tratamento com Reator UASB seguido de pós-tratamento com biofiltros(BF)

UASB = (10% a 20%) = Eficiência adotada de P=15%

Biofiltro =(30% a 45%)= Eficiência adotada de P= 37,5 %

Eficiência na remoção de P = (Efic.UASB + Efic.BF) – (Efic.UASB \* Efic.BF)

Eficiência na remoção de P = (0,15 + 0,375) – (0,15 \*0,375)

Eficiência na remoção de P = 0,4687

Eficiência na remoção de P = 46,87 %

Sistema de tratamento com Reator UASB seguido de pós-tratamento com lodo ativado(LA).

UASB = (10% a 20%) = Eficiência adotada de P=15%

Lodo ativado =(10% a 20%)= Eficiência adotada de P= 15 %

Eficiência na remoção de P = (Efic.UASB + Efic.LA) – (Efic.UASB \* Efic.LA)

Eficiência na remoção de P = (0,15 + 0,15) – (0,15 \*0,15)

Eficiência na remoção de P = 0,2775

Eficiência na remoção de P = 27,75 %

## d) Parâmetro analisado na remoção de Coliformes fecais ( CF)

Sistema de tratamento com Reator UASB seguido de pós-tratamento com biofiltros(BF)

UASB = (60% a 90%) = Eficiência adotada de CF=75%

Biofiltro =(60% a 95%)= Eficiência adotada de CF= 75 %

Eficiência na remoção de CF = (Efic.UASB + Efic.BF) – (Efic.UASB \* Efic.BF)

Eficiência na remoção de CF = (0,75 + 0,75) – (0,75 \*0,75)

Eficiência na remoção de CF = 0,9375

Eficiência na remoção de CF = 93,75 %

Sistema de tratamento com Reator UASB seguido de pós-tratamento com lodo ativado(LA).

UASB = (60% a 90%) = Eficiência adotada de CF=75%

Lodo ativado =(65% a 90%)= Eficiência adotada de CF= 77,5 %

Eficiência na remoção de CF = (Efic.UASB + Efic.LA) – (Efic.UASB \* Efic.LA)

Eficiência na remoção de CF = (0,75 + 0,775) – (0,75 \*0,775)

Eficiência na remoção de CF = 0,9437

Eficiência na remoção de CF = 94,37 %

**ANEXO H – Ensaio de análises físico-química do efluente final do sistema de tratamento atual da UPF**

**ANEXO I – Ensaio de análises microbiológicas do efluente final do sistema de tratamento atual da UPF**

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)