



FLÁVIA MARIA FERRONI RIBEIRO DIAS

**PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO
DE ESGOTO PELO MÉTODO DE LAGOA DE AERAÇÃO PARA A
CIDADE DE CAMBUQUIRA/MG**

**INCONFIDENTES-MG
2010**

FLÁVIA MARIA FERRONI RIBEIRO DIAS

**PROPOSIÇÃO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PARA
A CIDADE DE CAMBUQUIRA/MG PELO MÉTODO DE LAGOAS DE
AERAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como pré-requisito do curso de Graduação Tecnológica em Gestão Ambiental no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Inconfidentes, para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Orientadora: Prof^ª D. Sc. Kátia Regina de Carvalho Balieiro.

**INCONFIDENTES-MG
2010**

FLÁVIA MARIA FERRONI RIBEIRO DIAS

**PROPOSIÇÃO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PARA
A CIDADE DE CAMBUQUIRA/MG PELO MÉTODO DE LAGOAS DE
AERAÇÃO**

Data de aprovação: 08 de junho de 2010

**Orientadora: Prof^a D. Sc. Kátia Regina de Carvalho Balieiro
IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes**

**Prof. M. Sc. Luiz Flávio Reis Fernandes
IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes**

**Carlos Alexandre de Lima Fiorillo
IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes**

*A meu Avô (em memória)
que onde quer que esteja, ora por mim;
a meus pais Elizabeth e Heumar,
meu namorado Marco, que sempre incentivaram
e apoiaram meus estudos, com muito
amor e carinho*

Dedico este trabalho

Agradecimentos

A Deus, pelos obstáculos e pelas dádivas que me tornaram o que sou.

A orientadora, Prof^a. Kátia Regina de Carvalho Balieiro, por todo o apoio e paciência no decorrer desses dias tão conturbados e confusos, o meu obrigado, pela orientação, amizade e apoio prestado para a realização deste trabalho, pelas sábias palavras, conversas, atenção dedicada.

Ao Co-orientador Luis Flávio pela atenção e grande ajuda, quando se tratava dos cálculos, obrigada pela paciência prestada.

Ao Carlos Alexandre, que aceitou fazer parte da banca, mesmo com seus afazeres, e trouxe a confiança que eu precisava na defesa, com seu carinho, atenção, responsabilidade e acima de tudo amizade, meu muito obrigado.

A minha família em geral, pela torcida, pelo apoio, carinho e pelas horas de ausência que souberam suportar. Especialmente aos meus pais que me deram à vida e todos os ensinamentos básicos, fundamentais na formação do ser humano digno, justo e fraterno. Por sempre disporem de uma palavra de conforto e por serem os torcedores mais fieis. Pai e mãe obrigada por tudo.

Aos eternos colegas companheiros do dia-a-dia; Karen, com palavras de conforto, com ombro amigo, com sorriso no rosto, com vontade de vencer; Heliakim e Cássio, afinal são mais de quatro anos de convivência me agüentando; Cezaro que fica me "enchendo" na sala de aula, como me esquecer da Cynthia e do Lucas, nos aproximamos já no fim do curso, que perca de tempo heim? Mais que tudo seja eterno enquanto dure a vocês com os quais convivi diretamente ou indiretamente durante o curso meu eterno agradecimento por tudo.

Ao meu namorado que me acompanhou em todas as etapas deste trabalho, pela atenção, compreensão, incentivo, auxílio, que esteve ao meu lado em todos os momentos. Marco muito obrigada!

Enfim a todas aquelas pessoas que, mesmo não mencionadas, de uma forma ou outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

Agradeço!

“Levantem os olhos sobre o mundo e vejam o que está acontecendo a nossa volta, para que amanhã não sejamos acusados de omissão se o homem num futuro próximo, solitário e nostálgico de poesia, encontrar-se no meio de um parque formado com grama plástica, ouvindo cantar um sabiá eletrônico, pousando no galho de uma árvore de cimento armado”.

(Manuel Pedro Pimento)

“Quando você quer alguma coisa, todo o universo conspira para que você realize o seu desejo [...] Os dois testes mais duros no caminho espiritual são a paciência para esperar o momento certo e a coragem de não nos decepcionar com o que encontramos”.

(Paulo Coelho)

RESUMO

Os esgotos sanitários e/ou doméstico são as principais fontes de contaminação dos corpos d' água e do solo, o volume lançado constitui expressiva carga de organismos patogênicos que são transmitidos ao homem através de ingestão direta de água não tratada, ingestão de alimentos contaminados ou pela infecção resultante do contato da pele com água ou solos contaminados. Este trabalho propõe uma Estação de Tratamento de Esgotos domésticos para a cidade de Cambuquira/MG, onde o esgoto *in natura* é lançado no Córrego do Barnabé. O tratamento de efluentes doméstico proposto será pelo processo de Lagoa de Aeração que é a um dos métodos mais eficientes na remediação de resíduos em solução. O esgoto bruto chega à Estação através de emissário subterrâneo e é submetido a um gradeamento inicial para a separação dos detritos maiores. O afluente que chega à lagoa e é submetido à agitação mecânica realizada por aeradores. Esses equipamentos movimentam a água promovendo a oxigenação da mistura, eliminando gases indesejáveis e acelerando o processo de decomposição da matéria orgânica. O sistema consta ainda de uma lagoa de sedimentação onde o esgoto permanece por um período para que as partículas sólidas ainda presentes na mistura se depositem no fundo da Lagoa. Posteriormente o lodo será retirado e após higienização poderá ser empregado tanto para adubo como destinado a aterro sanitário.

Palavras-chave: Esgoto doméstico, tratamento de esgoto, lagoas aeradas.

ABSTRACT

The sanitary sewers and/or domestic are the main sources of contamination of the bodies d' water and of the ground, the launched volume constitutes expressive load of pathogenic organisms that are transmitted to the man through direct water ingestion not treated, ingestion of contaminated foods or for the resultant infection of the contact of the skin with contaminated water or ground. This work considers a Station of Treatment of domestic Sewers for the city of Cambuquira/MG, where the sewer *in nature* is launched in the Stream of the Barnabé. The effluent treatment of domestic servant considered will be for the process of Lagoon of Aeration that is to one of the methods most efficient in the remediation of residues in solution. The rude sewer arrives at the Station through underground emissary and is submitted to an initial gradeamento for the separation of the debris biggest. The tributary that arrives at the lagoon and is submitted to the agitation mechanics carried through for aerators. This equipment puts into motion the water promoting the oxygenation of the mixture, eliminating gases undesirable and speeding up the process of decomposition of the organic substance. The system still consists of a sedimentation lagoon where the sewer remains for a period so that the solid particles still gifts in the mixture if deposit in the deep one of the Lagoon. Later the silt will be removed and after hygienic cleaning could be used in such a way for seasoning as destined I fill with earth it bathroom.

Word-key: Domestic sewer, treatment of sewer, lagoons aerates.

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo Geral.....	3
2.2. Objetivos Específicos	3
3. REFERENCIAL TEÓRICO	4
3.1 Esgoto doméstico	4
3.2 Esgoto sanitário e Meio Ambiente	5
3.3 Esgotos sanitários e Saúde pública	6
3.4 Outros parâmetros analisados em esgotos	7
3.4.1 Matéria orgânica	7
3.4.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio	8
3.4.3 Substâncias odoríferas e outras substâncias	8
3.5 Constituintes da Infra-estrutura de Esgotamentos Sanitários	9
3.6 Níveis de tratamento de esgoto sanitário	9
3.7 Classificação dos métodos de tratamento	10
3.8 Classificação dos tipos de tratamento	11
3.8.1 Fossas Sépticas.....	11
3.8.2 Sumidouros	11
3.8.3 Filtros Biológicos	11
3.8.4 Tratamentos por Lodos Ativados	11
3.8.5 Lagoas de Estabilização	11
3.8.5.1 Lagoas Anaeróbias	12
3.8.5.2 Lagoas Aeróbias	12
3.8.5.3 Lagoas Facultativas	12
3.8.5.4 Lagoas Mecanizadas Aeradas	12
3.9 Parâmetros empregados para dimensionamento do Sistema de tratamento por Lagoa Aerada visando eficiência do projeto	14
3.11 Requisitos energéticos na Lagoa Aerada	16
3.12 Dimensionamento da lagoa de decantação	17
3.13. Tratamentos do lodo da ETE	17
4. MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1 Características do Município de Cambuquira/MG	19
4.2 Características Demográficas	20
4.3 Caracterização da área escolhida para ETE.....	20
4.4 Caracterização do projeto e requisitos de área.....	21
4.5 Memorial de cálculos	22
4.5.1 Dimensionamento da área de gradeamento	22
4.5.2 Dimensionamento da lagoa aerada.....	22
4.5.3 Cálculo dos requisitos energéticos para a Lagoa Aerada	23
4.5.4 Cálculo dos Requisitos de área para a Lagoa de Decantação	23
4.6 Parâmetros de projeto.....	24
4.7 Características Analisadas	24
5. RESULTADOS ESPERADOS	26
5.1 Unidades de tratamento	26
5.2 Dados de projeto	29

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso necessário a todos os aspectos da vida e ao desenvolvimento das atividades humanas, embora exista cobrindo 71% da superfície terrestre (Mota, 1997), é escassa em muitas áreas, devido a sua má distribuição e às perdas, bem a degradação por atividades antrópicas. De acordo com o Banco Mundial, cerca de 80 países enfrentam problemas de abastecimento hídrico e cerca de 1,5 bilhões de pessoas não têm acesso a fontes de água de qualidade (Pimenta et al., 2002).

O mesmo autor relata que as diversas utilizações da água resultam, em média, 80% em esgotos, seja ele de origem doméstica, hospitalar, industrial ou outros. O esgoto doméstico ou efluente sanitário contém cerca de 99,9% de água e 0,1% de sólidos orgânicos e inorgânicos (Mendonça, 1990). Neste, é comum a presença de microorganismos patogênicos, responsáveis por algumas doenças de veiculação hídrica.

O crescimento das demandas da sociedade por melhores condições de vida tem exigido das empresas públicas e privadas a definição de políticas ambientais mais arrojadas, que priorizem o tratamento de efluentes, visto que grandes volumes de esgotos coletados são despejados sem tratamento nos rios e mares que servem de corpos receptores. Em consequência, a poluição das águas é bastante elevada, dificultando e encarecendo cada vez mais a própria captação de água para o abastecimento da população.

Os efluentes sanitários precisam ser coletados, tratados antes de serem devolvidos ao corpo hídrico. De forma geral, não existe um sistema de tratamento padrão para ser utilizado. Vários fatores irão influenciar na escolha das opções tecnológicas, tais como, disponibilidade de área, qualidade desejada para o efluente tratado, da legislação referente ao local, entre outros. O tratamento biológico de efluentes embasa em um processo que ocorre na natureza, o qual recebeu globalmente a denominação de autodepuração ou estabilização. Basicamente o princípio do tratamento apóia-se na atividade de bactérias e microrganismos

que oxidam a matéria orgânica. O sistema de lagoas de estabilização e lagoas aeradas são exemplos de tratamento biológico de efluentes.

A implantação de uma estação de tratamento para a cidade de Cambuquira/MG vem da necessidade de melhorias nas questões relacionadas ao saneamento por se tratar de uma estância hidromineral. A cidade é caracterizada pela inexistência de mecanismos formais de abastecimento hídrico, ausência do esgotamento sanitário e inexistência de disposição final adequada de resíduos sólidos. Dessa forma este estudo se justifica pela importância da implantação da Estação de Tratamento de Esgoto, tendo como objetivo a remoção dos principais poluentes presentes nas águas residuárias, retornando-as ao Córrego do Barnabé sem alteração de sua qualidade.

O investimento no tratamento de efluentes pode significar um grande salto para o desenvolvimento em termos da dotação da infra-estrutura requerida para proteger o meio ambiente e melhorar a qualidade de vida da população, assim como propiciar novas oportunidades de negócios. Assim, a coleta, o tratamento e a disposição ambientalmente adequada dos resíduos de uma Estação de Tratamento de Efluentes são fundamentais para a melhoria do quadro de saúde da população e pré-requisito para busca da sustentabilidade das atividades antrópicas.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo principal apresentar um sistema de tratamento de esgotos domésticos para a cidade de Cambuquira/MG.

2.2 Objetivos Específicos

- 2.2.1 Propor um sistema de tratamento, que dentre os sistemas de lagoas, demande menor área;
- 2.2.2 Escolher tratamento que não emane fortes odores ao seu redor;
- 2.2.3 Implantar sistema eficiente que atenda a necessidade da cidade;
- 2.2.4 Reduzir a degradação do Córrego do Barnabé, onde o esgoto sem tratamento é lançado atualmente; por meio da remoção dos principais poluentes presentes nas águas residuárias.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Esgoto doméstico

Os esgotos oriundos de uma cidade e que contribuem à estação de tratamento de esgotos (ETE) são basicamente originados de três fontes distintas: esgoto doméstico (incluindo residências, instituições e comércio), água de infiltração (chuva) e despejos industriais. Segundo Von Sperling (1996) os esgotos domésticos contêm aproximadamente 99,99% de água e 0,1% de sólidos, sendo essa última fração composta de sólidos orgânicos como proteínas, carboidratos e lipídeos; sólidos inorgânicos como amônia, nitrato, ortofosfatos; microrganismos com bactérias, fungos, protozoários, vírus e helmintos etc (Figura 1).

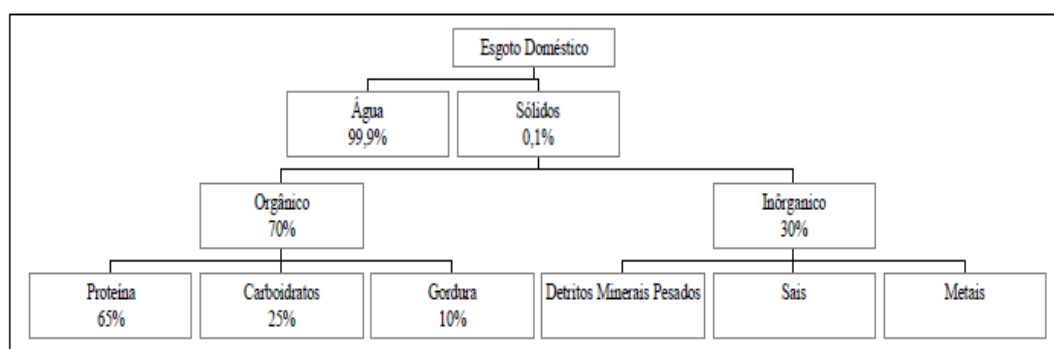


FIGURA 1. Composição percentual de substâncias presentes nos esgotos domésticos. Fonte: Mendonça (1990).

O esgoto doméstico pode ser tratado com relativa facilidade antes de ser lançado no ambiente. Infelizmente, tratamento de esgoto nunca foi prioridade para o poder público e para a população em geral, o que resulta em baixos índices de coleta e tratamento no Brasil.

Conforme a fonte geradora Jordão & Pessôa (1995), descreveram que os esgotos podem ser classificados em: Esgotos domésticos são predominantemente constituídos de despejos domésticos. Basicamente, são compostos por urina, fezes, restos de comida, papel, sabão, detergente, água de banho e de lavagem em geral; e Esgotos industriais, com características extremamente variáveis de acordo com sua origem, portanto, este tipo de esgoto necessita de estudos e tratamento específicos.

3.2 Esgoto sanitário e Meio Ambiente

O lançamento *in natura* de esgoto nos recursos hídricos provoca muitos problemas, resultando em impactos negativos de cunho econômico, ambiental e social. Os potenciais impactos ambientais estão relacionados à presença de sólidos suspensos, matéria orgânica, substâncias químicas, metais pesados e microorganismos, acarretando alterações das características da água quando o manancial recebe cargas de esgoto.

Segundo Jordão & Pessôa (1995), os nutrientes presentes nos esgotos podem ser responsabilizados pelos impactos negativos aos corpos hídricos receptores e os principais são:

- a) Proteínas - Compostas de nitrogênio, carbono, hidrogênio, oxigênio, e podem conter fósforo, enxofre e ferro. São basicamente de origem animal, mas ocorrem em vegetais também. O enxofre fornecido pelas proteínas é responsável pela produção do gás sulfídrico presente nos despejos;
- b) Carboidratos - Contêm carbono, hidrogênio e oxigênio, e são as primeiras substâncias a serem atacadas pelas bactérias. Estão presentes principalmente nos açúcares, amido, celulose, etc. A ação bacteriana nos carboidratos produz ácidos orgânicos, que geram um aumento na acidez do esgoto;
- c) Gorduras e óleos - Também designados como matéria graxa, às gorduras e os óleos se encontram presentes nos despejos domésticos e sua origem, em geral, se dá pelo uso de manteiga, óleos vegetais, carnes, etc. Além disso, podem estar presentes nos despejos produtos não tão comuns, como querosene, óleos lubrificantes e afins provenientes de garagens. São indesejáveis em um sistema de tratamento de esgotos, pois formam uma camada de espuma e podem vir a entupir os filtros, além de prejudicar a vida biológica.

Como os esgotos contêm nitrogênio (N) e fósforo (P), presentes nas fezes e urina, nos restos de alimentos, nos detergentes e outros subprodutos das atividades humanas, sua contribuição de N e P é bem superior à contribuição originada pela drenagem urbana (Von Sperling, 1996).

Assim o despejo dos efluentes domésticos eleva aporte de N e P ao lago ou represa (Eutrofização), trazendo, em decorrência, uma elevação nas populações de algas e outras plantas (floração). Dependendo da capacidade de assimilação do corpo d'água a população de algas poderá atingir valores bastante elevados, trazendo uma série de problemas. Em um período de elevada insolação (energia luminosa para a fotossíntese), por exemplo, as algas poderão atingir superpopulações, constituindo uma camada superficial, similar a um caldo verde (Von Sperling, 1996). Esta camada superficial impede a penetração da energia luminosa nas camadas inferiores do corpo d'água, causando a morte das algas situadas nestas regiões. A morte destas algas traz, em si, uma série de outros problemas, dentre eles a formação de bancos de lodo no corpo receptor.

Na tabela 1, são relacionados os impactos e as principais consequências no meio ambiente provocado por alguns fatores relacionados com o esgoto.

TABELA 1. Fatores impactantes do efluente e as consequências no meio ambiente

Aspecto em foco	Conseqüências
Sólidos suspensos e dissolvidos	<ul style="list-style-type: none"> •Diminuição da vazão do rio e de volumes de armazenamento (assoreamento); •Soterramento de animais e ovos de peixes. <p>Aumento da turbidez da água, redução da transparência da água, diminuição da taxa fotossintética, redução do oxigênio dissolvido, impactos sobre a vida aquática;</p>
Nutrientes	<ul style="list-style-type: none"> •Eutrofização da água; •Proliferação de algas e de vegetação aquática;
Presença de microorganismos patogênicos	<ul style="list-style-type: none"> •Prejuízos a recreação e navegação. •Transmissão de doenças ao homem.
Mudanças no Ph	<ul style="list-style-type: none"> •Efeitos sobre a fauna e flora.
Compostos tóxicos	<ul style="list-style-type: none"> •Danos a saúde humana; •Danos a vida aquática.
Corantes	<ul style="list-style-type: none"> •Danos a vida aquática; •Prejuízos aos usos.
Substâncias tenso-ativas	<ul style="list-style-type: none"> •Danos a fauna; •Geração de espumas.
Substâncias radioativas	<ul style="list-style-type: none"> •Danos a saúde humana e animal.

Fonte: Mota (1997).

3.3 Esgotos sanitários e Saúde pública

O conjunto de transformações produzidas pelo desenvolvimento do conhecimento nas áreas médicas e avanços nas infra-estruturas de saneamento, principalmente a partir do século XX, tiveram como conseqüências melhorias nas condições de saúde das populações em geral. Em todo o planeta, houve aumento da expectativa de vida para 65 anos,

em média e as taxas de mortalidade de crianças com idade inferior a cinco anos diminuíram (Philippi Jr & Malheiros, 2005).

Todavia essas mudanças nos padrões de consumo, principalmente na segunda metade do século XX aumentaram a demanda por recursos naturais, incluindo a água, cujo consumo no período de 1900 a 1995 aumentou seis vezes (Wright, 2000). A geração de resíduos sólidos e líquidos seguiu a mesma tendência crescente com o desenvolvimento tecnológico, além do aumento quantitativo, também foram se alterando as características físicas e químicas desses resíduos, representando aumento do potencial de poluição e contaminação de recursos naturais (Philippi Jr & Malheiros, 2005).

A contaminação das águas naturais por esgotos domésticos representa um dos principais riscos à saúde pública, sendo amplamente conhecidas às estreitas relações entre a qualidade de água e inúmeras enfermidades que acometem as populações, especialmente aquelas não atendidas por serviços de saneamento (Libânio et al., 2005).

No atual estágio do conhecimento científico, torna-se redundante reafirmar o papel dos esgotos sanitários na transmissão de diversos organismos patogênicos (bactérias, vírus, fungos, protozoários e helmintos) aos seres humanos, via contaminação das fontes de abastecimentos de água para o consumo, contaminação de águas utilizadas para recreação, e contaminação da água de irrigação etc (Gonçalves & Ludovice, 2000).

A poluição dos recursos hídricos pelo lançamento de esgotos domésticos representa impactos à saúde e, portanto, aumenta a demanda por serviços na área de saúde pública; com elevados custos, inclusive para subsidiarem a melhoria nos sistemas de tratamento de água.

3.4 Outros parâmetros analisados em esgotos

Além das substâncias descritas, outras são relacionadas abaixo, como importantes indicadores de contaminação ambiental, embora possam fazer parte delas os nutrientes já mencionados.

3.4.1 Matéria orgânica

Conforme Jordão & Pessoa (1995) em média 70% dos sólidos no esgoto são de origem orgânica. Estes compostos são constituídos principalmente por proteínas, carboidratos, gordura e óleos, e em menor parte, por uréia, surfactantes, fenóis, pesticidas (típicos de

despejos industriais) etc. Von Sperling (1996) ainda divide o material orgânico seguindo o critério de biodegradabilidade, classificando-os em inerte ou biodegradável.

3.4.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio

Netto (1997) definiu DBO como a medida de quantidade de matéria orgânica oxidável por ação de bactérias. Macintyre (1996) caracterizou a DBO como avides de oxigênio para atender ao metabolismo das bactérias e a transformação da matéria orgânica.

3.4.3 Substâncias odoríferas e outras substâncias

Segundo Carvalho (2001) as instalações de tratamento de esgotos sanitários podem gerar odores em função dos processos adotados e das condições operacionais empregadas. Por conseqüência, estas instalações tornam-se indesejáveis às suas vizinhanças, justificando a gestão das emissões odorantes, seja na adoção de medidas de prevenção na sua produção, ou na ação de tratamento dos gases. Os maus odores são provenientes de uma mistura complexa de moléculas com enxofre (H_2S), nitrogenadas (NH_3 e amins), fenóis, aldeídos, alcoóis, ácidos orgânicos etc (conforme Tabela 2). Nas estações de tratamento de efluentes líquidos estes compostos estão presentes em diversos níveis operacionais.

TABELA 2. Características dos principais compostos odorantes em estações de esgoto doméstico

Classe de composto	Composto	Peso molecular (g)	Fórmula química	Característica dos odores	Limite olfativo (mg/N m ³ ar)
Enxofre	Acido Sulfídrico	34,1	H_2S	Ovo podre	0,0001 a 0,03
	Metilmercaptana	48,1	CH_3SH	Repolho, alho	0,0005 a 0,08
	Etilmercaptana	62,1	C_2H_5SH	Repolho deteriorado	0,0001 a 0,03
	Dimetilsulfeto	62,13	$(CH_3)_2S$	Legumes	0,0025 a 0,65
	Dietilsulfeto	90,2	$(C_2H_5)_2S$	deteriorados	0,0045 a 0,31
	Dimetildissulfeto	94,2	$(CH_3)_2S_2$	Etéreo Pútrico	0,003 a 0,0014
Nitrogênio	Amônia	17	NH_3	Picante e irritante	0,5 a 37
	Metilamina	31,05	CH_3NH_2	Peixe em decomposição	0,0021
	Etilamina	45,08	$C_2H_5NH_2$		0,05 a 0,83
	Dimetilamina	45,08	$(CH_3)_2NH$	Picante, amoniacal	0,047 a 0,16
	Indol	117,5	C_8H_7NH	Peixe deteriorado	0,0006
	Escatol	131,5	C_9H_7NH	Fecal, nauseante	0,0008 a 0,10
	Cadaverina	102,18	$NH_2(CH_2)_5NH_2$	Fecal, nauseante Carne em decomposição	-
Ácidos	Acético	60,05	CH_3COOH	Vinagre	0,025 a 6,5
	Butírico	88,1	C_3H_7COOH	Manteiga	0,0004 a 3
	Valérico	102,13	C_4H_9COOH	Suor	0,0008 a 1,3
Aldeídos e Cetonas	Formaldeído	30,03	$HCHO$	Ocre, sufocante	0,033 a 1,12
	Acetaldeído	44,05	CH_3CHO	maçã	0,04 a 1,8
	Butiraldeído	72,1	C_3H_7CHO	Ranço	0,013 a 15
	Isovaleraldeído	86,13	$(CH_3)_2CHCH_2C$	Fruta, maçã	0,072
	Acetona	58,08	$HOCH_3COCH_3$	Fruta doce	1,1 a 240
Alcoóis e Fenóis	Etanol	46	CH_3CH_2OH	-	0,2
	Butanol	74	$C_3H_7CH_2OH$	-	0,006 a 0,13
	Fenol	94	C_6H_5OH	-	0,0002 a 0,004
	Cresol	108	$C_6H_4CH_3OH$	-	0,00001

Fonte: Carvalho (2001).

3.5 Constituintes da Infra-estrutura de Esgotamentos Sanitários

O sistema de esgotamento sanitário constitui-se de um conjunto de tubulações no subsolo por onde o esgoto escoar até o seu destino final. O destino ideal é uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE). Segundo Von Sperling (1996) as principais unidades componentes de um sistema de esgotamento sanitário são:

- Rede Coletora: tubulações que recebem os esgotos gerados nas residências, estabelecimentos comerciais e industriais, etc. É implantada sob a via pública ou passeios, sendo dotada de poços de visita, para inspeção e introdução de equipamentos de limpeza. Há predominância na utilização de tubulações de 150 mm.
- Interceptores: São tubulações implantadas ao longo dos cursos d'água que têm as funções de receber os esgotos coletados pelas redes coletoras das residências e conduzi-los ao emissário ou diretamente às estações de tratamento. São assim denominados por interceptar ou impedir que os efluentes das redes coletoras sejam lançados nos rios ou córregos se tratamento.
- Emissário: tubulação que conduz os esgotos dos interceptores à ETE.
- Elevatórias de Esgoto: são estações de recalque concebidas para bombear os esgotos de uma cota inferior para pontos mais elevados. Faz-se necessário implantá-las nos bairros situados em cota mais baixa, com a finalidade de conduzir os esgotos para a ETE.
- ETE: destina-se à depuração dos esgotos produzidos na cidade. O tratamento do esgoto consiste em um conjunto de operações que transformam o esgoto novamente em água de qualidade que pode ser reusada ou lançada no meio ambiente sem causar alterações no corpo receptor.
- Emissário Final: canalização que conduz os efluentes da ETE, já despoluídos, ao corpo receptor, que pode ser córrego, rio, lago, etc.

Existem distintos sistemas de tratamento em funcionamento na atualidade, a opção por determinado sistema pode estar em função dos seguintes fatores: tamanho da população, condições climáticas da região, área disponível para a estação, grau de poluição dos esgotos, porte do corpo receptor etc (Von Sperling, 1996).

3.6 Níveis de tratamento de esgoto sanitário

A remoção parcial ou total de poluentes dos esgotos pode ser de forma didática separada em níveis, descritos a seguir:

- Preliminar: remove poluentes que podem causar problemas operacionais na planta ou aumentar o serviço de manutenção de equipamentos. As principais finalidades são: remoção dos sólidos, proteção dos dispositivos de transporte dos esgotos; proteção das unidades de tratamento subseqüentes e proteção dos corpos receptores;
- Primário: remove parte dos sólidos em suspensão sedimentáveis e parte da matéria orgânica, utiliza-se opções físicas como peneiramento e sedimentação (Von Sperling, 1996);
- Secundário: remove a maior parte da matéria orgânica, sólidos em suspensão e dissolvidos, a desinfecção também pode ser incluída. Exemplos de sistemas que tratam os esgotos a esse nível estão os processos de tratamento biológico, como lodo ativado, lagoas de estabilização etc (Von Sperling, 1996);
- Terciário: maior eficiência na remoção de nutrientes, principalmente fósforo e o nitrogênio e também de compostos tóxicos ou não biodegradáveis. Exemplos de sistemas: Osmose reversa, troca iônica etc (Philippi Jr, 2005).

3.7 Classificação dos métodos de tratamento

Os métodos de tratamento podem ser efetuados por operações unitárias de natureza física, química ou biológica e por vezes podem ser utilizados intercambiadamente, em razão dos mesmos poderem ocorrer simultaneamente numa mesma unidade de tratamento. De uma forma geral, podem ser adotadas as seguintes definições, conforme relataram Metcalf & Eddy (1991).

- Operações físicas unitárias - métodos de tratamento no qual predomina a aplicação de forças físicas (gradeamento, sedimentação);
- Processos químicos unitários – métodos de tratamento nos quais a remoção ou conversão de contaminantes, ocorre pela adição de produtos químicos ou devido a remoções químicas (precipitação, desinfecção), estes são menos empregados em tratamento de águas residuárias devido à geração de contaminantes persistentes, como os trihalometanos;
- Processos biológicos unitários – métodos de tratamento nos quais a remoção de contaminantes ocorre por meio de atividade biológica (remoção da matéria orgânica carbonácea).

3.8 Classificação dos tipos de tratamento

A seguir, são descritos alguns tipos de tratamentos de esgoto e unidades usuais dos sistemas de esgotamento sanitário.

3.8.1 Fossas Sépticas

Tratamento primário de esgoto, tipo biológico com eficiência de remoção de 70 a 80%, onde a velocidade e a permanência do líquido na fossa permitem a separação da fração sólida do líquido, proporcionando digestão limitada da matéria orgânica e acúmulo dos sólidos (Henze et al., 1995).

3.8.2 Sumidouros

São unidades capazes de receber a parte líquida proveniente das fossas sépticas e têm o inconveniente de permitir sua infiltração no solo (Henze et al., 1995).

3.8.3 Filtros Biológicos

O Tratamento em filtros caracteriza-se pela alimentação e percolação contínua de esgotos através de um meio suporte, comumente constituído de pedras ou pedregulhos. A passagem constante de esgotos nos interstícios promove o crescimento e a aderência de massa biológica na superfície do meio suporte, realizando desta forma a clarificação dos esgotos (Henze et al., 1995).

3.8.4 Tratamentos por Lodos Ativados

O processo dos lodos ativados é biológico e o nível de tratamento é o secundário, a eficiência de remoção de DBO é de 80 a 90%. Nele o esgoto afluente e o lodo ativado são intimamente misturados, agitados e aerados em unidades chamadas tanques de aeração, para logo após se separarem em decantadores (Rich, 1980).

3.8.5 Lagoas de Estabilização

As lagoas de estabilização são grandes tanques escavados no solo, nos quais os esgotos fluem continuamente e são tratados por processos naturais. Bactérias e algas são os seres vivos que habitam as lagoas, coexistindo em um processo de simbiose e, desta forma, tratam-se os esgotos através da decomposição da matéria. Abaixo está descrita a classificação

das lagoas conforme o processo biológico que nelas ocorre e em seguida, na tabela 3, estão descritas as vantagens e desvantagens das lagoas de estabilização.

3.8.5.1 Lagoas Anaeróbias

Nelas ocorrem simultaneamente os processos de sedimentação e digestão anaeróbia, não havendo oxigênio dissolvido. No fundo permanece um depósito de lodo e na superfície formam-se bolhas de gás resultantes da fermentação do mesmo. Estas lagoas admitem cargas elevadas, reduzindo-as em cerca de 50%, sendo, portanto comumente utilizadas como lagoa primária de uma série de lagoas (Von Sperling, 1996).

3.8.5.2 Lagoas Aeróbias

As lagoas aeróbias são projetadas de maneira a existir oxigênio dissolvido em toda massa líquida, ocorrendo apenas o processo aeróbio. De acordo Von Sperling, (1996) as mesmas ocupam áreas maiores que outros tipos de lagoas, sendo por isso, pouco utilizadas.

3.8.5.3 Lagoas Facultativas

Operam em condições intermediárias entre as aeróbias e as anaeróbias, coexistindo os processos encontrados em ambas; situando-se na superfície, os microorganismos aeróbios; na faixa intermediária, os facultativos; e na profundidade, os microorganismos anaeróbios. O princípio de funcionamento já foi descrito anteriormente (Von Sperling, 1996).

3.8.5.4 Lagoas Mecanizadas Aeradas

O oxigênio a ser utilizado no processo biológico é introduzido mecanicamente através de aeradores, com a finalidade de manter a concentração de oxigênio dissolvido em toda ou parte da massa líquida, garantindo as reações bioquímicas que caracterizam o processo (Von Sperling, 1996). Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2000), 4,4% dos distritos brasileiros que possuem alguma unidade de tratamento de esgotos empregam o processo de lagoa aerada.

O tanque de sedimentação é uma unidade contígua à Lagoa de aeração onde a água permanece por um período em descanso para que as partículas sólidas ainda presentes na mistura se depositem no fundo. Ao longo desse processo de decantação as impurezas vão se transformando em lodo.

Em geral tanques de sedimentação possuem uma média de remoção de cerca de 90% dos sólidos sedimentáveis e mantém esta capacidade de remoção mesmo quando ocorrem elevados picos de contribuição. Parizotto (1999) relata que altas eficiências de remoção foram obtidas independentemente da amplitude do tempo de retenção hidráulica da lagoa, considerados tempos de retenção de 2,5; 4 e 13 dias.

TABELA 3. Balanço de vantagens e desvantagens de lagoas de estabilização.

Sistema	Vantagens	Desvantagens
Lagoa Facultativa	<ul style="list-style-type: none"> - Satisfatória eficiência na remoção de DBO - Razoável eficiência na remoção de patógenos. - Construção, operação e manutenção simples - Reduzidos custos de implantação e operação. - Ausência de equipamentos mecânicos - Requisitos energéticos praticamente nulos - satisfatória resistência a variações de carga - remoção de lodo necessária apenas após períodos superiores a 20 anos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elevados requisitos de área - Dificuldade em satisfazer padrões de lançamento restritivos. - A simplicidade operacional pode trazer o descanso na manutenção (crescimento de vegetação). - Possível necessidade de remoção de algas do efluente para o cumprimento de padrões rigorosos. - Desempenho variável com as condições climáticas (temperatura e insolação) - Possibilidade do crescimento de insetos
Sistema de Lagoa Anaeróbia – Lagoa Facultativa	<ul style="list-style-type: none"> - Idem lagoas facultativas - Requisitos de área inferiores aos das lagoas facultativas únicas 	<ul style="list-style-type: none"> - Idem lagoas facultativas - Possibilidade de maus odores na lagoa anaeróbia. - Necessidade de um afastamento razoável às residências circunvizinhas. - Necessidade da remoção continua ou periódica (intervalo de alguns anos) de lodo da lagoa anaeróbia.
Lagoa aerada Facultativa	<ul style="list-style-type: none"> - Construção, operação e manutenção relativamente simples. - Requisitos de área inferiores aos sistemas de lagoas facultativas e anaeróbio-facultativas. - maior independência das condições climáticas que os sistemas de lagoas facultativas e anaeróbio-facultativas. - Satisfatória resistência a variações de carga. - Reduzidas possibilidades de maus odores. 	<ul style="list-style-type: none"> - Introdução de equipamentos. - Ligeiro aumento no nível de sofisticação - Requisitos de área ainda elevadas. - Requisitos de energia relativamente elevados. - Baixa eficiência na remoção de coliformes. - Necessidade de remoção continua ou periódica (intervalo de alguns anos) do lodo.
Sistema de Lagoa aerada de mistura completa – Lagoa de Decantação	<ul style="list-style-type: none"> - Idem lagoas aeradas facultativas - Menores requisitos de áreas de todos os sistemas de lagoas 	<ul style="list-style-type: none"> - Idem lagoas aeradas facultativas - Preenchimento rápido de lagoas de decantação com o lodo (2 a 5 anos). - Necessidade de remoção continua ou periódica (2 a 5 anos) do lodo.
Lagoa de Maturação	<ul style="list-style-type: none"> - Idem sistema de lagoas precedente. - Elevada eficiência na remoção de patógenos. - Razoável eficiência na remoção de nutrientes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Idem sistema de lagoas precedente. - Requisitos de área bastante elevados.

Fonte: Von Sperling (1986).

A seguir, na tabela 4 estão descritas as principais características bioquímicas dos principais sistemas de tratamento por Lagoas, bem como demandas energéticas e custos de operacionalização.

TABELA 4. Características dos Principais Sistemas de Lagoas para a Remoção de DBO.

Item geral	Item específico	Sistemas de lagoas			
		Facultativa	Anaeróbia - Facultativa	Aerada Facultativa	Aerada de mistura completa - decantação
Eficiência	DBO (%)	75-85	75-85	75-85	75-85
	DQO (%)	65-80	65-80	65-80	65-80
	SS (%)	70-80	70-80	70-80	80-87
	Amônia (%)	< 50	< 50	< 30	< 30
	Nitrogênio (%)	< 60	< 60	< 30	< 30
	Fósforo (%)	< 35	< 35	< 35	< 35
Requisitos	Coliformes (%)	90 – 99	90 – 99	90 – 99	90 – 99
	Área (m ² .hab ⁻¹)	2,0-4,0	1,5-3,0	0,25-0,5	0,2-0,4
	Potência (W.hab ⁻¹)	0	0	1,2-2,0	1,8-2,5
Custos	Implantação (R\$.hab ⁻¹)	40-80	30-75	50-90	50-90
	Operação (R\$.hab ⁻¹ .ano ⁻¹)	2,0-4,0	2,0-4,0	5,0-9,0	5,0-9,0

Fonte: Von Sperling (1986).

3.9 Parâmetros empregados para dimensionamento do Sistema de tratamento por Lagoa Aerada visando eficiência do projeto

a) População Atendida

A ETE deve contemplar o tratamento do efluente das residências conforme a demanda de crescimento populacional. A tabela 5, do IBGE (2005) revela o crescimento populacional em décadas sucessivas

TABELA 5. População residente no município de Cambuquira, segundo censo demográfico.

ANOS	URBANA	RURAL	TOTAL
1970	6.665	3.477	10.142
1980	7.601	3.014	10.615
1991	8.988	2.520	11.508
2000	9.957	2.501	12.458
2005(1)	10.878	2.305	13.183

b)Temperatura

Em se tratando de reações de natureza biológica, Jordão & Pessôa (1995) afirmam que a velocidade de decomposição do esgoto aumenta de acordo com a temperatura, sendo a faixa ideal para atividade biológica, entre 25 e 35°C. Conforme descrito por Von Sperling (1996), elevações da temperatura aumentam a taxa das reações químicas e biológicas (na faixa usual de temperatura), elevações de temperatura diminuem a solubilidade dos gases (ex: oxigênio dissolvido); elevações de temperatura aumentam a taxa de transferência de gases (o que pode gerar mau cheiro, no caso da liberação de gases com odores desagradáveis).

c)Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Também conhecida como (*Biochemical Oxygen Demand*), a BOD é um dos parâmetros mais utilizados para aferição da eficiência se uma ETE. A DBO é utilizada para indicar o grau de poluição de um esgoto, ou seja, um índice de concentração de matéria orgânica por uma unidade de volume de água residuária. A medição da DBO é padronizada, segundo Jordão & Pessôa (1995) pelo “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*” que adota tempo de cinco dias e uma temperatura padrão de 20°C. Vale ressaltar que a DBO₅ não representa a demanda total de oxigênio, pois a demanda total ocorre em período muito superior. Neto (1997) acredita que a DBO total é igual a 1,46 x DBO₅ a 20°C. A DBO₅ a 20°C, chamada simplificada em alguns casos de DBO, varia no esgoto doméstico bruto entre 100 e 300 mg.l⁻¹, segundo Jordão & Pessôa (1995) e Macintyre (1996). Enquanto Netto (1977) afirma que, para esgoto sanitário, a média atinge 300 mg O₂.L⁻¹.

A DBO ocorre em dois estágios: primeiramente a matéria carbonácea é oxidada, e em seguida ocorre uma nitrificação. A DBO de cinco dias trabalha na faixa carbonácea (Jordão & Pessôa, 1995). A temperatura é fator relevante na determinação da duração de cada faixa. A duração tende a diminuir com o aumento da temperatura.

d)Vazão Afluente

A vazão do afluente é um dos fatores que interfere na eficiência do tratamento do esgoto, sendo empregada como parâmetro para dimensionamento da lagoa (Von Sperling, 1986).

e)Tempo de detenção

Segundo Von Sperling (1986), deve ser adotado tempo de detenção de três dias para lagoa aerada e mais um dia de permanência na lagoa de decantação.

3.10 Outros parâmetros de Projeto das Lagoas Aeradas

a)Profundidade

A profundidade da lagoa deve ser selecionada de forma a satisfazer os requisitos do sistema de aeração, em termos de mistura e de oxigenação. Usualmente adotam-se valores da profundidade H na faixa de: 2,5 a 4,0m (Von Sperling, 1986).

b)Volume requerido

Segundo Von Sperling (1986), o volume requerido a ser tratado varia em função do tempo de detenção e da vazão. Conforme fórmula $V = t.Q$, onde:

V = Volume requerido, em $m^3 \cdot s^{-1}$;

t = Tempo de detenção, em dias;

Q = Vazão.

c)Área requerida

Adotando a profundidade citada anteriormente pelo mesmo autor, o cálculo da área requerida é expresso pela seguinte fórmula: $A = V/H$, onde:

A = Área requerida, em m^2 ;

V = Volume em m^3 ;

H = Profundidade em m.

3.11 Requisitos energéticos na Lagoa Aerada

Conforme Von Sperling (1986) é necessário garantir a energia de mistura necessária para manter os sólidos em suspensão, dispersos no meio líquido, para que haja a eficiência do tratamento. O requisito energético, dado pela Necessidade de Eficiência de Oxigenação (NEO) é expresso pela fórmula:

$NEO = EO * DBO * n^\circ \text{ habitantes} / \text{horas de funcionamento da ETE.}$

3.12 Dimensionamento da lagoa de decantação

Von Sperling (1986) menciona que para o dimensionamento da lagoa de decantação em princípio deve ser previstos volumes destinados a zona de clarificação (decantação), que segue nas fórmulas abaixo:

a) Zona de clarificação

Para o cálculo, adotou-se um tempo de detenção de um dia, profundidade (H) de três metros, conforme prescrito por Von Sperling (1986), de acordo com as seguintes fórmulas:

Volume:

$V_{\text{clarif}} = t \cdot Q$ onde: t é expresso em dias e, Q é expresso em $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$;

Área requerida:

$A = V/H$ onde: V é expresso em m^3 e, H é expresso em m.

3.13 Tratamentos do lodo da ETE

Segundo Von Sperling (1996), existem vários processos, operações e sistemas de tratamento frequentemente utilizados no tratamento de esgotos domésticos, em função do poluente a ser removido. Tais métodos são empregados na fase líquida, que corresponde ao fluxo principal do líquido na ETE. Por outro lado, a fase sólida diz respeito aos subprodutos sólidos gerados no tratamento, notadamente o lodo.

O tratamento dos subprodutos sólidos gerados nas diversas unidades é uma etapa essencial do tratamento dos esgotos. Ainda que o lodo possa na maior parte das etapas do seu manuseio ser constituído de mais de 99% de água, apenas por convenção é designado por fase sólida, visando distingui-lo do fluxo líquido sendo tratado.

De maneira geral, são os seguintes subprodutos sólidos gerados no tratamento biológico dos esgotos:

- Material gradeado
- Areia
- Escuma
- Lodo primário
- Lodo secundário

Destes produtos, o principal em termos de volume e importância é representado pelo lodo. Determinados sistemas de tratamento têm a retirada do lodo apenas eventual. Porém no sistema de lagoas proposto, o lodo usualmente permanece retido no sistema durante todo o horizonte de operação, não necessitando ser removido e tratado.

O lodo em excesso pode ser posteriormente conduzido para os leitos de secagem e após higienização ser utilizado como adubo ou ser empregado na agricultura ou encaminhado a um aterro sanitário.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Características do Município de Cambuquira/MG

Os dados relativos à cidade de Cambuquira foram obtidos no site oficial da prefeitura municipal. As informações sobre o crescimento populacional foram estimadas a partir de censos demográficos do IBGE.

Cambuquira, a cidade para a qual o projeto está sendo proposto, está localizada na Unidade Federativa de Minas Gerais, mesorregião Sul/Sudoeste de Minas (IBGE, 2008), na microrregião São Lourenço (IBGE, 2008), tendo como municípios limítrofes: Três Corações, Campanha, Lambari, Conceição do Rio Verde, Jesuânia.

Situa-se a uma distância de 305 km da capital do estado, possui uma área de 246 km², uma população de 13.183 habitantes (IBGE, 2005), densidade de 54,1hab.⁻¹.m², uma altitude média de 950 metros, segundo a classificação de KOPPEN, clima é tropical de altitude (Cwb), com média anual de 18,2° C, média máxima anual de 26,7° C e média mínima anual de 11,4° C, índice médio pluviométrico anual de 1642,2 mm.

A topografia da cidade consta 10% de sua área plana, 50% da superfície ondulada e 40% montanhosa, com coordenadas geográficas: latitude de 21° 51' 08" S e longitude de 45° 17' 45" W (Cambuquira, 2010). Os principais rios são: Rio Lambari e Ribeirão Barreiro, pertencente à Bacia do Rio Grande.

O município é caracterizado pela inexistência de mecanismos formais de abastecimento hídrico, ausência do esgotamento sanitário e inexistência de disposição final adequada de resíduos sólidos. Por se tratar de uma das mais importantes estâncias hidrominerais do Brasil, melhoria nas questões relacionadas ao saneamento se torna fator fundamental para a cidade.

A cidade não possui ETE, mesmo com uma população consideravelmente pequena, não há investimentos na área de saneamento. A cidade possui área para construção

de uma ETE, pois já existe o afastamento do esgoto doméstico, por canalizações ventrificadas, onde por canalização é separada a água da chuva da água do esgoto, o que em um primeiro momento já é um facilitador no que se trata da construção da estação. Na figura 2, localização da cidade de Cambuquira.



FIGURA 2. Localização da cidade de Cambuquira Fonte: Cambuquira (2010).

4.2 Características Demográficas

A taxa de crescimento populacional foi, em média $1,3\% \cdot \text{ano}^{-1}$ até o ano 2000; e o crescimento populacional de 2000 a 2005 foi de $1,5\% \cdot \text{ano}^{-1}$ (Tabela 5). Sendo assim, com base na última taxa de crescimento, a estação proposta deve atender à demanda de tratamento do esgoto para uma população de 15.783 pessoas.

4.3 Caracterização da área escolhida para ETE

A escolha do sistema de tratamento considera as condições da cidade de Cambuquira, o local foi sugerido pelo Coordenador do Departamento de Engenharia Civil da Prefeitura, Joaquim Mafra Filho e situa-se na zona rural Estrada das Congonhas, distante 4 km da sede oficial do município, para que não haja nenhum tipo de desconforto para a população, como fortes odores, ruídos devido o uso de aeradores mecânicos. O local proposto situa-se próximo ao leito do Córrego do Barnabé, onde o esgoto *in natura* é lançado. As figuras 3 e 4, mostram respectivamente o despejo *in natura* do esgoto e o córrego do Barnabé onde o mesmo é lançado.



FIGURA 3. Despejo de esgoto doméstico sem tratamento (fotos 1 e 2) diretamente no Córrego do Barnabé em Cambuquira/MG. Esta prática gera diversos impactos ambientais, afetando diretamente o uso da água, o ecossistema aquático, a ecologia da paisagem do local.



FIGURA 4. Córrego do Barnabé (fotos 4 e 5), situado na cidade de Cambuquira/MG. Onde o esgoto doméstico é lançado *in natura*.

4.4 Caracterização do projeto e requisitos de área

A ETE propõe o tratamento do esgoto para uma população de 15.783 habitantes, foi estimado o crescimento populacional em função do horizonte de operação de 20 anos, para justificativa de custos, conforme fórmula a seguir:

$$PF = C (1 + i)^n$$

Onde: PF é a população final;

C é a população atual;

i é a taxa de crescimento anual;

n é o horizonte de operação.

Os cálculos para elaboração da ETE foram projetados com base no atendimento populacional, na vazão afluente, na DBO e na temperatura, no tempo de detenção e no volume a ser tratado.

O projeto prevê um terreno de 5.000 m² para a construção da ETE-Cambuquira, adotando o requisito de 0,3 m² de área. habitante⁻¹, conforme recomenda Von Sperling (1986).

O consumo de afluente esperado na ETE é de 160 L de esgoto. dia⁻¹. habitante⁻¹ a ser tratado, conforme citou Pimenta et al. (2002).

A concentração da DBO₅ dos esgotos domésticos brutos tem valor médio da ordem de 300-350 mg. L⁻¹ como descrito por Von Sperling (1996).

4.5 Memorial de cálculos

Abaixo segue memorial de cálculos para dimensionamento da ETE constando da área para gradeamento, lagoa aerada, requisitos energéticos e da lagoa de decantação.

4.5.1 Dimensionamento da área de gradeamento

Os valores adotados foram obtidos sem levar em consideração a perda de carga no sistema, pela ausência de definição do coeficiente de rugosidade superficial da área.

Gradeamento fino: De acordo com EB 2185 da ABNT

$$Q \text{ máx} = 2525,0 \text{ m}^3/\text{dia} = 2,525 \text{ l/s} = 0,0025 \text{ m}^3/\text{s}$$

Espaçamento entre as barras (a) : 20 mm

Espessura das barras (t) : 3/8" = 0,95 cm

Velocidade de escoamento entre as barras (v) : 1,0 m/s (Silva, s/d)

Área Útil Da Grade (Au)

$$Au = Q_{\text{máx}} \cdot v$$

$$Au = 0,0025 \cdot 1 = 0,0025 \text{ m}^2$$

Eficiência Da Grade (E)

$$E = a / (a + t)$$

$$E = 2 / (2 + 0,95) = 67,8\% \text{ (EMBRAPA, s/d)}$$

4.5.2 Dimensionamento da lagoa aerada

- V=Volume requerido
- Tempo de detenção: Três dias
- Q= n° hab . 160 L

$$V = t * Q$$

$$V = 3 * 2525$$

$$V = 7575 \text{ m}^3$$

- Área requerida: Adotando profundidade (H) de 3,5 metros.

$$A = V/H$$

$$A = 7575/3,5 \sim 2200 \text{ m}^2$$

- Dimensionamento da Lagoa Aerada: 50m comp x 44m larg x 3,5m prof

4.5.3 Cálculo dos requisitos energéticos para a Lagoa Aerada

De forma a garantir a energia necessária para manter os sólidos em suspensão dispersos no meio líquido, dado pelo conceito da densidade de potência, foi necessário o levantamento dos seguintes requisitos, visando influxo de oxigênio para o sistema de tratamento, conforme Von Sperling (1986).

- A Eficiência de oxigenação (EO) no campo é adotada como 60% da $EO_{\text{padrão}} = 1,8 \text{ kg O}_2 \cdot \text{kw} \cdot \text{h}^{-1}$;

- $EO = 1,1$ a $1,4 \text{ kg O}_2 \cdot \text{Kg.DBO}_5$, adotou-se $EO = 1,3 \text{ kg O}_2 \cdot \text{Kg.DBO}_5$;

- A ETE-Cambuquira funcionará $24 \text{ h} \cdot \text{dia}^{-1}$;

- Para carga de DBO, adotou-se $0,054 \text{ Kg DBO} \cdot \text{habitantes}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$, segundo Von Sperling (1986);

a) A Necessidade de Eficiência de Oxigenação (NEO) é expressa pela seguinte fórmula:

$$NEO = EO * DBO * n^\circ \text{ habitantes} / \text{horas de funcionamento da ETE}$$

$$\text{Então: } NEO = 1,3 * 852,3/24 = 46,17 \text{ kg O}_2 \cdot \text{h}^{-1};$$

b) $EO_{\text{campo}} = NEO * EO_{\text{padrão}}$

$$\text{Então: } EO_{\text{campo}} = 46,17 \text{ kg O}_2 \cdot \text{h}^{-1} * 0,60 = 27,70 \text{ CV} \cdot \text{Lagoa}^{-1}.$$

Assim, serão necessários aproximadamente 30 cavalos de potência, optou-se por dois aeradores de 15 Cv cada.

4.5.4 Cálculo dos Requisitos de área para a Lagoa de Decantação

a) Zona de Clarificação, adotando um dia de tempo de detenção;

$$V_{\text{clarif.}} = t * Q = 1 \text{ d} * 2525 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1} = 2525 \text{ m}^3, \text{ onde:}$$

V, é o volume de clarificação;

T, é o tempo de detenção hidráulica;

Q, é a vazão do afluente.

b) Profundidade de três metros;

$$A = V/H = 2525 \text{ m}^3/3\text{m} \sim 1683 \text{ m}^2;$$

Onde: A, é a área requerida;

V, é o volume de clarificação;

H, é a profundidade.

c) $V_{\text{total}} = 1683 * 3 = 5049 \text{ m}^3$; onde é área requerida * Profundidade.

•Dimensionamento da Lagoa de Decantação, cálculo acima, considerou-se as dimensões 50 x 34 x 3,0, Conforme Von Sperling (1986).

4.6 Parâmetros de projeto

a) Número de pessoas a serem atendidas: A cidade possui atualmente 13.138 habitantes de acordo com o censo de 2005 do IBGE, sendo que apenas 10.878 habitantes residem na área urbana, e com a taxa de crescimento estimada conclui-se que 15783 pessoas poderão ser atendidas pelo projeto proposto, em um horizonte de 20 anos de crescimento populacional, adotando 1,5% de crescimento.ano⁻¹.

b) Contribuição de despejos por casa: Segundo Von Sperling (1986), adotou-se 160 L. habitante⁻¹. dia⁻¹ de efluente doméstico a ser tratado.

c) Taxa de acumulação de lodo: Adotou-se um intervalo médio de limpeza de quatro anos, Von Sperling (1986) prevenindo gastos com excesso de manutenção do sistema.

4.7 Características Analisadas

As tecnologias utilizadas no processo de tratamento de esgotos domésticos devem ser analisadas tomando-se como base determinados parâmetros definidos pelos princípios da sustentabilidade, sob o ponto de vista econômico, social e ecológico.

a) Área ocupada pela ETE - onde será avaliada a vazão a ser tratada e a 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.

b) 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 esgotos gerados pela população atendida.

5. RESULTADOS ESPERADOS

Conhecendo a composição dos esgotos domésticos (99,9% de água e apenas 0,1% de sólidos), iniciou-se a escolha dos processos de tratamento adequados. Em virtude da quantidade de sólidos presentes nos despejos domésticos, considerou-se adequado iniciar o processo de tratamento com uma unidade que promova separação entre a parte sólida e a parte líquida, denominada gradeamento, embora a ênfase maior da pesquisa tenham sido os cálculos de dimensionamento das lagoas de aeração, requisitos energéticos de aeração e lagoa de sedimentação.

5.1 Unidades de tratamento

Conforme FEAM (2006) foram descritas as unidades de tratamento da ETE-Cambuquira.

a) Calha Parshall - Medidor de vazão de entrada no sistema.

b) Gradeamento - São dispositivos constituídos por barras paralelas e igualmente espaçadas que se destinam a reter sólidos grosseiros em suspensão e corpos flutuantes. O sistema de gradeamento pode conter uma ou mais grades. As grades grosseiras são utilizadas, quando o esgoto apresenta grande quantidade de sujeira. Nas grades são retidas pedras, pedaços de madeira, brinquedos, animais mortos e outros objetos de tamanho elevado. As grades médias e finas devem ser utilizadas para retirada de partículas, que ultrapassam o gradeamento grosseiro. As grades finas e médias só devem ser instaladas, sem o gradeamento grosseiro, no caso de remoção mecânica dos resíduos. Depois de retido pelo sistema de gradeamento o material deve ser removido e exposto à luz, para secar, sendo em seguida encaminhado para um aterro sanitário ou incineração.

c) Caixa Desarenadora - Com objetivo de reter a areia presente. Estas fases têm a função de proteger os dispositivos de transporte dos esgotos, protegerem as unidades de tratamento subsequente e a proteção dos corpos receptores.

d) Lagoa de Aeração - Onde esgoto é submetido à agitação mecânica realizada pelos aeradores mecânicos que movimentam a água promovendo a penetração de oxigênio atmosférico na massa líquida, onde ele se dissolve, permitindo que a decomposição da matéria orgânica se dê mais rapidamente. A aeração melhora ainda as condições da água, que oxida o ferro e o manganês precipitando-os retirando a cor negra e melhorando a transparência em pouco tempo.

Todo o volume do esgoto permanecerá por três dias nessas lagoas e mais um dia no tanque de sedimentação, que é o tempo necessário para se ter uma boa eficiência de remoção da matéria orgânica desse sistema (Von Sperling (1986). Apesar do efluente das unidades acima já apresentar redução da DBO, ainda não ocorreu nitrificação no processo; a injeção de ar na segunda lagoa auxilia na remoção da DBO restante.

e) Tanques de Sedimentação – Local onde ocorre a descontaminação por meio de bactérias anaeróbicas. Nessas lagoas todo o esgoto permanece por um dia, onde os sólidos sedimentáveis presentes no efluente das lagoas aeradas são sedimentados.

f) Calha Parshall - O efluente das lagoas de sedimentação é então enviado para o Ribeirão do Barnabé, passando antes pelo medidor de vazão, que tem como função fazer a medição do volume tratado pelo sistema.

Após todo esse processo de coleta e tratamento, espera-se que o esgoto será enviado para o rio, só que não causando nenhum dano ambiental.

g) Leito de Secagem - Será construído para que o lodo sedimentado das lagoas se estabilize por processos de desidratação e deverá ser removido periodicamente. Na figura 5, o fluxograma modificado de (Scalizer et al., 1999), permite a visualização do Sistema de Tratamento proposto para a cidade de Cambuquira.

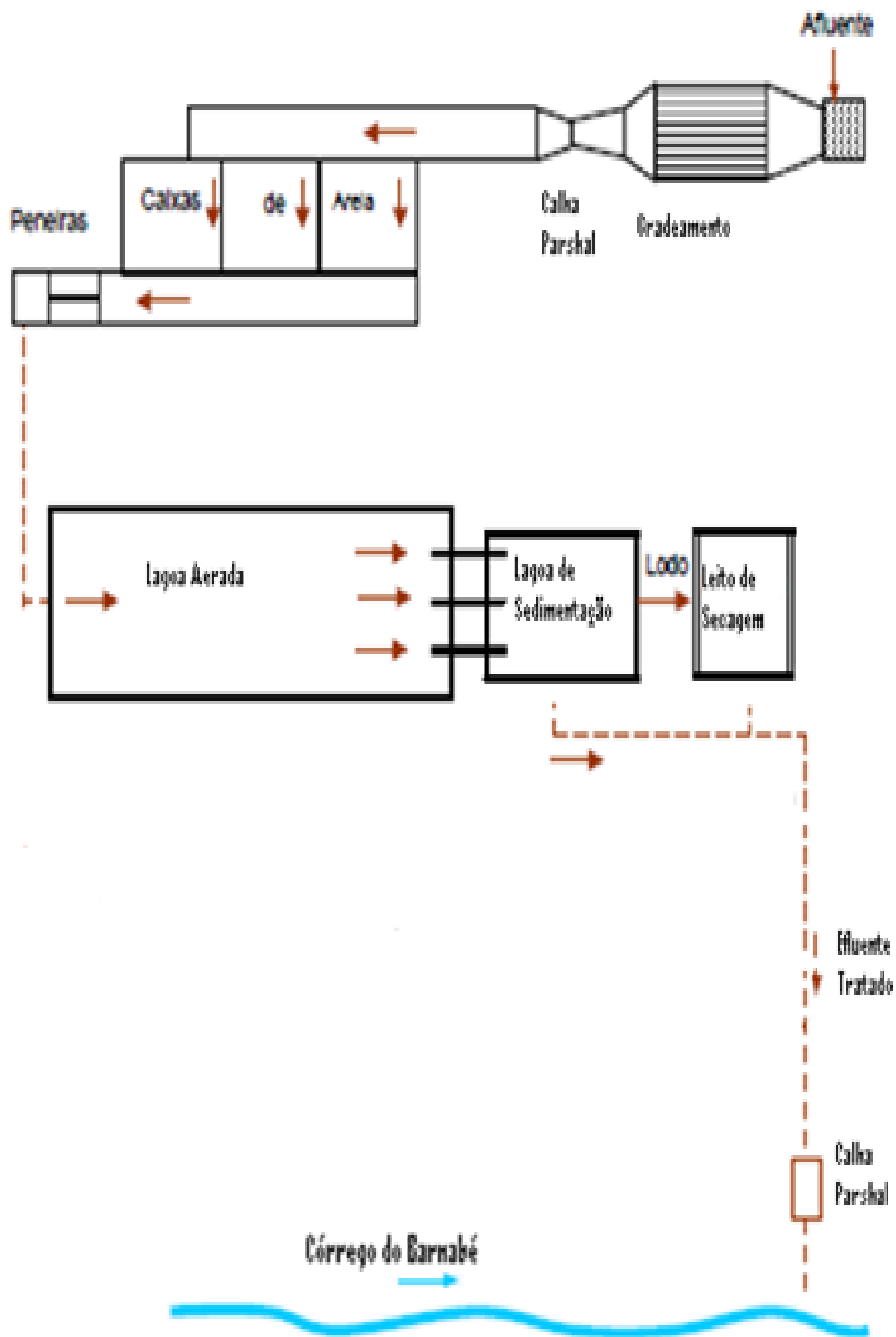


FIGURA 5. Fluxograma da ETE de Cambuquira.

Fonte: Scalize et al., (1999).

5.2 Dados de projeto

Os dados de projeto da ETE-Cambuquira estão contidos na tabela 6.

TABELA 6. Dados do projeto ETE-Cambuquira.

Módulo de Tratamento	Dimensões (m)	Tempo de Detenção (dias)	Volume (m³)	Área (m²)
Lagoas de Aeração	50x44x3,5	3	7575	2200
Lagoas de Sedimentação	50x34x3,0	1	5079	1683

Para a eficiência de oxigenação e para a mistura completa (sólidos dispersos no meio líquido) da lagoa aerada, serão necessários aproximadamente 30 cavalos de potência para os aeradores mecânicos, optou-se então por dois aeradores de 15 Cv cada, levando em conta a pequena dimensão da lagoa, os dois aeradores serão suficientes para manter a zona de mistura, área na qual é garantida a mistura do líquido, propiciando a manutenção de sólidos em suspensão e a zona de oxigenação, área na qual é garantida a difusão de oxigênio no meio líquido, fazendo com que haja eficiência da lagoa aerada.

A ETE-Cambuquira proposta atenderá uma população de 15.783 habitantes e o projeto prevê um terreno de 5.000 m² para a construção, adoto-se como requisito área de 0,3 m². habitante⁻¹, conforme recomenda Von Sperling (1986).

A vazão teórica afluente estimada para ETE é de 2.525 m³. dia⁻¹, adotando-se 160 L. habitante⁻¹.dia⁻¹ de efluente doméstico (15.783 habitantes).

Na figura 6 a área total da cidade de Cambuquira, o local para a construção da ETE sugerido pelo Coordenador do Departamento de Engenharia Civil da Prefeitura, Joaquim Mafra Filho, situa-se na zona rural Estrada das Congonhas, e está delimitado no mapa em cor amarela, embora passível de futura alteração.

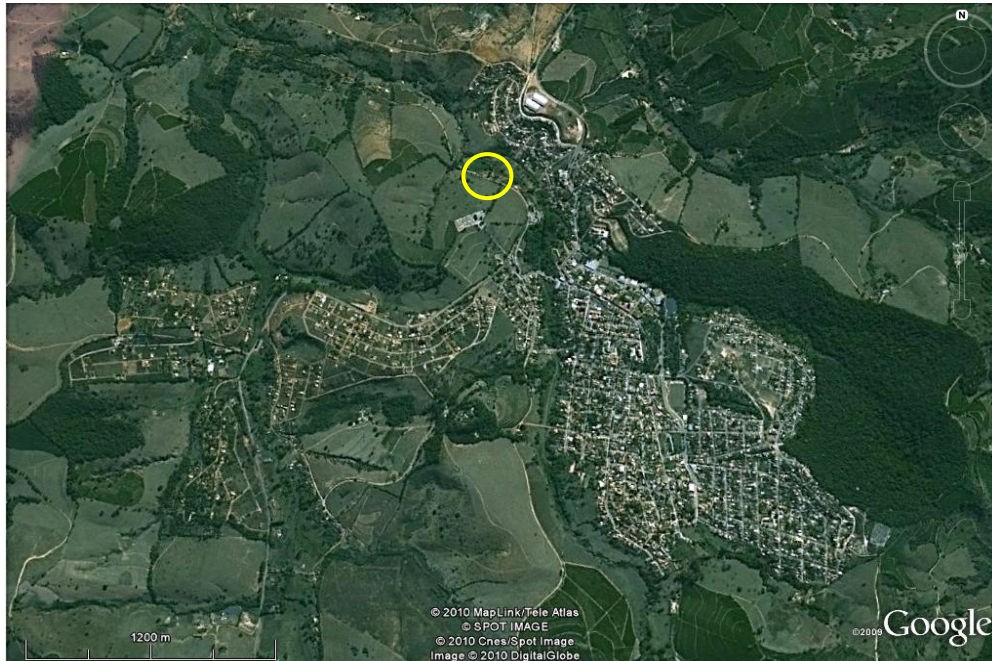


FIGURA 6. Área da cidade de Cambuquira (Google Earth, 2010).

De acordo com o mesmo autor a decisão quanto ao processo a ser adotado para o tratamento das fases líquidas e sólidas devem ser derivadas fundamentalmente de um balanceamento entre critérios técnicos e econômicos, com a apreciação dos méritos quantitativos e qualitativos de cada alternativa, assim os pontos técnicos são em grande parte das vezes intangíveis, e em um grande número de situações, as decisões finais podem assumir um caráter de subjetividade. Para que a eleição conduza a alternativa mais adequada, critérios ou pesos devem ser atribuídos a diversos aspectos, vinculados essencialmente a realidade em foco, devendo-se lembrar que nem sempre a melhor alternativa é simplesmente a que apresenta o menor custo em estudos econômico-financeiro.

O projeto que fora proposto justifica-se pelo menor requisito de área de todos os demais sistemas de lagoas propostos (Von Sperling, 1986).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escassez, a má distribuição da água, a falta de saneamento básico e a crescente degradação dos recursos hídricos movida por um modelo que os utilizam de forma crescente, descontrolada e irresponsável são alguns fatores que devem ser bem geridos, tendo em vista, a busca de um desenvolvimento econômico-social compatível com a conservação do meio ambiente.

Nesse contexto, o investimento no gerenciamento de efluentes é uma das diversas soluções para preservar, minimizar os impactos e usar de forma sustentada a água, um recurso indispensável na sobrevivência humana.

Portanto, investir no tratamento de esgoto é socialmente indispensável, economicamente viável e ambientalmente necessário, sendo tal ação uma condição necessária para busca da sustentabilidade, assim, um efluente, além de satisfazer os padrões de lançamento, deve proporcionar condições tais no corpo receptor, de tal forma que a qualidade do mesmo se enquadre dentro dos padrões de qualidade dos corpos receptores.

A implantação de uma estação de tratamento para a cidade de Cambuquira/MG justifica-se pela necessidade de melhorias nas questões relacionadas ao saneamento. Espera-se dessa maneira, a remoção de sólidos em suspensão, de grande parte da matéria orgânica e a melhoria da qualidade estética da bacia de drenagem, visando atendimento aos padrões da legislação de lançamento de efluentes no Córrego do Barnabé, promovendo a médio e longo prazo uma significativa melhoria na qualidade de suas águas desta Estância Hidromineral em Minas Gerais.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357**, 2005. Brasília: MMA. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama>>. Acesso em 12/05/2010.

CAMBUQUIRA, disponível em <<http://www.cambuquira.net.com/localização.html>>. Acesso em 22/04/2010.

CAMBUQUIRA, disponível em < <http://cidadesnet.com/municipios/cambuquira.htm>. Acesso em 17/05/2010.

CARVALHO, C.M. **Odor e Biodesodorização em reatores anaeróbios**. 2001. 75p. Dissertação de mestrado. Pós – Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina.

DOSSIÊ DO SANEAMENTO: **Esgoto é vida**. Disponível em <<http://www.esgotoevida.org.br>>. Acesso em 05/12/2009.

EMBRAPA, s/d. Disponível em http://www.cnph.embrapa.br/paginas/a_unidade/licitacoes/tomada-de-preco-pdfs/memorial-ete.pdf .Acesso em 17/06/2010

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Orientações básicas para operação de estações de tratamento de esgoto**. Belo Horizonte: FEAM, 2006. 52p.

GONÇALVES, R.F.; LUDUVICE, M. **Alternativas de Minimização da Produção e Desaguamento de Lodo de Esgoto**. Jaguariúna SP. Embrapa Meio Ambiente; 8p. 2000.

GOOGLE EARTH. **Imagem de satélite do município de Cambuquira, Minas Gerais**, 2010. Disponível em <<http://www.earth.google.com>>. Acesso em 09/05/2010

HENZE, M.; HARREMÕES, P.; JANSEN, J.C. ARVIN, E. **Wastewater Treatment: Biological and Chemical Processes**. Berlim: springer Verlag; 119p. 1995.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**.Online. Rio de Janeiro, 2000. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/default.php>>. Acesso em 07/03/2010.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Senso de 2005**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/default.php>>. Acesso em 07/03/2010.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Último senso, 2008**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/cidades>>. Acesso em 07/03/2010.

JORDÃO, E. P., PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995. 720 p.

JUNIOR, V. A. S., **Saneamento e Saúde: Malha Hidrográfica da Leopoldina e Impacto das Doenças de Veiculação Hídrica no Município do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 44p. 2005.

LIBÂNIO, P.A.; CHERNICHARO, C.C.A.L.; NASCIMENTO, N.O. **A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública**. Artigo técnico. Eng. Sanit. Ambient. v.10 n.3 Rio de Janeiro 2005. 39p.

MACINTYRE, A. J. **Instalações hidráulicas prediais e industriais**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, p. 2-5.1996.

MENDONÇA, S.R.; CEBALOS.; BEATRIZ S.O. **Lagoa de Estabilização e Aeradas Mecanicamente: Novos Conceitos**. João Pessoa, S. Rolim Mendonça. 7 – 21p. 2009.

METCALF & EDDY, INC. **Wastewater Engineering – Treatment, Disposal and Reuse**, McGraw- Hill, Inc., Third Edition, 4-15 p. 1991.

MOTA, SUETÔNIO. **Introdução à Engenharia Ambiental**. Rio de Janeiro, ABES, 21-33p. 1997.

NETO, CÍCERO O. A. **Sistemas simples para tratamento de esgotos sanitários: experiência brasileira**. Rio de Janeiro: ABES, 1997. 301p.

PARIZOTTO, ADIR AIRTON. **Eficiência de lagoas de sedimentação na remoção de cargas orgânicas, nutrientes e coliformes totais em despejos industriais de fecularias**. 1999. 133 p. Dissertação de Mestrado em Recursos Hídricos e Meio Ambiente. Cascavel: Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

PHILIPPI JR., A. **Saneamento, Saúde e Ambiente. Fundamentos para Desenvolvimento Sustentável**. Barueri, USP, 2005. 842 p.

PHILIPPI JR., A.; MALHEIROS, T.F. Águas Residuárias: Visão de Saúde Pública e Ambiental. In: PHILIPPI JR. **Saneamento, Saúde e Ambiente. Fundamentos para um Desenvolvimento Sustentável**. Barueri – SP, 2005. p.181-219.

PIMENTA, H.C.D.; TORRES, F. R.M.; RODRIGUES, B.S.J.; JÚNIOR, M.R. **O esgoto: a importância do tratamento e as opções tecnológicas**. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção Curitiba– PR. Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte, 2002. 8p.

RICH, L.G. **Low-maintenance, mechanically simple wastewater treatment systems**. Nova York: Mcgraw-Hill; 1980.

SCALIZE, P.S.; SITA, W.; LEITE, W.C.A.; SCOGNAMIGLIO, J.B. **Aspectos construtivos e operacionais da estação de tratamento de esgotos da cidade de Araraquara**. Araraquara – SP. 3 p. 1999.

SILVA, A.J. **Tratamento de esgoto ST614, UNICAMP**. Disponível em <<http://www.ceset.unicamp.br/ajsilva/st614/gradeamentyo.pdf>>. Acesso em 17/006/2010

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**, 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, v. 01, 1996. 243 p.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, v. 02, 1995. 211 p.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**, Universidade Federal de Minas Gerais: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 03, p.14-15, 1986.

WRIGHT, JAMES T. C. Uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. **Caderno de Pesquisas em Administração**, São Paulo, v. 01, n. 12, p. 54-65, 2000.