



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA**  
**CAMPUS DE JI-PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**



**EDSON SENA DE ANDRADE JÚNIOR**

**TRATAMENTO EXPERIMENTAL DO ESGOTO NOS *CAMPI* DA UNIR E IFRO EM  
JI-PARANÁ: PARAMETROS INICIAIS PARA DESENVOLVIMENTO DO  
PROJETO**

Ji-Paraná

2011

**EDSON SENA DE ANDRADE JÚNIOR**

**TRATAMENTO EXPERIMENTAL DO ESGOTO NOS *CAMPI* DA UNIR E IFRO EM  
JI-PARANÁ: PARAMETROS INICIAIS PARA DESENVOLVIMENTO DO  
PROJETO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia, *Campus* de Ji-Paraná, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Gersina Nobre da Rocha Carmo Júnior

Ji-Paraná

2011

Andrade Junior, Edson Sena de  
A553t Tratamento experimental do esgoto nos campi da UNIR e IFRO  
2011 em Ji-Paraná: parâmetros iniciais para desenvolvimento do projeto /  
Edson Sena de Andrade Junior ; orientadora, Gersina Nobre da  
Rocha Carmo Junior. -- Ji-Paraná, 2011  
48 f. : 30cm

Trabalho de conclusão do curso de Engenharia Ambiental. –  
Universidade Federal de Rondônia, 2011  
Inclui referências

1. Esgoto - Tratamento. 2. Tratamento de água. 3. Lodo de  
esgoto - Rondônia. 4. Saneamento básico – Rondônia. I. Carmo  
Junior, Gersina Nobre da Rocha. II. Universidade Federal de  
Rondônia. III. Título

CDU 628.3 (811.1)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA  
CAMPUS DE JI-PARANÁ  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL



**TÍTULO:** TRATAMENTO EXPERIMENTAL DO ESGOTO NOS *CAMPI* DA UNIR E IFRO EM JI-PARANÁ: PARAMETROS INICIAIS PARA DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.

**AUTOR:** EDSON SENA DE ANDRADE JÚNIOR

O presente Trabalho de Conclusão de Curso foi defendido como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e aprovado pelo Departamento de Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia, *Campus* de Ji-Paraná, no dia 17 de novembro de 2011.

---

Ana Lúcia Denardin da Rosa  
Universidade Federal de Rondônia

---

Beatriz Machado Gomes  
Universidade Federal de Rondônia

---

Gersina Nobre da Rocha Carmo Júnior  
Universidade Federal de Mato Grosso

Ji-Paraná, 17 de novembro de 2011.

## RESUMO

O município de Ji-Paraná, segundo maior em termos populacionais e localizado no centro geográfico do estado de Rondônia, é um dos 10 municípios com mais de 100 mil habitantes com as menores taxas de acesso à rede geral de esgoto do Brasil. Em 2006 na cidade de Ji-Paraná foi implantado o primeiro curso de Engenharia Ambiental do estado na Universidade Federal de Rondônia (UNIR), sendo que a primeira turma de 40 estudantes ingressou em janeiro de 2007. Assim, o curso de Engenharia Ambiental, como produtor de conhecimento e formador de profissionais objetivando o desenvolvimento da sociedade da região, tem papel fundamental na instigação, orientação e desenvolvimento de novas tecnologias para o processo de implantação de sistemas adequados de saneamento. Este trabalho teve como objetivo a apresentação de proposta, com estudo preliminar, para o tratamento dos esgotos da Fundação Universidade Federal de Rondônia *Campus* Ji-Paraná e do Instituto Federal de Rondônia (IFRO) *Campus* Ji-Paraná, que são lindeiros, através de uma estação de tratamento de esgoto experimental para subsídio do ensino, pesquisa e extensão do curso de engenharia ambiental da UNIR, além dos cursos de licenciatura em química e técnico em química do IFRO. Foram feitas as caracterizações qualitativa e quantitativa dos esgotos das duas instituições e diante dos resultados foi verificada as alternativas de tratamento disponíveis e sua adequação à realidade dos esgotos produzidos, e ainda a observação dos fatores e condições gerais para auxiliar na avaliação e escolha de sistemas de tratamento de esgoto com ênfase para sua importância no ensino, pesquisa e extensão das duas instituições envolvidas. Devido a não disponibilidade de grandes área física, foram sugeridas, para estudo de caso, duas alternativas de sistema de tratamento de esgotos compactos constituídos de um sistema biológico anaeróbio de manta de lodo do tipo UASB seguido de pós-tratamento por lodo ativado ou por biofiltro aerado. As comparações teóricas destes sistemas resultou na sugestão de utilização de pós tratamento aeróbio com biofiltro, por proporcionar melhores resultados com menor área ocupada, menor custo de implantação e

menor consumo de energia. Porém, este sistema, ainda necessita de processos auxiliares de desnitrificação, desfosforização e cloração. Acredita-se que estes parâmetros iniciais desenvolvidos na aplicação desta pesquisa irão auxiliar no desenvolvimento do projeto para uma estação de tratamento de esgotos experimental gerenciada pelo curso de engenharia ambiental da UNIR.

## **ABSTRACT**

The city of Ji-Parana, the second largest of the state of Rondônia in terms of population, located in the geographical center of the state, is one of 10 municipalities with more than 100 000 inhabitants with the lowest levels of access to the main sewer of Brazil. In 2006 was deployed the first course of Environmental Engineering of the State in Ji-Paraná city, in the Universidade Federal de Rondônia (UNIR), which the first class of 40 students joined in January 2007. Therefore, the Environmental Engineering course, as a producer of knowledge and professionals trainer aimed at the development of society in the region, represents a fundamental role in the instigation, direction and development of new technologies for the deployment process of adequate sanitation. This study aimed to present a proposal, preliminary study for the treatment of sewage of the Federal University of Rondônia Campus Ji-Paraná and the Federal Institute of Rondônia (IFRO) Campus Ji-Paraná, which are bordering, through a trial sewage treatment plant for subsidy of teaching, research and extension to the course of Environmental Engineering from UNIR, besides Graduation Chemistry and Technical Chemistry from IFRO. Were made qualitative and quantitative characterizations of the sewage from two institutions and was verified in front of results the treatment alternatives available and their suitability to the sewage produced, also the observation of the factors and conditions to assist in the evaluation and choice of systems sewage treatment with emphasis on its importance in teaching, research and extension of the two institutions involved. Due to the unavailability of large physical area, have been suggested for the case study, two alternatives of compact sewage treatment system consisting of a biological system anaerobic sludge blanket, UASB type (short for Upflow Anaerobic Sludge), followed by post-treatment by activated sludge or aerated biofilter. Comparisons of these theoretical systems resulted in the suggestion of using biofilters with aerobic post-treatment, to provide better results with smaller occupied area, lower cost of deployment and lower power consumption. However, this system still requires

auxiliary processes of denitrification, dephosphorization and chlorination. It is believed that these initial parameters developed in the application of this research will assist in developing the design for an experimental sewage treatment plant managed by the course of Environmental Engineering from UNIR.



## SUMÁRIO

<b>1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1 A RELAÇÃO SAÚDE E SANEAMENTO BÁSICO .....</b>	<b>13</b>
<b>1.2 CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO SANITÁRIO .....</b>	<b>15</b>
<b>1.3 TECNOLOGIAS PARA O TRATAMENTO DE ESGOTO.....</b>	<b>16</b>
<b>1.3.1 Tratamento Preliminar .....</b>	<b>17</b>
<b>1.3.2 Tratamento Primário .....</b>	<b>17</b>
<b>1.3.3 Tratamento Secundário .....</b>	<b>18</b>
<b>1.3.4 Tratamento Terciário.....</b>	<b>18</b>
<b>1.4 TECNOLOGIAS DE TRATAMENTOS ANAERÓBIOS E AERÓBIOS.....</b>	<b>19</b>
<b>1.4.1 Processos Aeróbios .....</b>	<b>19</b>
<b>1.4.1.1 Filtros Biológicos.....</b>	<b>19</b>
<b>1.4.1.2 Lodos Ativados.....</b>	<b>19</b>
<b>1.4.1.3 Lagoas de Estabilização .....</b>	<b>20</b>
<b>1.4.1.3.1 Lagoas Facultativas .....</b>	<b>20</b>
<b>1.4.1.3.2 Lagoas Aeradas Facultativas .....</b>	<b>20</b>
<b>1.4.1.3.3 Lagoas de Maturação .....</b>	<b>20</b>
<b>1.4.2 Processos Anaeróbios .....</b>	<b>21</b>
<b>1.4.2.1 Lagoa Anaeróbia .....</b>	<b>22</b>
<b>1.4.2.2 Decanto-Digestor (fossa séptica) .....</b>	<b>23</b>
<b>1.4.2.3 Filtro Anaeróbio .....</b>	<b>23</b>
<b>1.4.2.4 Reator Anaeróbio de Manta de Lodo (UASB).....</b>	<b>23</b>
<b>1.4.2.5 Reator Anaeróbio de Leito Expandido ou Fluidificado.....</b>	<b>24</b>
<b>1.5 COMPARATIVO DOS PRINCIPAIS TRATAMENTOS DE ESGOTO.....</b>	<b>25</b>
<b>1.5.1 Características Típicas.....</b>	<b>25</b>
<b>1.5.2 Principais sistemas de tratamento de esgotos, vantagens e desvantagens.....</b>	<b>26</b>
<b>1.5.3 Fatores para seleção de sistemas de tratamento de esgoto .....</b>	<b>30</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>33</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>36</b>
<b>3.1 ESCOLHA DAS ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO.....</b>	<b>38</b>
<b>3.1.1 Estudos técnicos das alternativas de tratamento .....</b>	<b>39</b>
<b>3.1.2 Pré dimensionamento do reator USAB + biofiltro (cálculo de volume e área).....</b>	<b>39</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>40</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>42</b>

<b>APÊNDICE A - Memória de Cálculo .....</b>	<b>45</b>
<b>Pré-dimensionamento: Cálculo de área do sistema de tratamento de anaeróbio de esgoto com reator UASB seguido de Pós tratamento com biofiltro.....</b>	<b>45</b>
<b>APÊNDICE B – Cálculo estimativo para unificação parâmetros processos .....</b>	<b>48</b>

## INTRODUÇÃO

O estado de Rondônia, bem como a cidade de Ji-Paraná, carece de iniciativas na área de saneamento básico com um longo caminho a percorrer para consolidar o entendimento dos benefícios que o saneamento adequado representa para a sociedade, sendo preciso que a população e autoridades percebam a relação entre a coleta e tratamento do esgoto e o aumento da expectativa de vida de uma comunidade, sendo esta, componente do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de um país.

Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB (2008, p. 40), 55,2% dos municípios brasileiros têm serviço de esgotamento sanitário por rede coletora, que é o sistema apropriado, sendo esse percentual, pouco superior ao observado na pesquisa realizada em 2000 que registrava 52,2%. Em 2007, o índice médio de atendimento em relação à população total dos prestadores de serviços participantes do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento - SNIS foi de 42,0% para coleta de esgotos e 32,5% para tratamento dos esgotos (SNIS, 2007). Dos municípios de todo o país, Ji-Paraná, que é o centro geográfico de Rondônia e segundo maior município do estado em termos populacionais, está entre os 10 Municípios com mais de 100 mil habitantes que têm as menores taxas de acesso à rede geral de esgoto, 2,63% (Trata Brasil: Saneamento e Saúde, 2007).

Fazendo parte desta realidade, na Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR), *Campus* de Ji-Paraná, atualmente, os efluentes gerados são conduzidos por tubulações a fossas localizadas dentro do *Campus* e infiltram no solo sem qualquer tratamento. Fazendo divisa com o *Campus* UNIR, está localizado o Instituto Federal de Rondônia (IFRO) *Campus* de Ji-Paraná, que, através de redes de coleta de esgoto presente em parte dos prédios existentes, conduz os resíduos líquidos a dois conjunto de fossas sendo que um fica próximo a saída da rede de drenagem de água pluvial, não sendo possível verificar se há ligação entre as duas canalizações ou se o solo está sendo capaz de absorver todo esgoto gerado evitando o transbordamento do tanque.

A falta de tratamento de esgoto é um dos maiores problemas ambientais das cidades brasileiras, tornando-se imprescindível a busca de ações para o tratamento desses efluentes. Em 2006 na cidade de Ji-Paraná, foi implantado o primeiro curso de Engenharia Ambiental do estado na UNIR, sendo que a primeira turma de 40 estudantes ingressou em janeiro de 2007. Assim, o curso de Engenharia Ambiental, como produtor de conhecimento e formador de profissionais objetivando o desenvolvimento da sociedade da região, tem papel fundamental na instigação, orientação e desenvolvimento de novas tecnologias para o processo de implantação de sistemas adequados de saneamento.

A universidade tem um papel permanente: gerar saber de nível superior para viabilizar o funcionamento da sociedade. Esse papel se manifesta de forma diferente, conforme o tipo de sociedade que se deseja. Nos Estados Unidos a universidade desempenhou uma função-chave na construção da sociedade de consumo, na defesa da potência econômica e militar norte-americana. Na África do Sul, a universidade branca serviu competentemente para viabilizar a elevação do nível de vida dos brancos e manter o sistema do apartheid funcionando. Em países da Europa, as universidades são instrumentos de dinâmica da economia. Através do mercado, elas conseguem oferecer mão-de-obra e pesquisas para consumidores e empresas. Em Cuba, com prioridades definidas pelo Estado, a universidade tem por papel solucionar os problemas de educação e saúde das massas, produzir conhecimento para uma nação acuada. (BUARQUE, 1994, p.217)

Diante da carência em desenvolvimento de pesquisas e quase ausência de sistemas de tratamento de esgoto na região, deve-se considerar aqui a importância desta proposta no campo de pesquisa que se sobrepõe a mera proposta de tratamento de esgoto. Dentre os vários benefícios esperados, deve se destacar a análise de comportamento da tecnologia aplicada e seu aperfeiçoamento para a região que apresenta clima diferenciado do restante do país e carece de estudos específicos para si.

Como exemplo de Instituição de nível superior que obteve sucesso em pesquisas desenvolvidas para o tratamento de esgoto tem se a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). A tecnologia para construção de estações compactas para tratamento de esgoto de áreas densamente urbanizadas, desenvolvida por uma equipe de 40 pesquisadores do Núcleo de Bioengenharia Aplicada em Saneamento da UFES, foi a grande vencedora do Prêmio Mercocidades de Ciência e Tecnologia 2002, uma rede formada por 30 cidades do Mercosul. (Revista CREA-ES TÓPICOS julho/setembro, 2002, p.11)

A ETE compacta desenvolvida pela UFES é composta por 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 apontando vantagens como menor consumo de energia, menor quantidade de lodo produzido em relação a estações convencionais, e construção e operação simples permitindo o uso de mão de obra

local. A tecnologia desenvolvida foi adotada em diversas ETE's dentro do Brasil e também em outros países.

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 *In* BASSANI, 2005, p.27).

Este trabalho teve como objetivo a apresentação de proposta para o tratamento dos esgotos da Fundação Universidade Federal de Rondônia *Campus* Ji-Paraná e do Instituto Federal de Rondônia *Campus* Ji-Paraná, através de uma estação de tratamento de esgoto experimental para subsídio do ensino, pesquisa e extensão do curso de Engenharia Ambiental da UNIR, além dos cursos de licenciatura e técnico, ambos em química, do IFRO com vista a possibilitar o desenvolvimento de pesquisas na estação visando seu aperfeiçoamento para a região.

Dar-se-á oportunidade aos discentes destes cursos, e de outros, de operacionalizar um sistema de tratamento de esgoto, além de contribuir com o saneamento no município de Ji-Paraná.

Para o desenvolvimento da proposta objetivou-se também a elaboração de estudos preliminares para o projeto da estação de tratamento de esgoto (ETE) com proposição de um sistema de tratamento com os seguintes objetivos específicos:

- a) caracterização dos resíduos líquidos gerados pelas instituições para a escolha adequada do sistema de tratamento a ser usado;
- b) levantamento de dados de vazão atuais e estimar os futuros para as instituições envolvidas;
- c) verificação de tecnologia adequada para o tratamento dos resíduos gerados e dimensionamento da estação de tratamento de esgoto;
- d) estruturação da proposta com ênfase para sua importância no Ensino, Pesquisa e Extensão das duas instituições envolvidas (UNIR/IFRO).

## 1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1.1 A RELAÇÃO SAÚDE E SANEAMENTO BÁSICO

A coleta e o tratamento adequado de esgoto contribuem para o aumento da saúde, conseqüente melhora na qualidade de vida da população e, além disso, reduções nos custos com saúde pública.

Briscoe apud Heller (1997) postula que, se a curto prazo o efeito mensurável do abastecimento de água e do esgotamento sanitário pode parecer reduzido, pela reposta não linear da intervenção, a longo prazo seu efeito sobre a saúde é substancialmente superior ao de intervenções médicas. Baseado em uma simulação de dados demográficos de Lyon (França), entre 1816 e 1905, prevê que as intervenções ambientais podem prevenir cerca de quatro vezes mais mortes e elevar a expectativa de vida sete vezes mais, que as intervenções de natureza biomédica. O mesmo autor (Briscoe) afirma que tal comportamento sugere um efeito multiplicador dos programas de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

O estado de Rondônia carece de iniciativas na área de saneamento básico com um longo caminho a percorrer para consolidar o entendimento dos benefícios que o saneamento adequado representa para a sociedade. É preciso que a população e autoridades percebam a relação entre a coleta e tratamento do esgoto e o aumento na qualidade da saúde pública.

Há um crônico distanciamento entre as políticas de saneamento e de saúde no Brasil. Por um lado, a prática e os planejamentos do setor de saneamento não valorizam a relação com a saúde, havendo inclusive deficiências na formação dos profissionais. E, por outro, as políticas de saúde do país permanecem privilegiando a ótica curativa, verificando-se poderosos óbices para a integração com essa visão e o reconhecimento na prática do papel preventivo das ações de saneamento. (HELLER, 1997, p.78)

No Brasil, conforme mostra a Tabela 1, percebe-se que o enfoque eminentemente sanitário, em que o saneamento é uma ação de saúde pública, prevaleceu durante vários anos, mesmo não havendo um consenso científico quanto aos benefícios advindos da implementação dos sistemas de água e esgotos (HELLER, 1997).

**Tabela 1** - Evolução histórica dos aspectos de saúde pública e meio ambiente no setor de saneamento no Brasil.

Período	Principais Características
Meados do século XIX até início do século XX	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estruturação das ações de saneamento sob o paradigma do higienismo, isto é, como uma ação de saúde, contribuindo para a redução da morbi-mortalidade por doenças infecciosas, parasitárias e até mesmo não infecciosas.</li> <li>Organização dos sistemas de saneamento como resposta a situações epidêmicas, mesmo antes da identificação dos agentes causadores das doenças.</li> </ul>
Início do século XX até a década de 30	<ul style="list-style-type: none"> <li>Intensa agitação política em torno da questão sanitária, com a saúde ocupando lugar central na agenda pública: saúde pública em bases científicas modernas a partir das pesquisas de Oswaldo Cruz.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremento do número de cidades com abastecimento de água e da mudança na orientação do uso da tecnologia em sistemas de esgotos, com a opção pelo sistema separador absoluto, em um processo marcado pelo trabalho de Saturnino de Brito, que defendia planos estreitamente relacionados com as exigências sanitárias (visão higienista).</li> </ul>
Década de 30 e 40	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboração do Código das Águas (1934), que representou o primeiro instrumento de controle do uso de recursos hídricos no Brasil, estabelecendo o abastecimento público como prioritário.</li> <li>• Coordenação das ações de saneamento (sem prioridade) e assistência médica (predominante) essencialmente pelo setor de saúde.</li> </ul>
Década de 50 e 60	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Surgimento de iniciativas para estabelecer as primeiras classificações e os primeiros parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos definidores da qualidade das águas, por meio de legislações estaduais e em âmbito federal.</li> <li>• Permanência da dificuldade em relacionar os benefícios do saneamento com a saúde, restando dúvidas inclusive quanto à sua existência efetiva.</li> </ul>
Décadas de 70	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Predomínio da visão de que avanços nas áreas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário nos países em desenvolvimento resultariam na redução das taxas de mortalidade, embora ausentes dos programas de atenção primária à saúde.</li> <li>• Consolidação do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), com ênfase no incremento dos índices de atendimento por sistemas de abastecimento de água.</li> <li>• Inserção da preocupação ambiental na agenda política brasileira, com a consolidação dos conceitos de ecologia e meio ambiente e a criação da Secretaria Especial de Meio Ambiente (SEMA) em 1973.</li> </ul>
Década de 80	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulação mais rigorosa dos mecanismos responsáveis pelo comprometimento das condições de saúde da população, na ausência de condições adequadas de saneamento (água e esgotos).</li> <li>• Instauração de uma série de instrumentos legais de âmbito nacional definidores de políticas e ações do governo brasileiro, como a Política Nacional do Meio Ambiente (1981).</li> <li>• Revisão técnica das legislações pertinentes aos padrões de qualidade das águas.</li> </ul>
Década de 90 até o início do século XXI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ênfase no conceito de desenvolvimento sustentável e de preservação e conservação do meio ambiente e particularmente dos recursos hídricos, refletindo diretamente no planejamento das ações de saneamento.</li> <li>• Instituição da Política e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Lei 9.433/97).</li> <li>• Incremento da avaliação dos efeitos e conseqüências de atividades de saneamento que importem impacto ao meio ambiente.</li> </ul>

**Fonte:** Fonte: Heller (1997).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) menciona o saneamento básico precário como um “risco tradicional” a saúde. Associado à pobreza, em conjunto com outros riscos como a subnutrição e a higiene inadequada, afeta mais a população de baixa renda. À exemplo, no ano de 2004, doenças relacionadas a sistemas de água e esgoto inadequados e as deficiências com a higiene causaram a morte de 1,6 milhões de pessoas nos países de baixa renda (PIB per capita inferior a US\$825,00). A maioria das mortes por diarreias no mundo (88%) é causada por sistemas inadequados de saneamento, sendo que mais de 99% destas

mortes ocorrem em países em desenvolvimento, e aproximadamente 84% delas afetam as crianças (WHO, 2009 *apud* KRONEMBERGER; CLEVELÁRIO JÚNIOR, 2010).

Um relatório do UNICEF e da OMS aponta a diarreia como sendo a segunda maior causa de mortes em crianças menores de 5 anos de idade. Estima-se que 1,5 milhões de crianças nesta idade morram a cada ano vítimas de doenças diarreicas, sobretudo em países em desenvolvimento, em grande parte devido a falta de saneamento, a subnutrição e uma saúde mais débil (UNICEF; WHO, 2009 *apud* KRONEMBERGER; CLEVELÁRIO JÚNIOR, 2010).

A diarreia é um sintoma comum de infecção gastrointestinal causada por uma ampla gama de agentes patógenos incluindo bactérias, vírus e protozoários. Alguns destes são responsáveis pela maioria dos casos de diarreia aguda em crianças, como o Rotavírus, que é responsável por cerca de 40% das internações hospitalares em crianças menores de 5 anos no mundo segundo o UNICEF e a OMS. Outras bactérias comuns são *E. coli*, *Shigella*, *Campylobacter* e *Salmonella*, e o *V. cholerae* (cólera) em períodos de epidemia (UNICEF; WHO, 2009 *apud* KRONEMBERGER; CLEVELÁRIO JÚNIOR, 2010).

No Brasil, as diarreias representam mais de 80% das doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado. Possuem etiologias diversas, o que faz a determinação das suas causas ser uma tarefa complexa, sendo evidente o papel da melhoria das condições de saneamento na redução destes agravos (KRONEMBERGER; CLEVELÁRIO JÚNIOR, 2010).

## **1.2 CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO SANITÁRIO**

Conhecer o esgoto é fundamental na escolha da tecnologia a ser usada no seu tratamento. Segundo Campos (1999) para elaborar um projeto de sistema de tratamento de esgoto, o primeiro levantamento de dados deve ser em relação à qualidade e quantidade de esgoto a ser tratado. De maneira geral, o esgoto doméstico é constituído de 98% de água e também de contaminantes com destaque para: Compostos orgânicos formados por proteínas (40% a 60%), carboidratos (25% a 50%) e óleos 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. Campos (1999) também diz que devido à dificuldade em caracterizar todos os patogênicos presentes, determina-se apenas a densidade de microorganismos coliformes (NMP – número mais provável de coliformes / 100

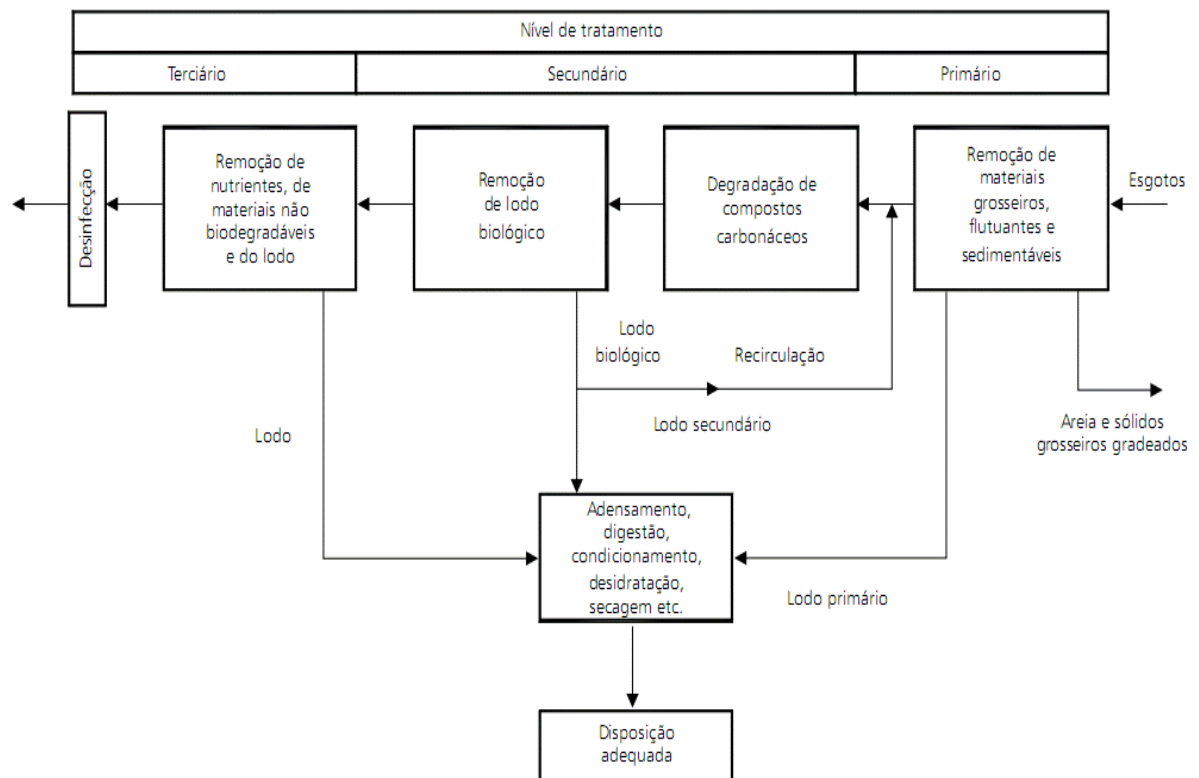


ml de amostra) que de forma indireta indica a probabilidade da presença de organismos patogênicos no meio estudado, mas que devem ser feitas análises pelo menos do pH, temperatura, DBO (demanda bioquímica de oxigênio), DQO (demanda química de oxigênio), nitrogênio (orgânico, amoniacal, nitritos e nitratos), fósforo, alcalinidade, materiais solúveis em hexano, sólidos sedimentáveis, resíduos (suspensos, dissolvidos, fixos e voláteis), coliformes totais e coliformes fecais.

Em termos de vazão, pode-se afirmar que os esgotos estão sujeitos às mesmas variações relativas ao consumo de água, variando de região para região, dependendo principalmente do poder aquisitivo da população, podendo-se considerar a contribuição típica de 160 L/habitante.dia de esgoto, para um consumo “per capita” de 200 L/habitante.dia de água tendo um coeficiente de retorno água/esgoto igual a 0,8. Para a determinação das vazões máximas de esgotos, costuma-se introduzir os coeficientes  $k_1 = 1,2$  (relativo ao dia de maior produção) e  $k_2 = 1,5$  (relativo à hora de maior produção de esgotos). Desta forma, a vazão de esgotos do dia e hora de maior produção é 1,8 vezes, ou praticamente o dobro da vazão média diária. Deve ser lembrado que as características dos esgotos são afetadas também pela infiltração de água subterrânea na rede coletora e pela possível presença de contribuições específicas, como indústrias com efluentes líquidos ligados à rede pública de coleta de esgotos. (PIVELI, 2007)

### **1.3 TECNOLOGIAS PARA O TRATAMENTO DE ESGOTO**

O tratamento de esgotos é dividido em nível preliminar, primário, secundário e terciário, sendo que o último, no Brasil, não é utilizado na maioria dos casos. Veja na Figura 1 uma representação esquemática dos níveis de tratamento e suas funções.



**Figura 1:** Fluxograma de sistema convencional de tratamento de esgoto. (nesta figura, o tratamento preliminar está contido no primário)

**Fonte:** Campos (1999, p.16).

Nos itens seguintes são descritos de forma resumida os níveis de tratamento representados na Figura 1.

### 1.3.1 Tratamento Preliminar

O tratamento preliminar tem por objetivo a retenção de materiais grosseiros, como galhos de árvores e outros materiais arrastados para o sistema sendo para isso comumente utilizados sistemas de gradeamento, peneiramento, desarenadores e retentores de óleos e graxas. (BASSANI, 2003)

### 1.3.2 Tratamento Primário

Nesta etapa os sólidos sedimentáveis são removidos por meio de decantação por ação da gravidade ou por precipitação química. Nesses processos são gerados lodos que devem ser

submetidos a secagem, desaguamento e disposição final em aterros sanitários, incineradores ou disposição no solo. No tratamento primário são utilizados decantadores, flotores, adensadores de lodo, digestores, leitos de secagem, centrífugas e outros. (BASSANI, 2003)

### **1.3.3 Tratamento Secundário**

É feito pelos mesmos processos biológicos que ocorrem naturalmente nos corpos de água. Nesse tratamento, a depuração é feita por altas concentrações de microorganismos para acelerar o processo que, de forma natural, ocorreria mais lentamente. Assim, podem ser tratados nessa etapa todos os efluentes que contenham componentes biodegradáveis. O principal objetivo do tratamento secundário é a remoção de matérias orgânicas dissolvida, que não pode ser removida por processos físicos como o de decantação, e matéria orgânica em suspensão (sólidos de sedimentação mais lenta) que em grande parte é removida no tratamento primário, mas que ainda permanecem.

O tratamento secundário, por sua vez, destina-se à degradação biológica de compostos carbonáceos. Quando é feita essa degradação, naturalmente ocorre a decomposição de carboidratos, óleos e graxas e de proteínas a compostos mais simples como:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  etc., dependendo do tipo de processo predominante. As bactérias que efetuam o tratamento, por outro lado, se reproduzem e têm sua massa total aumentada em função da quantidade de matéria degradada. (CAMPOS, 1999, p.16)

O tratamento secundário pode ser feito por processos anaeróbios e aeróbios. Nos processos anaeróbios a matéria orgânica carbonácea é digerida na ausência de oxigênio produzindo biogás rico em metano que pode ser utilizado como fonte de energia térmica. Os processos aeróbios ocorrem na presença de oxigênio onde a matéria dissolvida e particulada é convertida em biomassa por meio de ações oxidantes das bactérias.

### **1.3.4 Tratamento Terciário**

Esse nível de tratamento tem por objetivo remover poluentes específicos e/ou remoção complementar de poluentes não suficientemente removidos nos tratamentos anteriores como organismos patogênicos e nutrientes. Este último, quando descartado em concentrações excessivas causam a eutrofização do corpo receptor, processo onde ocorre um grande desenvolvimento de biomassa na água que produz oxigênio, durante o dia, por processo de fotossíntese, e durante a noite, por causa do consumo do oxigênio dissolvido, atingem níveis baixos demais provocando a morte dos microorganismos. A remoção desses

nutrientes pode ser realizada por processos biológicos denominados nitrificação e desnitrificação ou por processos químicos com adição de sulfato de alumínio por exemplo.

## **1.4 TECNOLOGIAS DE TRATAMENTOS ANAERÓBIOS E AERÓBIOS**

### **1.4.1 Processos Aeróbios**

Segundo Bassani (2003) os principais processos de tratamento biológico aeróbio são por filtros biológicos, lodos ativados e lagoas de estabilização (aeradas, facultativas e de maturação)

#### **1.4.1.1 Filtros Biológicos**

Para Nuvolari (2003), os filtros biológicos, indevidamente chamados assim, são leitos de percolação feitos com material altamente permeável, por onde o esgoto a ser tratado percola no sentido vertical (de cima para baixo). No material de enchimento do leito se forma uma película gelatinosa composta por microorganismos e na qual vai sendo retida a matéria orgânica a ser decomposta. A eficiência do tratamento nos filtros está diretamente relacionada com a superfície de exposição do material de enchimento que pode ser feito com pedra britada ou com materiais sintéticos (considerados vantajosos em relação às pedras por terem baixo peso e grande superfície de exposição). Os filtros biológicos, conforme a quantidade de esgoto que podem receber em relação ao seu volume e tempo, podem ser de baixa taxa hidráulica (pouco utilizado por ser muito grande e possibilitar a proliferação de moscas), taxa intermediária (também são poucos utilizados) e alta taxa (os mais utilizados e com vantagem de carrear as larvas de moscas evitando sua reprodução e carrear também o limo que nas outras taxas costumam causar entupimentos).

#### **1.4.1.2 Lodos Ativados**

O processo de lodos ativados é dos processos aeróbios o mais utilizado para o tratamento de esgoto por chegar, quando bem projetado, a uma eficiência de 98% na remoção da DBO solúvel. Este processo pode ser definido como um processo no qual uma massa biológica, que cresce e floclula, é continuamente recirculada e colocada em contato com a matéria orgânica do despejo líquido afluente ao processo, em presença de oxigênio,

normalmente proveniente de bolhas de ar injetado, por meio de difusores dentro da mistura lodo líquido, sob condições de turbulência, ou por aeradores mecânicos de superfície, ou outros tipos de unidades de aeração. O processo possui um reator (unidades de aeração) seguido por uma unidade de separação dos sólidos (decantador secundário), de onde o lodo separado é quase que totalmente retornado ao tanque de aeração para mistura com as águas residuárias, e o restante é descartado do sistema (lodo secundário). (NUVOLARI, 2003).

### **1.4.1.3 Lagoas de Estabilização**

Segundo Bassani (2003) o processo por lagoas é simples e natural para tratar esgoto doméstico, e que durante muito tempo foi o mais indicado para as condições brasileiras pela grande disponibilidade de áreas, o clima favorável, a operação simples e o uso de poucos equipamentos. A seguir são apresentados os principais tipos de lagoas e suas descrições.

#### **1.4.1.3.1 Lagoas Facultativas**

Segundo Von Sperling (1996) as lagoas facultativas são a variante mais simples dos sistemas de lagoas de estabilização, consiste em reter o esgoto por tempo suficiente para que ocorra a estabilização natural da matéria orgânica. Nesse tipo de lagoa ocorrem tanto processos aeróbio como anaeróbios, o primeiro, na região superficial por fotossíntese realizada pelas algas, o segundo, no fundo da lagoa quando a matéria orgânica tende a sedimentar. Apesar de serem extremamente simples e confiáveis, os processos ocorrem lentamente necessitando de longos períodos de detenção para se completarem.

#### **1.4.1.3.2 Lagoas Aeradas Facultativas**

As lagoas aeradas facultativas têm menores dimensões e sistema predominante aeróbio, sua principal diferença em relação às lagoas facultativas é a forma como que o oxigênio é suprido. Nas facultativas o oxigênio é suprido pela fotossíntese, nas aeradas facultativas suprido principalmente por aeradores. (VON SPERLING, 1996, p.61)

#### **1.4.1.3.3 Lagoas de Maturação**

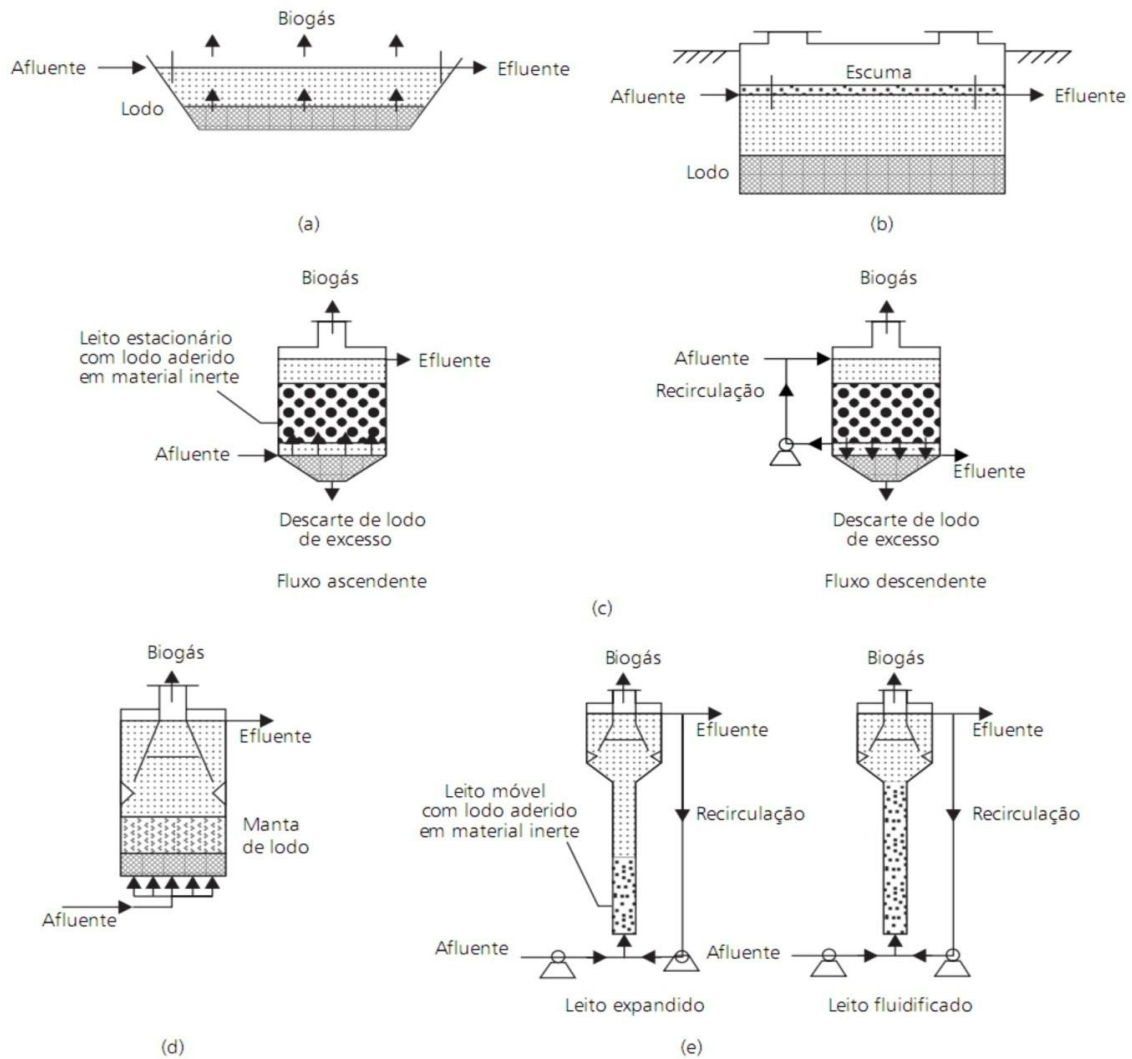
O principal objetivo desse tipo de lagoa é a remoção de patogênicos, sua construção visa criar um ambiente nocivo a esses microorganismos com componentes como insolação, elevado pH, escassez de alimentos, etc. Seu dimensionamento é feito com vista ao favorecimento destes mecanismos sendo uma das características da lagoa a baixa profundidade.

#### **1.4.2 Processos Anaeróbios**

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. (CHERNICHARO 2001, p. 17)

Segundo Campos (1999) as tecnologias para reatores anaeróbios mais usadas no Brasil, e que podem ser aplicados desde a pequenos aglomerados até a grandes cidades, são: Lagoas anaeróbias, decanto-digestores, filtros anaeróbios, reatores anaeróbios de manta de lodo (UASB) e reatores anaeróbios de leito expandido ou fluidificado, sendo esse último mais recente. Para atender diversas situações o uso desses reatores podem ser individual ou combinados de diferentes formas como unidades de uma ETE. É comum o uso de decanto-digestores e filtros anaeróbios para comunidades de menor porte ou instalações não ligadas nas redes coletoras como hospitais, hotéis, campi universitário e pequenos conjuntos residenciais. Para comunidades de maior porte é comum o uso de lagoas anaeróbias em combinação com outros tipos de lagoas de estabilização (quando há disponibilidade de áreas para implantação) e UASB. Os reatores anaeróbios de leito expandido ou fluidificado tem uso ainda limitado e tem sido aplicado com unidades de pequeno porte. Apesar disso é considerado como potencial promissor principalmente em locais com pouca área disponível.

Na Figura 2 são apresentadas as principais configurações dos reatores anaeróbios utilizados no tratamento de esgoto sanitário.



**Figura 2:** Configurações dos principais reatores anaeróbios utilizados no tratamento de esgoto sanitário. (a) Lagoa anaeróbia. (b) Decanto digestor (fossa séptica). (c) Filtro anaeróbio. (d) UASB. (e) Leito expandido ou fluidificado.

**Fonte:** Campos (1999, p. 58).

#### 1.4.2.1 Lagoa Anaeróbia

A lagoa anaeróbia é um reator de grandes dimensões com tempo de detenção hidráulica na faixa de 1 a 6 dias, profundidade entre 2 e 5 metros e eficiência de remoção da DBO entre 50% e 60% dependendo da temperatura média dos esgotos. A carga orgânica aplicada pode ser considerada baixa quando comparada com outros reatores que podem acomodar cargas bem superiores. (CAMPOS, 1999)

Na lagoa anaeróbia não há agitação por via externa, assim, ocorre ausência de oxigênio em quase todo o seu volume. O fluxo no reator é predominante no sentido horizontal

facilitando a sedimentação dos sólidos suspensos do esgoto. O fundo da lagoa é a região mais ativa, nele se desenvolve a biomassa que digere a matéria orgânica particulada sedimentada. Esse processo limita a remoção da DBO total fazendo-se necessário tratamento complementar para a fração solúvel. Os gases produzidos nessa lagoa são liberados para a atmosfera podendo causar odores. (CAMPOS, 1999)

#### **1.4.2.2 Decanto-Digestor (fossa séptica)**

Os decanto digestores são os precursores do tratamento anaeróbio de esgotos. O tanque séptico é um exemplo desses reatores, seu funcionamento se assemelha a uma lagoa anaeróbia mas com dimensões reduzidas construídos em alvenaria ou concreto e coberto. Predomina nesse processo os mecanismos físicos de sedimentação ocorrendo remoção majoritariamente da DBO particulada mesmo depois do desenvolvimento e retenção da biomassa anaeróbia. O fluxo interno, semelhante às lagoas anaeróbias, não favorece o contato do esgoto solúvel com biomassa. Seu uso é comum em áreas urbanas desprovidas de rede coletoras públicas de esgotos sanitários e para atender pequenas vilas, conjuntos residenciais e comunidades que geram vazões pequenas. (CAMPOS, 1999)

Os efluente gerado por esses reatores ainda apresenta elevada concentração de matéria orgânica e geralmente é destinado a um filtro anaeróbio onde a biomassa cresce aderida a um meio suporte, usualmente pedras, possibilitando a remoção complementar de matéria orgânica. (Von Sperling, 1996)

#### **1.4.2.3 Filtro Anaeróbio**

O filtro anaeróbio possui em seu interior suporte fixo para os microorganismos, o fluxo hidráulico nos interstícios do suporte permite o contato da matéria orgânica com o biofilme aderido. A mistura biomassa e esgoto ocorre durante o fluxo e permite as reações. O fluxo geralmente é vertical ascendente, embora já existam aqueles com fluxo descendente. O lodo que se desprende do meio suporte é retirado do fundo do reator. Esse Filtro é indicado para o tratamento de esgoto mais solúvel para evitar entupimentos. (CAMPOS, 1999)

#### **1.4.2.4 Reator Anaeróbio de Manta de Lodo (UASB)**



No Brasil surgiram várias denominações para esse reator (RAFA, DAFA, RAFAALL, RALF, etc.). Mas seu nome original e conhecido no mundo é UASB (upflow anaerobic sludge blanket) dado por um dos pioneiros de sua invenção na Holanda. As experiências de uso estão apontando o UASB como o reator de maior sucesso entre os reatores anaeróbios atuais. Possui semelhança com o filtro anaeróbio ascendente sendo que este serviu de modelo inicial para o desenvolvimento daquele, a principal diferença entre eles é que o UASB não possui material de enchimento para servir de suporte para biomassa. (CAMPOS, 1999)

Sua configuração permite o desenvolvimento de grande quantidade de biomassa ativa de flocos ou grânulos de alta densidade mecânica que ficam retidas no reator propiciando um elevado tempo de retenção celular. Assim, ele pode receber cargas orgânicas volumétricas com tempo de detenção hidráulica curto (algumas horas). O contato biomassa-esgoto é favorecido pela mistura promovida pelo próprio fluxo hidráulico ascendente e gases gerados das reações ocorridas com a matéria orgânica. O reator UASB acaba por desempenhar várias funções que em ETE's convencionais seriam feitas em unidades diferentes. Nele, ocorre a digestão da parte sólida retida e da biomassa presente resultando um lodo já bem estabilizado que requer apenas secagem quando descartado. Ocorre também a digestão da parte solúvel que vem com o esgoto. Dessa forma, a grosso modo, o UASB é ao mesmo tempo um decantador primário, um reator biológico propriamente dito, um decantador secundário e um digestor de lodo. (CAMPOS, 1999)

Algumas modificações têm sido feitas e aplicadas em diferentes situações sendo chamadas algumas de UASB modificado e outras com nomes próprios. Como todas as tecnologias em tratamento de esgoto, o UASB possui vantagens de desvantagens para aplicação prática. (CAMPOS, 1999)

O atendimento aos padrões permitidos de coliformes fecais só pode ser alcançado através da inclusão de processos como lagoas de maturação ou infiltração no solo, ou de uma etapa de desinfecção. 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. (VON SPERLING, 1996)

#### **1.4.2.5 Reator Anaeróbio de Leito Expandido ou Fluidificado**

As denominações expandido ou fluidificado depende do grau de expansão do leito do lodo. O termo fluidificação é caracterizado pelas condições hidrodinâmicas no reator, que na

prática pode ser traduzida pela relação linear entre a perda de carga e a velocidade ascensional do líquido aplicada ao reator. À medida que a velocidade aumenta, o leito de lodo se expande gradativamente. A fluidificação do leito do lodo é alcançada quando o peso da partícula suspensa se anula com a força de arraste do fluxo ascendente tornando a partícula livre em relação às outras. Utiliza-se o termo reator de leito expandido quando o estado de fluidificação não foi atingido. Alguns autores denominam de leito expandido o reator que atingiu expansão de 20% a 30%, se a expansão é maior então é considerado de leito fluidificado. A expansão parcial ou total do leito permite obter bons resultados para o contato da biomassa com o lodo.

## 1.5 COMPARATIVO DOS PRINCIPAIS TRATAMENTOS DE ESGOTO

### 1.5.1 Características Típicas

Apresenta-se, nas Tabelas 2 e 3, comparação entre sistemas de tratamentos de esgoto com informações sobre a utilização de área, potências de energia, tempo de detenção hidráulico e volume do lodo a ser tratado

**Tabela 2** - Comparativo entre os principais sistemas de tratamento de esgoto.

Sistemas de tratamento	Requisitos		Tempo de detenção hidráulico (dias)	Volume do lodo a ser tratado (m <sup>3</sup> /hab ano)
	Área (m <sup>2</sup> /hab)	Potência (W/hab)		
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	15 - 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 sóptico	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:** Von Sperling, 1996.

**Tabela 3** - Características, eficiência e custos dos principais sistemas de tratamento de esgoto. (DBO = Demanda bioquímica de oxigênio. N = Nitrogênio. P = Fósforo)

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 - 20t	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 mata 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: Von Sperling, 1996.

### 1.5.2 Principais sistemas de tratamento de esgotos, vantagens e desvantagens

Nas Tabelas 4 à 8 apresenta-se os principais sistemas de tratamento de esgotos e suas vantagens e desvantagens.

**Tabela 4** - Sistemas aeróbios com biofilme.

Sistema	Vantagens	Desvantagens
Filtro biológico de Baixa carga	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevada eficiência na remoção de DBO;</li> <li>- Nitrificação freqüente;- Requisitos da área relativamente baixos;</li> <li>- Mais simples conceitualmente do que lodos ativados;- Índice de mecanização relativamente baixo;</li> <li>- Equipamentos mecânicos simples;- 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 -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 mau</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>

	odores.	
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:** Von Sperling, 1996.

**Tabela 5 - Sistemas anaeróbios.**

<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 - 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:** Von Sperling, 1996.

**Tabela 6 - Sistemas de lodos ativados.**

<b>Sistemas</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> </ul>

		-Possíveis problemas ambientais com ruídos e aerossóis.
Aeração prolongada	-Idem lodo ativado convencional; -Sistemas com maior eficiência na remoção de DBO; -Nitrificação consistente; -Mais simples conceitualmente que lodos ativado convencional (operação mais simples); -Menor geração de lodo que lodos ativados convencional; -Estabilização do lodo no próprio reator; -Elevada resistência a variações de carga e a cargas tóxicas; -Satisfatória independência das condições climáticas.	-Elevados custos de implantação e operação; -Sistema com maior consumo de energia; -Elevado índice de mecanização (embora inferior a lodos ativado convencional); -Necessidade de remoção da umidade do lodo e da sua disposição final (embora mais simples que lodos ativado convencional).
Sistemas de fluxo intermitente.	-Elevada eficiência na remoção de DBO; -Satisfatória remoção de N e possivelmente P; -Baixos requisitos de área; -Mais simples conceitualmente que os demais sistemas de lodos ativados; -Menor equipamentos que os demais sistemas de lodos ativados; -Flexibilidade operacional (através da variação dos ciclos) -Decantador secundário e elevatória de recirculação não são necessários.	-Elevados custos de implantação e operação; -Maior potência instalada que os demais sistemas de lodos ativados; -Necessidade do tratamento e da disposição final do lodo (variável com a modalidade convencional ou prolongada); -Usualmente mais competitivo economicamente para populações menores.

Fonte: Von Sperling, 1996.

**Tabela 7** - Sistemas de lagoas de estabilização.

Sistemas	Vantagens	Desvantagens
Lagoa facultativa	-Média eficiência na remoção de DBO; -Eficiência na remoção de patogênicos; -Construção, operação e manutenção simples; -Reduzidos custos de implantação e operação; -Ausência de equipamentos Mecânicos; -Requisitos energéticos praticamente nulos; -Satisfatória resistência a variação da carga; -Remoção de lodo necessário apenas após períodos superiores a 20 anos.	-Elevados requisitos de área; -Dificuldade em satisfazer padrões de lançamento bem restritivos; -A simplicidade operacional pode trazer o descaso na manutenção (crescimento de vegetação); -Possível necessidade de remoção de algas do efluente para o cumprimento de padrões rigorosos; -Performance variável com as condições climáticas (temperatura e insolação); -Possibilidade do crescimento de insetos.
Sistemas de lagoa anaeróbia – lagoa facultativa	-Idem lagoas facultativas; -Requisitos de área inferiores aos das lagoas facultativas únicas.	-Idem lagoas facultativas -Possibilidade de maus odores na lagoa anaeróbia - Eventual necessidade de elevatória de recirculação do efluente, para controle de maus odores -Necessidade de um afastamento razoável às residências circunvizinha

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>
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) - 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:** Von Sperling, 1996.

**Tabela 8** - Sistemas de disposição no solo.

Sistemas	Vantagens	Desvantagens
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 -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> </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>

	-Aplicação durante todo o ano.	
Escoamento superficial	-Idem infiltração rápida ( mas com geração de efluentes final e com maior dependência da declividade do Terreno) e menor dependência característica do solo.	- Idem infiltração rápida; -Maior dependência da declividade do solo; -Geração do efluente final.

Fonte: Von Sperling, 1996.

### 1.5.3 Fatores para seleção de sistemas de tratamento de esgoto

A escolha de um sistema de tratamento de esgoto leva em consideração diversos fatores e cada um deles contribui de forma fundamental para a viabilidade da construção de uma ETE. Dentre os fatores destacam-se o clima, a topografia da região beneficiada, a área disponível para implantação do sistema, as características do esgoto a ser tratado, os recursos disponíveis para construção e operação da ETE, dentre outros. A decisão quanto ao processo a ser adotado para o tratamento deve ser derivada fundamentalmente de um balanceamento entre critérios técnicos e econômicos com apreciação dos méritos quantitativos e qualitativos de cada alternativa.

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. (VON SPERLING, 1996, p.211)

Segundo Souza et al. (2000), existem vários métodos para a decisão quanto ao sistema de tratamento de esgoto sendo que vários autores defendem o uso do método de decisão com múltiplos fatores 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.

Nas Tabelas 9 e 10 apresenta-se fatores e condições gerais para auxiliar na avaliação e escolha de sistemas de tratamento de esgoto.

**Tabela 9** - Sistemas de lagoas de estabilização.

Condições	Fatores
Aplicabilidade do	São avaliadas com base na experiência passada, dados publicados, dados de

processo.	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 energéticos.	Os requisitos energéticos, bem como os prováveis custos futuros, deve ser estimado, caso se deseje projetar sistemas economicamente viáveis.

**Fonte:** Von Sperling, 1996.

**Tabela 10** - Fatores de seleção e avaliação dos sistemas de tratamento de esgoto.

<b>Condições</b>	<b>Fatores</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?
Processos auxiliares 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 freqüentes? 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:** Von Sperling, 1996.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Para a estimativa da população futura dos *campi* foi verificado quais cursos são oferecidos atualmente, a quantidade de alunos matriculados em cada um, o ingresso de novos alunos e a saída de alunos formados para até o ano de 2013. Para as duas instituições foi verificado também os planos de desenvolvimento institucional e verificados as pretensões para expansão dos *campi* nos próximos anos.

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

Para a caracterização qualitativa do esgoto foi feito levantamento dos locais geradores de esgotos (banheiros, cantinas, laboratórios e cozinhas) e verificados os destinos finais desses efluentes, sendo possível então classificar o tipo em cada unidade e, utilizando-se para determinação de sua tipologia, a classificação de efluentes do tipo doméstico (provenientes de banheiros, cozinhas e cantinas) e efluentes de laboratórios.

Por haver alguns conjuntos de fossas em diferentes pontos nas duas instituições, e a não possibilidade de efetuar coletas representativas dos efluente como um todo, escolheu-se um dos conjuntos de fossas que atendia o maior número de pontos de contribuição de esgoto afim de se obter amostras representativas para realizar análises dos parâmetros: demanda química de oxigênio (DQO); demanda bioquímica de oxigênio em 5 dias (DBO5); fósforo; coliformes totais. As amostras foram coletadas em agosto de 2011 nos horários de intervalos das aulas, 10:00, 15:30 e 20:40 horas, considerado horário de pico na geração de esgoto, para cada turno do dia. Os métodos de análise de referência utilizado foi o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 th edition, 1998 e NBR 1264 de 89. O critério usado para a escolha do conjunto de fossas a ser analisado foi o que tinha a maior quantidade de banheiros ligados.

As amostras, depois de coletadas, foram acondicionadas e levadas para os laboratórios de hidrogeoquímica e microbiologia da Universidade Federal de Rondônia.

Para os ensaios de DQO foi utilizado um espectrofotométrico onde a DQO foi quantificada através da produção de íons  $\text{Cr}^{3+}$  de coloração azul. Na determinação dessa concentração os ensaios foram aquecidos em digestor a 150 °C por 02 horas e a leitura foi realizada em espectrofotômetro sob o comprimento de onda de 620 nm.

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO5) foi determinada de acordo com a norma NBR 12614/1992 da ABNT.

A concentração de fósforo foi determinada utilizando-se a espectrometria de absorção ultravioleta com leituras das amostras em comprimentos de ondas em 882 nm. A equação de correlação da absorbância em função da concentração, gerada pela curva padrão de cada íon, permitiu a determinação de suas concentrações.

As análises para detecção de coliformes totais foram realizadas pelo método das membranas filtrantes que consiste em passar um volume d'água com auxílio de uma bomba à vácuo por uma membrana que retém os microrganismos presentes na água. Após a filtração, a membrana foi colocada em um meio de cultura seletivo e diferencial, Chromocult Coliformes Agar (CCA) preparado conforme especificações do fabricante. As membranas sobre meio de cultura foram posteriormente encubadas a uma temperatura de  $35 \pm 2$  °C por  $24 \pm 2$  hrs e contadas.

Para a medição de pH e condutividade elétrica utilizou-se respectivamente um pHmetro Orion 290A e um condutivímetro de bancada Jenway modelo 4510.

Para a escolha da tecnologia adequada de tratamento de esgoto dois sistemas foram considerados as melhores opções para a proposta apresentada. O estudo técnico destas duas alternativas de tratamento foi realizado através da comparação dos sistemas escolhidos, utilizando os parâmetros de sistemas de estações de tratamento de esgoto vivenciados por Von Sperling (1996) que dentre outros apresenta para comparação a eficiência, características do efluente, confiabilidade, condições para disposição do lodo, disponibilidade de área, impactos ambientais, valor do investimento, custo operacional, simplicidade e recursos operacionais. Outro critério de decisão na escolha foi a constatação de que vem sendo muito utilizado em nosso país estações de tratamento biológico composto por reator UASB seguido de pós-tratamento.

Nas Tabelas 11 a 14 é apresentado os parâmetros selecionados para a avaliação e comparação das tecnologias escolhidas para o estudo de caso.

**Tabela 11** - Comparativo do parâmetro de área.

<b>Sistema 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:** Von Sperling, 1996.

**Tabela 12** - Comparativo do parâmetro de custos.

<b>Sistema de tratamento</b>	<b>Área (R\$/hab.)</b>
UASB + Biofiltro (BF)	65 a 100
UASB + Lodos Ativados (LA)	70 a 110

**Fonte:** Chernicharo, 2005.

**Tabela 13** - Comparativo do parâmetro de potência

<b>Sistema de tratamento</b>	<b>P=Potência instalada (w/nº 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:** Von Sperling, 1996.

**Tabela 14** - Comparativo do parâmetro de produção de lodo.

<b>Sistema de tratamento</b>	<b>E=Lodo produzido (m<sup>3</sup>/hab.ano)</b>
UASB + Biofiltro (BF)	UASB = 0,07 - 0,10; BF = 1,1 - 1,5
UASB + Lodos Ativados (LA)	UASB = 0,07 - 0,10; LA = 0,7 - 1,2

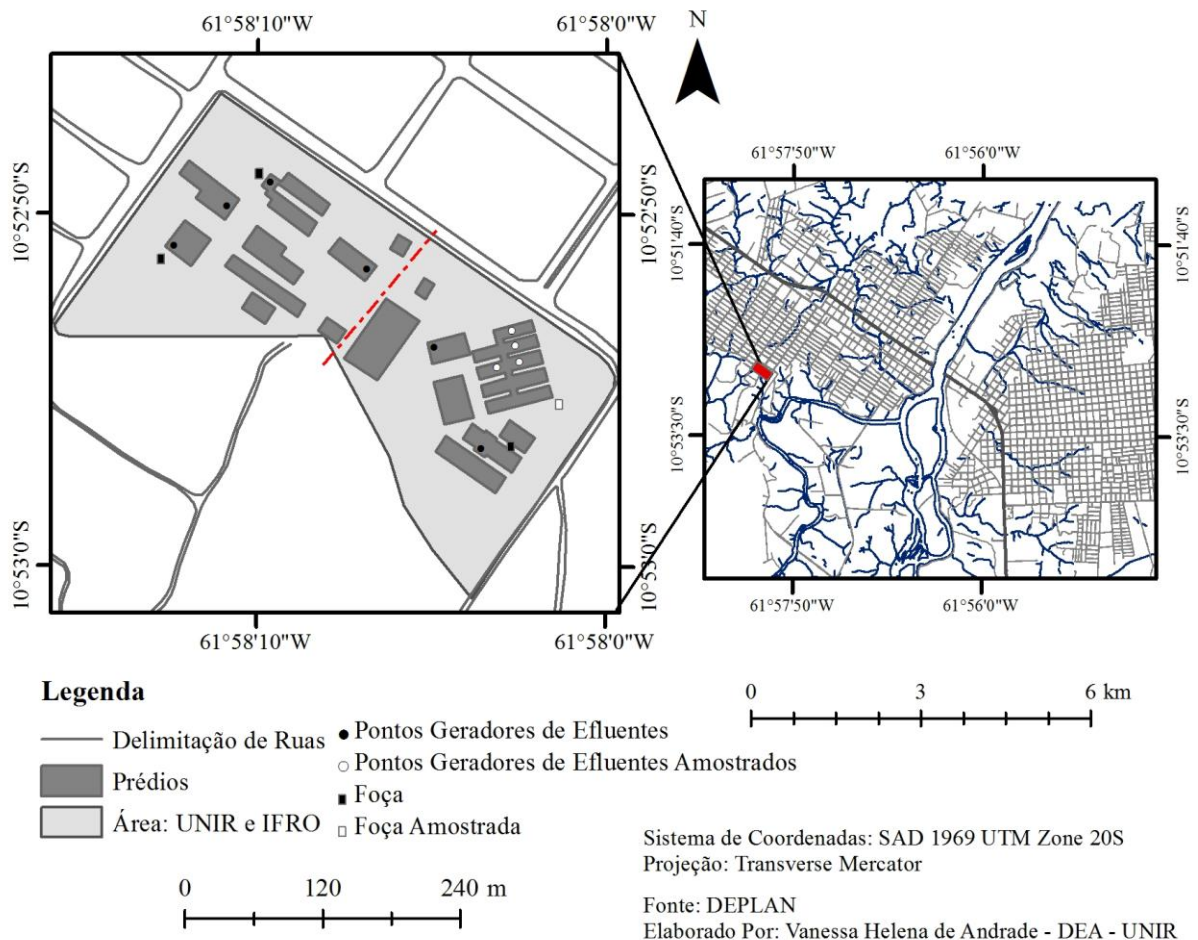
**Fonte:** Von Sperling, 1996.

Por se tratar da utilização de combinações de sistemas onde cada um apresenta sua eficiência, realizou-se os cálculos apresentado no anexo C, para a obtenção da eficiência final de cada sistema, analisando os parâmetros de DBO, N, P e coliformes fecais.

Para os dois sistemas de tratamento comparados foi feito o pré dimensionamento tendo sido calculado sua carga afluente média, volume, área e diâmetro de cada etapa, área total ocupada pelos sistemas e eficiência no tratamento. Os cálculos foram feitos segundo chernicharo (2005).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se que os resíduos líquidos gerados provém de banheiros, cantinas, laboratórios e cozinhas e são destinados a alguns conjuntos de fossas presentes nas Instituições. O *Campus* da UNIR possui dois conjuntos de fossas para efluentes do tipo doméstico, um, recebe o esgotamento de banheiros, o outro, da cantina. O *Campus* do IFRO, possui dois conjuntos para efluentes domésticos, um, para parte dos banheiros da instituição, e outro, para os demais banheiros e cantina (Figura 3). Os efluente de laboratório de ambas as Instituições são tratados e descartados separadamente dos demais, fazendo do efluente final a ser tratado no sistema ser tipicamente doméstico.



**Figura 3:** Localização dos pontos geradores de efluentes da UNIR e IFRO na cidade de Jiparaná.

A análise qualitativa do esgoto do ponto escolhido, por ser o que aparentava maior representatividade do IFRO, foi considerada não representativa. Nas duas Instituições cada

ponto não possui vazão contínua e apresentam alta variação na turbidez, não sendo possível coletar amostras representativas. Dessa forma escolheu-se o ponto que apresentava uma vazão mais contínua (Figura 3). Assim mesmo este apresentou nos momentos de coleta grande variação de vazão e turbidez do efluente de forma que era possível identificar com clareza quando era acionada a descarga de um vaso sanitário nos banheiros.

Desta forma, apresenta-se, na Tabela 15, os resultados obtidos nas análises porém atentando para a sua não representatividade e os considerando como informação não útil para a tomada de decisão.

**Tabela 15-** Resultados análises

<b>Turno</b>	<b>DBO (mg/l)</b>	<b>DQO (mg/l)</b>	<b>Fósforo (mg/l)</b>	<b>C.Totais.* (UFC/100ml)</b>	<b>Ph **</b>	<b>C. Elétr.*** (µS/cm)</b>
Manhã	0,028	25,72	26,11	1.340.000	8,848	1748
Tarde	0,016	46,83	11,20	335.000	8,694	918
Noite	0,002	1,13	3,36	230.000	7,933	139

\* Coliformes Totais; \*\* Potencial Hidrogeniônico; \*\*\* Condutividade Elétrica

As duas instituições apresentam pouca disponibilidade de área em seus *Campi* para construção de novos prédios e implantação de novos cursos. Em levantamento junto a administração das Instituições verificou-se que não há levantamento planialtimétrico e planos diretores nos *Campi* não sendo possível saber ao certo quantas ou onde serão localizadas novas construções impossibilitando assim a sugestão de localização para a ETE proposta.

A estimativa da população futura, para o IFRO, conforme seu plano de desenvolvimento institucional, pode ser feita para até o ano de 2013. Para a UNIR, em seu plano de desenvolvimento institucional, foi apresentado a pretensão para abertura de novos cursos para até o ano 2015, mas sem definição se realmente serão implantados. Neste caso utilizou-se, para ambas as instituições, a projeção para o ano de 2013 não havendo previsões para períodos posteriores. Mesmo para os períodos apresentados ainda existe grande possibilidade de variações na população estimada. A estimativa de população para as duas instituições de acordo com as informações obtidas é apresentada na Tabela 16.

**Tabela 16** - Número atual de alunos e estimativa para os anos 2012 e 2013.

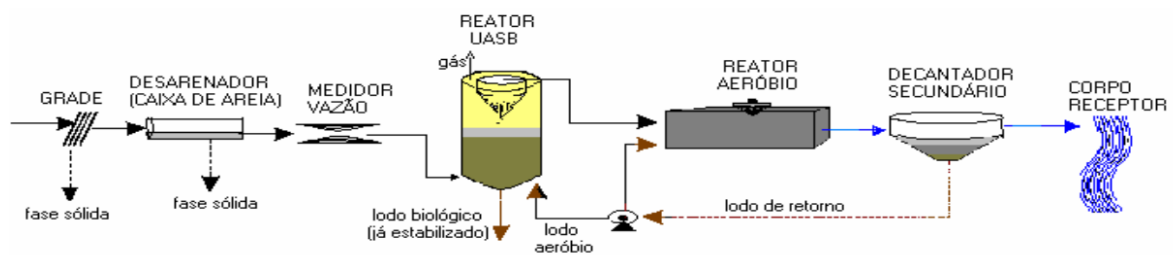
<b>ANO</b>	<b>IFRO</b>		<b>UNIR</b>		<b>TOTAL</b>
	<b>Alunos</b>	<b>Servidores</b>	<b>Alunos</b>	<b>Servidores</b>	
2011 (atual)	784	74	1020	40	1918
2012	1104	89	1090	45	2328
2013	1263	104	1178	55	2600

Para o sistema de tratamento que está sendo proposto tem-se a vantagem que este pode ser implantado por módulos, facilitando sua adaptação com instalação ou não de novos módulos, conforme variação da população futura, sem prejuízo da eficiência do tratamento..

### 3.1 ESCOLHA DAS ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO

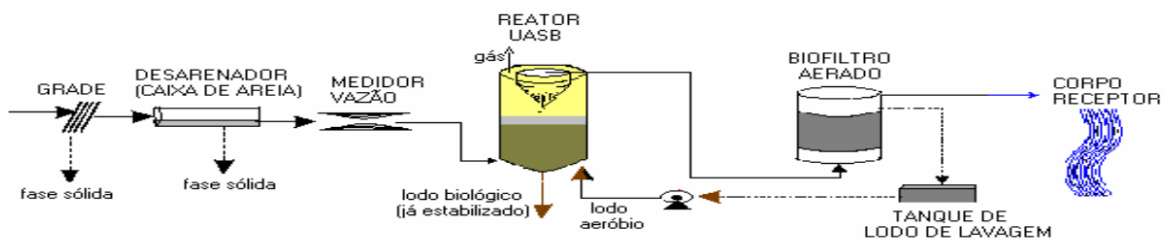
Um sistema de tratamento compacto foi sugerido, levando-se em consideração principalmente a pouca área disponível, o que delimitou o uso de vários processos ditos alternativos e simplificados, como o uso de lagoas, disposição controlada no solo e outros.

Após a análise e estudo dos sistemas de tratamento de esgoto compactos, sugere-se nesta pesquisa, os sistemas apresentados nas Figuras 4 e 5.



**Figura 4:** Reator UASB seguido de pós tratamento aeróbico com lodos ativados

**Fonte:** Von Sperling 1996



**Figura 5:** Reator UASB seguido de pós-tratamento aeróbico com biofiltros

**Fonte:** Von Sperling 1996

O critério de escolha, quanto aos sistemas acima apresentados, não elimina a escolha de outros sistemas de tratamento de esgoto, apenas sugere, do ponto de vista analisado, o sistema de tratamento compacto, considerando a análise descrita neste trabalho, que melhor se adéqua a proposta.

### 3.1.1 Estudos técnicos das alternativas de tratamento

Os parâmetros selecionados para a avaliação e comparação das tecnologias escolhidas para o estudo de caso, apresentaram os seguintes resultados:

- a) menor área ocupada pelo sistema de tratamento através de UASB + BF
- b) menor custo de implantação pelo sistema de tratamento através de UASB + BF
- c) menor potência pelo sistema de tratamento através de UASB + BF
- d) menor produção de lodo pelo sistema de tratamento através de UASB + LA

O comparativo de eficiência apresentada por cada sistema, de acordo com os cálculos apresentado no Anexo C, é apresentado na Tabela 17.

**Tabela 17** - Comparativo do parâmetro de eficiência.

Sistema de tratamento	DBO %	N%	P %	Coliformes %
UASB + Biofiltro (BF)	95,55	46,37	46,87	93,75
UASB + Lodos Ativados (LA)	98,65	43,93	27,75	93,75

Fonte: Von Sperling, 1996.

Diante dos resultados comparativos opta-se então pela combinação de reator UASB seguido de pós tratamento com biofiltro (UASB + BF).

### 3.1.2 Pré dimensionamento do reator USAB + biofiltro (cálculo de volume e área)

No anexo A, apresenta-se o memorial de cálculo com o pré-dimensionamento de volumes e de áreas ocupadas para o sistema escolhido. A Tabela 18 apresenta os resultados para área ocupada pelo sistema.

**Tabela 18** - Área ocupada para o sistema proposto

Sistema de tratamento	Área=(m <sup>2</sup> /hab)
UASB	9,64
Biofiltro (BF)	7,8
<b>Total</b>	<b>17,44</b>



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após pesquisas realizadas na literatura, e levantamento de dados em campo, verificou-se a possibilidade para o estudo de caso deste trabalho, a oportunidade de aplicar, como sistema de tratamento de esgotos, uma das tecnologias mais elogiadas nas variáveis baixos custos operacionais, pequena área ocupada e possibilidade de adaptações as necessidades locais, que é o reator anaeróbio de manta de lodo conhecido como UASB seguido de pós tratamento.

As questões relacionadas ao meio ambiente é uma das principais discutidas nos cenários nacionais e internacionais, em especial, aquelas relacionadas ao tratamento de esgotos e utilização racional da água. Espera-se que a elaboração e implantação do projeto proposto, com flexibilidade para o aprofundamento dos estudos e, inclusive, novas sugestões e alterações, possibilite contribuir com a necessidade de se sair da teoria e colocar em prática algo reconhecidamente importante para a sociedade.

Os estudos aqui realizados apresentam resultados preliminares para subsídio de um projeto, sendo que a sua elaboração dependerá de uma série de fatores que deverão ser considerados pelas duas instituições em conjunto.

Estes fatores exigirão decisões que deverão levar em consideração a existencia dos cursos das duas instiuições que farão uso relizando pesquisas e manutenção do sistema de tratamento proposto. O curso de Engenharia Ambiental da UNIR tem especial papel na participação de tal proposta já que está diretamente relacionado com o tema e é naturalmente o principal responsável para que a proposta seja viável. Os cursos de Técnico e Licenciatura em química do IFRO também poderiam desenvolver ou auxiliar nas pesquisas, em especial, à exemplo, no sistema de tratamento ou reaproveitamento do biogás gerado no sistema.

Os dois *campi* envolvidos ainda precisam esbelecer planejamento sólido no que diz respeito as construções de futuros prédios. A ausência de definição neste planejamento aliada ao desconhecimento do que de fato será implantado nos *campi* em termos de futuros cursos

impossibilita que uma proposta com mais riqueza de detalhes, a exemplo, projeto de rede coletora e localização da ETE, seja feita.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 1264: Armazenamento de resíduos classes II – não inertes e III – inertes. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12614: Águas - Determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) - Método de incubação (20°C, cinco dias). Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ANTUNES, R.; MANO, A. P. Odores em estações de tratamento de águas residuais. In: Congresso da Água, Água - Qualidade de toda a Vida, 7., 2004, Lisboa. Anais... Lisboa: Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH), 2004.

BASSANI, Fabricio (2005), 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 de mestrado, Passos Fundos: Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo.

BRISCOE, J., FEACHEM, R.G., RAHAMAN, M.M. Measuring the impact of water supply and sanitation facilities on diarrhea morbidity; prospects for case control methods. Geneva: WHO, 1985.

BUARQUE, Cristovam. A aventura da universidade. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista; Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1994.

CAMPOS, J.R. Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/prosab/produtos.htm>>. Acesso em: 10 agosto 2009.

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

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. Trata Brasil: Saneamento e Saúde. Rio de Janeiro: FGV/IBRE, CPS, 2007.

HELLER, Léo, Saneamento e Saúde, Brasília: OPAS/OMS Representação Brasil, 1997.

HELLER, Léo (1998), Relação entre saúde e saneamento na perspectiva do desenvolvimento, *in* Ciência & Saúde Coletiva, 3(2):73-84, 1998.

KRONEMBERGER, D. M. P.; Clevelário Júnior, J. Análise dos impactos na saúde e no sistema único de saúde decorrentes de agravos relacionados ao esgotamento sanitário inadequado nos municípios brasileiros com mais de 300.000 habitantes. Disponível em: <[http://www.tratabrasil.org.br/novo\\_site/?id=12270](http://www.tratabrasil.org.br/novo_site/?id=12270)>. Acesso em: 21 setembro 2011.

MACHADO, Adriana (2002), “Pesquisa Capixaba é Premiada”. Revista CREA-ES TÓPICOS, Julho/setembro, 11.

NUVOLARI, A. Esgoto Sanitário Coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. São Paulo. Editora Edgard Blücher Ltda, 2003.

PIVELI, R. P. Tratamento de esgoto sanitário. São Paulo, 1996.

SILVA , M.B. Influência do tipo de meio suporte no desempenho de biofiltros aplicados à remoção de h<sub>2</sub>s do ar atmosférico em sistemas de esgoto sanitário. Vitória, 2008.

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.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2007. Brasília: MCIDADES.SNSA, 2009.

UNICEF; WHO. Diarrhoea: why children are still dying and what can be done. New York: Unicef, Geneva: WHO, 2009. 58 p.

VON SPERLING, M. Introdução á qualidade das águas e ao tratamento de esgoto. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

WHO – World Health Organization. Global Health Risks: mortality and burden of disease attributable to select major risks. Geneva: WHO, 2009. 62 p.

## **APÊNDICE A - Memoria de Cálculo**

**Pré-dimensionamento: Cálculo de área do sistema de tratamento de anaeróbio de esgoto  
com reator UASB seguido de Pós tratamento com biofiltro**

## REATOR UASB

### Dados do cálculo:

$P = 2600$  habitantes (População estimada para o ano 2013)

$Q = 50\text{l/hab.dia}$  (Vazão para escolas segundo NBR 13969/1997)

$Q \text{ méd.} = 130 \text{ m}^3/\text{dia}$  (Vazão Média diária sendo  $Q \text{ méd} = P \times Q$ )

$\text{DBO}_5 = 300 \text{ mg/l}$  (contribuição típica segundo Von Sperling, 1996)

$\text{DQO} = 600 \text{ mg/l}$  (contribuição típica segundo Von Sperling, 1996)

### 1 Cálculo da carga afluyente média de DQO ( $L_0$ )

$L_0 = \text{DQO} \times Q \text{ méd.}$

$L_0 = 0,3 \text{ kg/m}^3/\text{dia} * 130 \text{ m}^3/\text{dia}$

$L_0 = 39 \text{ kg/dia DQO}$

### 2 Adoção do tempo detenção hidráulica (TDH)

$\text{TDH} = 8 \text{ horas}$  (Segundo Chernicharo, 2005)

### 3 Volume do reator (V)

$V = Q \text{ méd.} \times \text{TDH}$

$V = 5,42 \text{ m}^3/\text{h} \times 8\text{h}$

$V = 43,36 \text{ m}^3$

### 4 Adoção da altura do reator (H)

$H = 4,5 \text{ m}$  (Segundo Chernicharo, 2005)

### 5 Área do Reator (A)

$A = V/H$

$A = 43,36\text{m}^3 / 4,5\text{m}$

$A = 9,64 \text{ m}^2$

### 6 Diâmetro do reator (D)

$D = \text{RAIZ} ((4 \times A) / \text{PI})$

$D = 3,5 \text{ m}$

## BIOFILTRO

### Dados do cálculo:

$P = 2600$  habitantes (População estimada para o ano 2013)

$Q$  méd. =  $130 \text{ m}^3/\text{dia}$  (Vazão Média diária sendo  $Q$  méd =  $P \times Q$ )

Eficiência em remoção de DBO esperada para o reator UASB = 70%

DBO efluente do reator UASB:  $S_e \text{ UASB} = 90 \text{ mg/l} = 0,09 \text{ kg/ m}^3$

### 1 Carga orgânica volumétrica adotada ( $C_v$ )

$C_v = 0,60 \text{ KgDBO/m}^3 \cdot \text{dia}$  (Segundo Chernicharo, 2005)

### 2 Cálculo do volume estimado (V)

$$V = (Q \text{ méd} \times S_e \text{ UASB})/C_v$$

$$V = (130 \text{ m}^3/\text{d} \times 0,09 \text{ KgDBO/m}^3)/0,60 \text{ KgDBO/m}^3 \cdot \text{d}$$

$$V = 19,5 \text{ m}^3$$

### 3 Altura do biofiltro (H)

$H = 2,5 \text{ m}$  (Segundo Chernicharo, 2005)

### 4 Cálculo da área estimada (A)

$$A = 19,5 \text{ m}^3 / 2,5 \text{ m}$$

$$A = 7,8 \text{ m}^2$$

### 5 Verificação da taxa de aplicação hidráulica superficial no Biofiltro ( $q_s$ )

$$q_s = Q \text{ méd}/A$$

$$q_s = 130 \text{ m}^3/\text{dia} / 7,8 \text{ m}^2$$

$$q_s = 16,67 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$$

A taxa de aplicação ficou entre os valores  $15$  e  $18 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$  recomendados por Chernicharo (2005).

### 6 Diâmetro do biofiltro (D)

$$D = \text{RAIZ} ((4 \cdot A) / \text{PI})$$

$$D = 3,15 \text{ m}$$



**APÊNDICE B – Cálculo estimativo para unificação parâmetros processos**

1. Cálculo estimativo para unificação dos parâmetros de eficiência resultantes da combinação de sistemas propostos segundo Bassani (2003):

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 %