

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SANEAMENTO E MEIO
AMBIENTE

ESTUDO DE CASO DO SISTEMA DE
TRATAMENTO DE ESGOTO PROPOSTO PARA
O BAIRRO SERRINHA EM GONÇALVES-MG:
UMA SOLUÇÃO VISANDO ASPECTOS DE
SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

Leonardo Brandão Szuster

Belo Horizonte
2011

Leonardo Brandão Szuster

**ESTUDO DE CASO DO SISTEMA DE TRATAMENTO
DE ESGOTO PROPOSTO PARA O BAIRRO
SERRINHA EM GONÇALVES-MG:
UMA SOLUÇÃO VISANDO ASPECTOS DE
SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL**

Monografia apresentada ao curso de especialização em saneamento e meio ambiente da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do certificado de Especialista em **Engenharia Sanitária**.

Orientador: Claudio Leite de Souza

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2011

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao corpo docente do curso de especialização em engenharia sanitária pela opção de manter o curso no ano de 2010 demonstrando grande respeito à história do curso e aos profissionais que optam pela realização da especialização. Agradeço também aos colegas de classe pelo companheirismo e ajuda durante todo o ano de 2010 e finalmente a minha família e amigos pelo apoio e motivação.

RESUMO

O presente trabalho propõem uma solução para o sistema de esgotamento sanitário do Bairro Serrinha de Gonçalves – MG visando sustentabilidade ambiental, propondo o reúso dos efluentes e subprodutos do tratamento dos esgotos gerado no Bairro Serrinha.

O lançamento de esgoto bruto em corpos d'água causam grandes impactos ambientais, prejudicando os usos previstos pela classe e muitas vezes impossibilitando a vida aquática no mesmo. Atualmente a preocupação ambiental, por parte dos órgãos responsáveis, pela fiscalização e por parte da população vem aumento bastante e conseqüentemente a pressão nas companhias de saneamento e prefeituras pela implantação de sistema de esgotamento sanitário.

Os conhecimentos técnicos para a implantação de um sistema de coleta, transporte, tratamento e disposição final de esgotos é dominado pelos profissionais que atuam na área, a grande questão para a implantação de um sistema de esgotamento sanitário é a questão financeira e a iniciativa política. Esses motivos tem se mostrado como as maiores barreiras para que possamos tratar os esgotos em nosso país. Este trabalho apresentar uma solução visando sustentabilidade ambiental, agregando valor ao efluente tratado e aos subprodutos.

Palavras chave: Sistema de esgotamento sanitário, sustentabilidade ambiental, reúso de efluentes de estações de tratamento de esgotos.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	2
LISTA DE TABELAS.....	3
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	4
1 INTRODUÇÃO.....	5
2 ESTUDO DE CASO	8
2.1 OBJETIVO GERAL	8
2.1.3 <i>Objetivos específicos</i>	8
2.2 REVISÃO DA LITERATURA	9
2.2.3 <i>Considerações sobre a realidade dos esgotos no Brasil</i>	9
2.2.4 <i>Inconvenientes do lançamento de esgotos não tratados em corpos d'água</i>	10
2.2.5 <i>Sustentabilidade ambiental relacionada ao reuso do efluente.</i>	10
2.2.5 <i>Sustentabilidade ambiental relacionada ao uso do lodo gerado.</i>	13
2.2.5 <i>Sustentabilidade ambiental relacionada ao uso do biogás.</i>	15
2.3 CRITÉRIOS E PARÂMETROS DE PROJETO	16
2.3.1 <i>Alcance de projeto</i>	16
2.3.2 <i>População de projeto</i>	16
2.3.3 <i>Contribuição per capita</i>	16
2.3.4 <i>Coefficientes</i>	17
2.3.5 <i>Vazões totais</i>	17
2.4 ESTUDO DO CORPO RECEPTOR.....	19
2.4.1 <i>Definição do corpo receptor do Bairro Serrinha</i>	19
2.4.2 <i>Modelagem do Ribeirão Lambari</i>	19
2.4.3 <i>Conclusões</i>	21
2.5 SOLUÇÃO PROPOSTA	21
2.5.1 <i>Concepção do sistema</i>	21
2.5.2 <i>Descrição das unidades da estação de tratamento</i>	22
2.5.3 <i>Estimativas de concentrações no efluente do tratamento</i>	30
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
3.1 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DO BAIRRO SERRINHA - MG	32
4 CONCLUSÕES	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização do município de Gonçalves.....	5
Figura 2 – Localização de Gonçalves e do Bairro Serrinha.....	6
Figura 3 – Local a ser implantada a estação de tratamento de esgotos.....	7
Figura 4 - Perspectiva 3D do sistema de tratamento de esgotos pré-fabricado.....	26
Figura 5 - Unidade de clarificação e desinfecção do tratamento.....	27
Figura 6 - Sistema de tratamento de efluentes em funcionamento, detalhe das caixas d'água com a água de reúso.....	28
Figura 7 - Tratamento preliminar da estação de tratamento de efluentes.....	39
Figura 8 - Detalhe do aerador do reator aeróbio.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Contribuição per-capita de água potável.....	17
Tabela 2 – Geração de esgotos no horizonte de projeto.....	18

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ETE – Estação de tratamento de esgotos

DBO- Demanda bioquímica de oxigênio

CT – Coliformes totais

MG – Minas Gerais

SP – São Paulo

PVC – Poli Cloreto de Vinila

ANA – Agência Nacional de Águas

Prosab – Programa nacional em saneamento básico

NMP – Número mais provável

PH – Potencial de hidrólise

mg/l – Miligramas por litros

l/s – Litros por segundo

IBO – Informações básicas operacional

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas

NBR – Norma brasileira

1 INTRODUÇÃO

Esse trabalho é um estudo de caso para propor uma solução para o sistema de tratamento e disposição final dos esgotos do Bairro Serrinha em Gonçalves – MG visando a sustentabilidade ambiental do sistema.

O Município de Gonçalves, com 188 km² de área territorial, está localizado a 461 km de Belo Horizonte, pertence à Região do Sul/Sudoeste do Estado de Minas Gerais, conforme figura 1, e está inserido na Microrregião de Pouso Alegre. Limita-se ao Norte com o município de Paraisópolis, ao Leste com o município de São Bento do Sapucaí (SP), ao Sul com o município de Sapucaí Mirim e a Oeste com o município de Camanducaia.

A cidade encontra-se em plena Serra da Mantiqueira, a 1350m de altitude.



Figura 1 – Localização do município de Gonçalves

O Bairro Serrinha está distante 1400 metros da sede de Gonçalves – MG, conforme figura 2. O bairro atualmente não possui tratamento dos esgotos, sendo esses lançados em estado bruto em um ribeirão existente no talvegue do bairro. Devido a distância em relação à sede

Gonçalves e à topografia desfavorável, o Bairro Serrinha deverá possuir uma infra-estrutura sanitária independente da sede Gonçalves.

O Bairro Serrinha possui sistema de rede coletora executada em PVC com diâmetros de 100 e 150 mm. As redes coletoras não apresentam problemas como refluxos ou entupimentos. Apesar de apresentarem diâmetros de 100mm em vários trechos, não serão realizados projetos de novas redes, pois as redes existentes apresentam bom funcionamento e também por não ser este o principal objetivo para o Bairro Serrinha. Segundo informações dos responsáveis pelo sistema local existem aproximadamente 600 metros de redes coletoras.

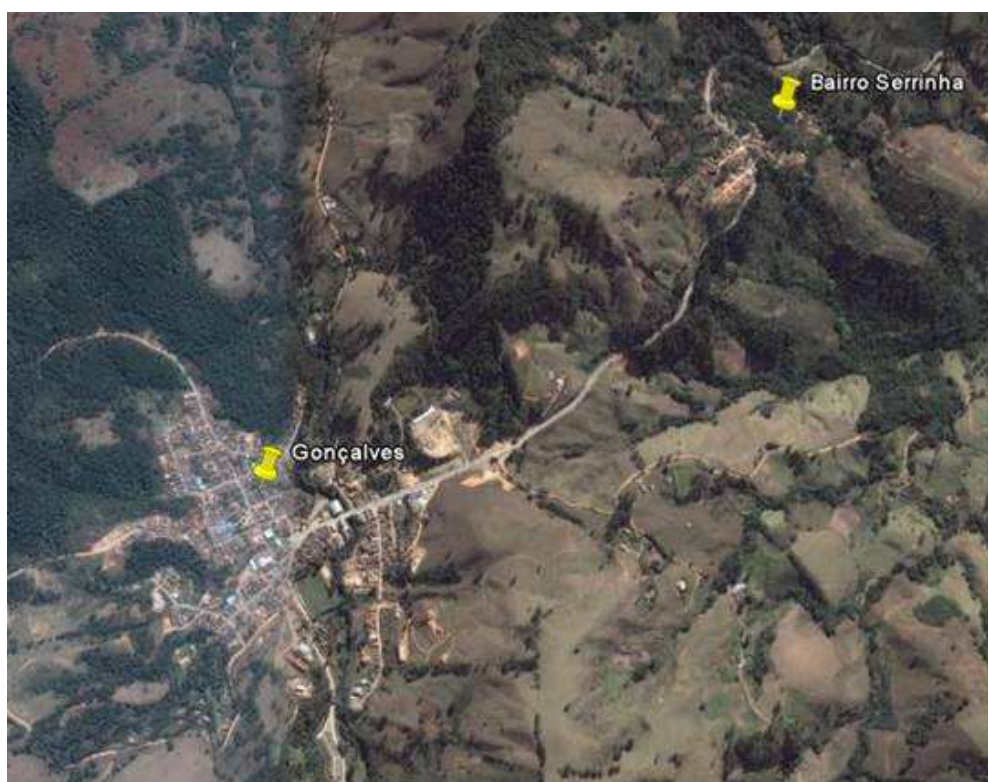


Figura 2 - Localização de Gonçalves e do Bairro Serrinha

A expectativa para o projeto do bairro é de um sistema com baixa demanda de área, alta eficiência na remoção de DBO para se enquadrar nos padrões de lançamento da COPAM e manter o enquadramento do Ribeirão Lambarí e um efluente final com concentração de coliformes termo-tolerantes que permita seu reuso para fins não nobres como lavagem de pisos, descargas de vasos sanitários e irrigação de canteiros e jardins.

Para alcançar esse objetivo o projeto irá propor um sistema composto por tratamento preliminar seguido da fase biológica onde será utilizada uma estação de tratamento de esgotos

pré-fabricada. Após a degradação da matéria orgânica presente no efluente o mesmo passara por processos físico químicos para atender os requisitos de qualidade necessários para seu reuso.

Serão estudadas as condições topográficas locais afim de reduzir o custo com movimento de terra, uma vez que o local é bastante acidentado, como podemos ver na figura 3. As condições geotécnicas serão também avaliadas no layout de implantação da estação de tratamento.



Figura 3 – Local a ser implantada a estação de tratamento de esgotos

2 ESTUDO DE CASO

2.1 *Objetivo geral*

O objetivo geral deste trabalho é apresentar uma solução sustentável ambientalmente para o sistema de tratamento e disposição final dos esgotos do Bairro Serrinha em Gonçalves – MG, com vistas a propor reuso para o efluente e para os subprodutos do tratamento.

2.1.3 *Objetivos específicos*

- Propor e avaliar o sistema quanto ao gerenciamento da fase líquida (efluente), reais possibilidades de atendimentos ambientais e propostas de reuso, caracterização do efluente doméstico do Bairro Serrinha em Gonçalves-MG, determinando-se as concentrações de seus principais constituintes;
- Propor e avaliar o sistema quanto ao gerenciamento da fase sólida (preliminar, reatores anaeróbios e lagoas), com enfoque nas possibilidades de aproveitamento e necessidades de disposição final;
- Propor e avaliar o projeto do sistema quanto ao gerenciamento da fase gasosa (biogás), com enfoque nas possibilidades de aproveitamento energético e minimização de maus odores.
- Agregar valor ao efluente e aos subprodutos da estação de tratamento de esgotos.

2.2 REVISÃO DA LITERATURA

2.2.3 Considerações sobre a realidade dos esgotos no Brasil

Quase metade do Brasil não tem coleta de esgoto. De acordo com pesquisa do IBGE, de 2002, apresentada no Plano Nacional de Recursos Hídricos, 47,8% dos municípios não coletam nem tratam os esgotos. Entre os 52,2% dos municípios têm o serviço de coleta, 20,2% coletam e tratam o esgoto coletado e 32% só coletam.

"O lançamento de esgotos domésticos nos corpos hídricos é o principal problema de qualidade das águas", afirma a Agência Nacional de Águas (ANA) no Plano Nacional de Recursos Hídricos. A construção de estações de tratamento de esgoto é um dos desafios do Brasil para melhorar a questão sanitária no país.

O Plano ressalta que os grandes sistemas de tratamento que trabalham de forma ineficiente são grande fontes poluidoras. "A maior fonte de poluição das águas por esgotos não está relacionada à parcela da população sem rede coletora e sim àquela com rede, incluindo parte da que tem tratamento, haja vista as baixas eficiências, associadas à precária operação muitas vezes encontrada".

"Uma vez que a cobertura do serviço de esgotamento sanitário é reduzida e o tratamento do esgoto coletado não é abrangente, o destino final do esgoto sanitário contribui ainda mais para um quadro precário", destaca o texto do Plano.

Entre os distritos que possuem coleta de esgoto sanitário, pouco mais de 1/3 tratam o esgoto sanitário (33,8%). O restante (66,2%) não dão nenhum tipo de tratamento ao esgoto produzido. "Nesses distritos, o esgoto é despejado *in natura* nos corpos de água ou no solo, comprometendo a qualidade da água utilizada para o abastecimento, irrigação e recreação", destaca o Plano.

Do total de distritos que não tratam o esgoto sanitário coletado, a maioria (84,6%) despeja o esgoto nos rios. Nas regiões Norte e Sudeste, o número sobe para 93,8% e 92,3% respectivamente.

O Plano ressalta que, nas últimas décadas, o Brasil teve "ganhos significativos em relação ao aumento da distribuição de água", mas "não houve avanços expressivos na coleta e tratamento

de esgotos. Se hoje 52,2% dos municípios têm o serviço de coleta, onze anos antes, em 1989, esse número era de 47,3%. (Jornal Folha de São Paulo)

2.2.4 Inconvenientes do lançamento de esgotos não tratados em corpos d'água

O lançamento indiscriminado dos esgotos sem tratamento nos corpos d'água pode causar vários inconvenientes. Esses inconvenientes se apresentam com maior ou menor importância, de acordo com os efeitos adversos que podem causar aos usos benéficos das águas. Assim a poluição causada aos corpos d'água pelo lançamento de esgotos sem tratamento ou apenas parcialmente tratados, é função das alterações da qualidade ocasionadas no corpo receptor, e das implicações relativas às limitações aos usos da água. (Jordão e Pessoa 2009 - Tratamento de esgotos domésticos)

O lançamento de grande quantidade de matéria orgânica solúvel causa a depleção do oxigênio dissolvido contido nos rios e estuários. A matéria orgânica pode causar também a produção de gosto e odor. Materiais tóxicos e íons de metais pesados podem apresentar problemas de toxidez e de transferência através da cadeia alimentar. O lançamento de esgoto bruto pode trazer características estéticas indesejadas como cor e turbidez excessiva e também aumentar a eutrofização de lagos e pântanos devido a introdução de elementos nutritivos como o nitrogênio e o fósforo. Outros inconvenientes do lançamento de esgotos não tratado são a mudança na temperatura do esgoto, aumento de matérias em suspensão, produção de maus odores e presença de óleos e matérias flutuantes.

2.2.5 Sustentabilidade ambiental relacionada ao reuso do efluente.

Reuso de água é a utilização desse insumo por duas ou mais vezes após tratamento. Hoje é possível reduzir os poluentes a níveis aceitáveis, tornando a água apropriada para usos específicos. O reuso de água possui várias classificações: Direto, indireto, intencional, reuso não intencional e reuso potável. O reuso não potável possui um potencial maior de aplicações devido a facilidade de execução. Como não exige níveis elevados de tratamento, o processo é mais viável técnica e economicamente para inúmeras aplicações: agrícolas, industriais, urbano, manutenção de vazões e recarga de aquíferos subterrâneos.

A qualidade da água e o seu uso previsto é que vai estabelecer os níveis de tratamento recomendados, os critérios de segurança a serem adotados e os custos de capital, operação e manutenção associados. (Vantagens do Reúso. Revista Hydro. Junho 2011)

As possibilidades de substituir o uso de água potável por outra água de menor qualidade incluem vários usos (descargas sanitárias, irrigação de gramados, lavagem de veículos, calçadas, indústrias, agricultura, recarga de aquíferos, restauração de habitats e recreação (pesque-pague, manutenção de lagos em praças públicas, e outras).

Entre todas as águas residuárias geradas nas cidades e que apresentam potencial para o reúso, os esgotos sanitários merecem atenção especial por veicularem constituintes potencialmente tóxicos (metais pesados, por exemplo), constituintes causadores de impactos ambientais nos solos e em corpos receptores (matéria orgânica dissolvida e em suspensão, macro e micro nutrientes, substâncias tenso-ativas), microrganismos patogênicos, substâncias químicas suspeitas de serem desreguladores endócrinos, além de apresentarem características estéticas repulsivas, como cor e odor. Na prática, essas características reduzem as possibilidades de reúso, mesmo que se promova o tratamento eficiente para a remoção dos principais poluentes e contaminantes.

O reúso de água residuária tratada não é tema novo na literatura técnica nacional e internacional, embora a implantação de sistemas para suprir demandas específicas seja ainda incipiente no Brasil. Muitos exemplos de ações coordenadas, com real sucesso podem ser vistas em tratamentos e Utilizações de Esgotos Sanitários em diversos países como Israel, Japão, EUA (principalmente na Califórnia), nos países do oriente médio e outros que, devido às suas necessidades e características, foram obrigados a desenvolver tecnologias de reúso de efluentes para suplementar a oferta de água para suprir as suas demandas. Muitos estados americanos exigem que os municípios considerem alternativas de reúso antes de construir ou aumentarem a capacidade de estações de tratamento de água (RIMER, 2006). No Brasil, existem alguns exemplos no estado de São Paulo, transcritos em Mancuso et al. (2003). Entretanto, em todos eles, rigorosos padrões para reutilização de águas residuárias foram buscados, seja em nível internacional, como na Organização Mundial de Saúde, seja em dispositivos legais de abrangências locais, mais restritivos.

Por esse motivo a investigação aprofundada sobre o aperfeiçoamento dos sistemas de tratamento de esgotos a fim de produzir água com qualidade adequada a determinados usos,

bem como a realização de pesquisas específicas sobre a aplicação direta de efluentes de sistemas de tratamento de esgotos sanitários na agricultura e no atendimento a certas demandas industriais e urbanas, pode contribuir decisivamente para a adoção de sistemas de reúso. Em termos de patógenos, usos mais restritivos como irrigação de gramados de acesso público, vegetais que serão ingeridos crus ou mesmo para o uso urbano, requerem um maior grau de tratamento de esgotos que aqueles usos menos exigentes como a produção de pastagens, grãos, flores e outros. Entretanto, cada cultura agrícola tem sua demanda específica por nutrientes e água e, portanto, em termos de fertirrigação, novos conceitos precisam ser incorporados para que se alcance um desempenho otimizado do sistema. (PROSAB-2009)

O esgoto de origem essencialmente doméstica ou com características similares, pode ser tratado e ser reutilizado para fins que exigem qualidade de água não potável, mas sanitariamente segura, tais como, irrigação dos jardins, lavagem de pisos e dos veículos automotivos, na descarga dos vasos sanitários, na manutenção paisagística dos lagos e canais com água, na irrigação dos campos agrícolas, pastagens, etc.

Freqüentemente, o reúso é apenas uma extensão do tratamento de esgotos, sem investimentos adicionais elevados, assim como nem todo o volume de esgoto gerado deve ser tratado para ser reutilizado.

Admite-se também que o esgoto tratado em condições de reúso possa ser exportado para além do limite do sistema local para atender à demanda industrial ou outra demanda da área próxima. No caso de utilização como fonte de água para canais e lagos para fins paisagísticos, dependendo das condições locais, pode ocorrer um crescimento intenso das plantas aquáticas devido a abundância de nutrientes no esgoto tratado. Neste caso, deve-se dar preferência a alternativa de tratamentos que removam eficientemente o fósforo do esgoto. (NBR 13.969 / 97).

A seguir são apresentadas as condições para o reúso classe 2 para efluentes.

Classe 2 – Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes:

- turbidez - inferior a 5;
- coliforme fecal – inferior a 500 NMP/100ml;

· cloro residual superior a 0,5 mg/l

Nesse nível é satisfatório um tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido de filtração de areia e desinfecção. (item 5.6.1 NBR 13.969 / 97)

2.2.4 Sustentabilidade ambiental relacionada ao uso do lodo gerado.

Nos últimos anos, o Brasil tem concentrado esforços operacionais e científicos para o gerenciamento do lodo de esgoto produzido nas estações de tratamento, ao passo que pouca atenção tem sido voltada para o gerenciamento de lodo nos sistemas de tratamento descentralizados (fossas e tanques sépticos, poços absorventes, etc.).

Neste sentido, devido à ausência de orientações e de alternativas técnicas e gerenciais confiáveis, tanto por parte da iniciativa privada, quanto do setor público, a gestão do lodo proveniente das fossas sépticas é, em geral, realizada de forma inadequada. Em algumas regiões, este lodo é lançado nas próprias estações de tratamento de esgoto, se existentes, que aceitam este tipo de resíduo. A maioria do lodo produzido, no entanto, é disposta sem qualquer critério técnico – no solo, em rios e até mesmo como adubo na agricultura – colocando em risco a saúde da população e a qualidade ambiental (ANDREOLI et al, 2007).

Os sólidos gerados nas diversas ETEs incluem areia, lixo e lodo, sendo que, este é o subproduto mais importante dos processos de tratamento. O lodo resultante das operações e processos de tratamento se apresenta, geralmente, em forma líquida ou líquido semi-sólido, que contém normalmente entre 0,25 a 12% de sólidos, dependendo da operação e processo utilizado. De acordo com METCALF-EDDY (1985) “de todos os subprodutos, o lodo é, sem dúvida, o de maior volume e seu tratamento e disposição é, talvez, o problema mais complexo que enfrenta um engenheiro, dentro do campo de tratamento das águas residuárias.” Esses sólidos, que consistem numa mistura de matéria orgânica e inorgânica, se acumulam no sistema e devem ser periodicamente ou continuamente descartados, de acordo com o sistema de tratamento. Sem a correta destinação de lodo, os benefícios da implantação de uma estação de tratamento ficam comprometidos.

Sistemas de tratamento de esgotos já implantados são muitas vezes operados indevidamente, o que diminui sua eficiência, caracterizando-se como um grande desperdício de recursos públicos que não trazem os benefícios esperados.

A quantidade e qualidade do lodo produzido por uma ETE depende da vazão de esgoto tratado, das características do esgoto, do tipo de tratamento e da operação da ETE. Assim, a quantidade de lodo produzido por um sistema pode ser considerada como um referencial da eficiência de operação dos sistemas, os quais prevêm um determinado volume de descarte de lodo. Se o descarte estiver acima ou abaixo deste ideal, reduz a eficiência do sistema. O que ocorre é que em geral, os sistemas são operados com pouca frequência, retirando-se pequenas quantidades de lodo, comprometendo todo o sistema. Existe portanto, uma relação entre a qualidade do afluente, a produção de lodo e a quantidade do efluente tratado. Outro aspecto ligado ao processo de tratamento do esgoto e que influi na produção de lodo é a eficiência do processo de pré-tratamento, principalmente se o efluente carrear altos teores de areia e outros materiais de origem mineral.

O correto tratamento e disposição do lodo de esgoto deve fazer parte de todo o programa de tratamento de efluentes urbanos e industriais, para que os objetivos do saneamento sejam efetivamente atingidos. O custo destas operações pode alcançar 60% dos custos operacionais destas estações e portanto não pode ser negligenciado (WEBBER & SHAMES, 1984).

A reciclagem agrícola alia baixo custo e impacto ambiental positivo quando é realizado dentro de critérios seguros. Ambientalmente é a solução mais correta, pois promove o retorno dos nutrientes ao solo, colaborando para o fechamento no ciclo dos elementos.

O valor agrícola dos lodos como insumo agrícola, a sazonalidade das demandas e os custos envolvidos no seu beneficiamento e transporte, assim como um plano gerencial para a atividade e monitoramento ambiental são aspectos relevantes para a análise desta alternativa.

A reciclagem agrícola deve, necessariamente, estar condicionada a regras que definam as exigências de qualidade do material a ser reciclado e aos cuidados exigidos para estabilização, desinfecção e normas de utilização que incluam as restrições de uso. Assim, a regulamentação de uso é um pré-requisito básico para a utilização desta prática que apresenta grandes dificuldades para sua correta definição, de forma a garantir o uso seguro sem, contudo, inviabilizar o processo pelo excesso de exigências.

Segundo EVANS (1998), mais de 50.000 artigos científicos sobre a reciclagem agrícola de Lodo de ETE já foram publicados, e nenhum efeito adverso do uso controlado do insumo foi encontrado. As regulamentações de uso asseguram a proteção à saúde animal e humana, a qualidade das colheitas, do solo e do meio ambiente em todo o mundo.

É uma alternativa particularmente promissora para países como o Brasil, onde se faz necessária a reposição do estoque de matéria orgânica dos solos devido ao intenso intemperismo das nossas condições climáticas.

Para a higienização do lodo utilizam-se doses de cal virgem de 30 a 50% do peso seco. Dosagens maiores exigem menor tempo de contato com o lodo para proceder tanto a desinfecção quanto a estabilização do material. Recomenda-se dosagens de 50% do peso seco para um período de armazenagem de 60 dias. As pesquisas que definirão o aumento deste tempo para dosagens menores, ainda encontram-se em andamento.

A mistura da cal com o lodo é feita utilizando-se pá e enxada. Adiciona-se cal na superfície do lodo, ainda dentro do leito, e mistura-se o lodo com o cal fazendo um monte, sempre que possível fora do leito de secagem. (PROSAB - 2010).

2.2.5 Sustentabilidade ambiental relacionada ao uso do biogás.

A contínua produção de biogás, gerado pela decomposição anaeróbia dos materiais orgânicos contidos no interior da massa de resíduos é uma realidade nas estações de tratamento de esgotos. No Brasil, a maioria das estações de tratamento de esgotos utiliza a queima imediata do biogás que vai sendo naturalmente drenado. Esse sistema apresenta uma baixa eficiência e estima-se que apenas 20% do biogás drenado seja efetivamente destruído pela queima. O restante é simplesmente emitido para a atmosfera. O biogás é uma mistura de gases que contém principalmente metano e dióxido de carbono, que são causadores do efeito estufa, entre outros gases. Um tratamento adequado do biogás é de suma relevância para mitigar as mudanças globais do clima que sejam implementados projetos efetivos para evitar as emissões de metano provenientes de estações de tratamento de esgotos para a atmosfera. O biogás deve ser visto não apenas como um subproduto a ser queimado e sim como uma oportunidade de aproveitamento energético ou disposição ambientalmente correta no ambiente.

Neste momento há duas situações possíveis para o aproveitamento do biogás. O primeiro caso consiste na queima direta (aquecedores, esquentadores, fogões, caldeiras) e o segundo caso diz respeito à conversão de biogás em eletricidade. Isto significa que o biogás permite a produção de energias elétricas e térmicas. (ProSAB-2010)

2.3 CRITÉRIOS E PARÂMETROS DE PROJETO

2.3.1 Alcance de projeto

O alcance do projeto foi definido para 20 anos, sendo:

- Ano de 2011.....Início execução projetos
- Ano de 2012.....Obras
- Ano de 2012.....Início da Operação
- Ano de 2032.....Final de plano

2.3.2 População de projeto

Tomando por base o número de casas existentes, segundo informação do Escritório local da COPASA, igual a 67, o número de habitantes/casa igual a 3,26 (IBO- 2010 COPASA) e a taxa de crescimento de 28,64% para o período 2010-2032 (IPEAD-CEDEPLAR), temos:

População atual = $67 \times 3,26 = 219$ habitantes.

População em 2032 = $219 (1 + 0,2864) = 282$ habitantes.

2.3.3 Contribuição per capita

A cota “per capita” adotada foi a determinada a partir do SIOP- Sistema de informações Operacionais / IBG – Informações Básicas Gerenciais, da COPASA, para a cidade de Gonçalves, no período de Março 2009 a Fevereiro 2010. Esse consumo micro medido foi relacionado com a população apresentada no IPEAD – UFMG 2010 para se obter o valor do per capita micro medido para o Bairro Serrinha.

TABELA 1 – Contribuição per-capita de água potável

Mês / Ano	Per Capita Micro
	l/hab.dia
03/2009	133,31
04/2009	152,40
05/2009	139,09
06/2009	141,75
07/2009	138,36
08/2009	154,41
09/2009	147,13
10/2009	154,33
11/2009	149,20
12/2009	142,33
01/2010	164,96
02/2010	156,94
Média	147,85

2.3.4 Coeficientes

De acordo com as Normas Técnicas da ABNT NBR 9649 (Projeto de redes coletoras de esgotos sanitários) e NBR 14486 (Sistemas Enterrados Para Condução de Esgotos Sanitários- Projeto de Redes Coletoras Com Tubos de PVC), os coeficientes adotados serão:

K1 – 1,20 coeficiente relativo à contribuição máxima diária

K2 – 1,50 coeficiente relativo à contribuição máxima horária.

K3= 0,50 Coeficiente relativo a mínima vazão horária.

Kr = 0,80 Coeficiente de retorno.

N = 100% Nível de atendimento.

2.3.5 Vazões totais

Para a determinação da taxa de infiltração e da vazão de infiltração, foi utilizada a seguinte referencia:

Vazão de infiltração, de acordo com o Laudo de Análise de Conformidades da Fiscalização da COPASA:

Segundo o laudo acima referido, a vazão de infiltração não deve superar 25% da vazão máxima de fim de plano.

Sendo a vazão máxima de fim de plano igual a 0,681 l/s, a vazão de infiltração seria de, no máximo, 0,17 l/s., no fim do plano.

TABELA 2 – Geração de esgotos no horizonte de projeto

ANO	POPULAÇÃO			VAZÕES (L/s)						
				DOMÉSTICA			Infiltração 25% Qmax	TOTAL C/ INFILTRAÇÃO		
	Hab.	%	Atendid a (hab)	Mínima	Média	Máxima		Mínima	Média	Máxima
2.010	219	100	219	0,15	0,30	0,54	0,13	0,28	0,43	0,67
2.011	222	100	222	0,15	0,30	0,55	0,14	0,29	0,44	0,68
2.012	225	100	225	0,15	0,31	0,55	0,14	0,29	0,45	0,69
2.013	228	100	228	0,16	0,31	0,56	0,14	0,30	0,45	0,70
2.014	231	100	231	0,16	0,32	0,57	0,14	0,30	0,46	0,71
2.015	234	100	234	0,16	0,32	0,58	0,14	0,30	0,46	0,72
2.016	237	100	237	0,16	0,32	0,58	0,15	0,31	0,47	0,73
2.017	240	100	240	0,16	0,33	0,59	0,15	0,31	0,48	0,74
2.018	243	100	243	0,17	0,33	0,60	0,15	0,32	0,48	0,75
2.019	246	100	246	0,17	0,34	0,61	0,15	0,32	0,49	0,76
2.020	249	100	249	0,17	0,34	0,61	0,15	0,32	0,49	0,77
2.021	252	100	252	0,17	0,34	0,62	0,16	0,33	0,50	0,78
2.022	255	100	255	0,17	0,35	0,63	0,16	0,33	0,51	0,79
2.023	258	100	258	0,18	0,35	0,64	0,16	0,34	0,51	0,79
2.024	261	100	261	0,18	0,36	0,64	0,16	0,34	0,52	0,80
2.025	264	100	264	0,18	0,36	0,65	0,16	0,34	0,52	0,81
2.026	267	100	267	0,18	0,37	0,66	0,16	0,35	0,53	0,82
2.027	270	100	270	0,18	0,37	0,67	0,17	0,35	0,54	0,83
2.028	273	100	273	0,19	0,37	0,67	0,17	0,36	0,54	0,84
2.029	276	100	276	0,19	0,38	0,68	0,17	0,36	0,55	0,85
2.030	279	100	279	0,19	0,38	0,69	0,17	0,36	0,55	0,86
2.031	280	100	280	0,19	0,38	0,69	0,17	0,36	0,56	0,86
2.032	282	100	282	0,19	0,39	0,69	0,17	0,37	0,56	0,87

2.4 Estudo do corpo receptor

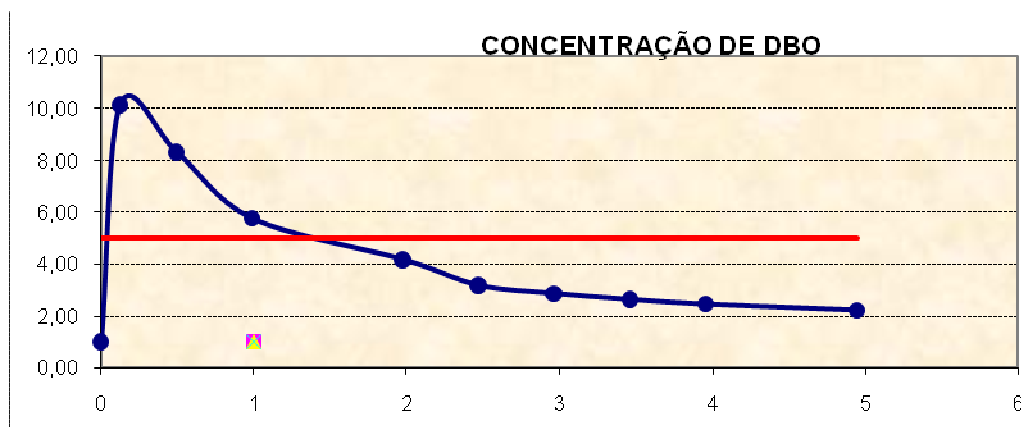
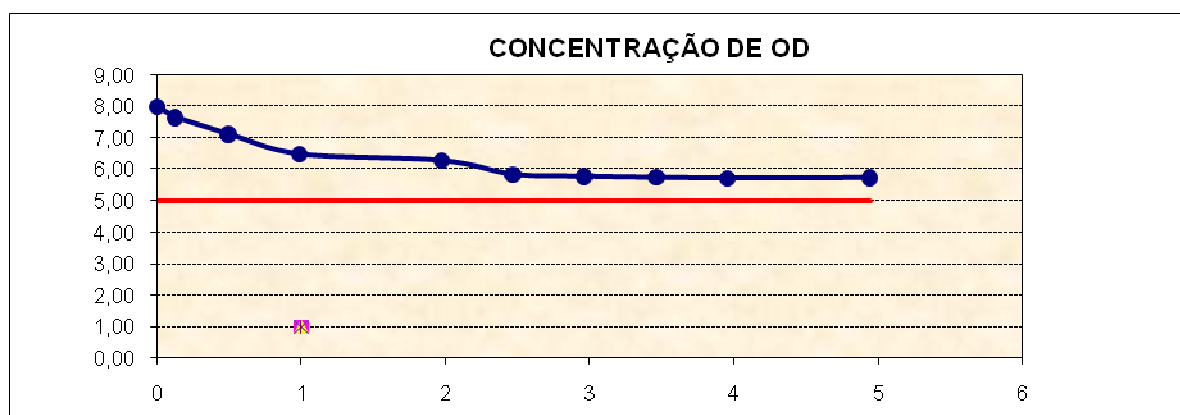
2.4.1 Definição do corpo receptor do Bairro Serrinha

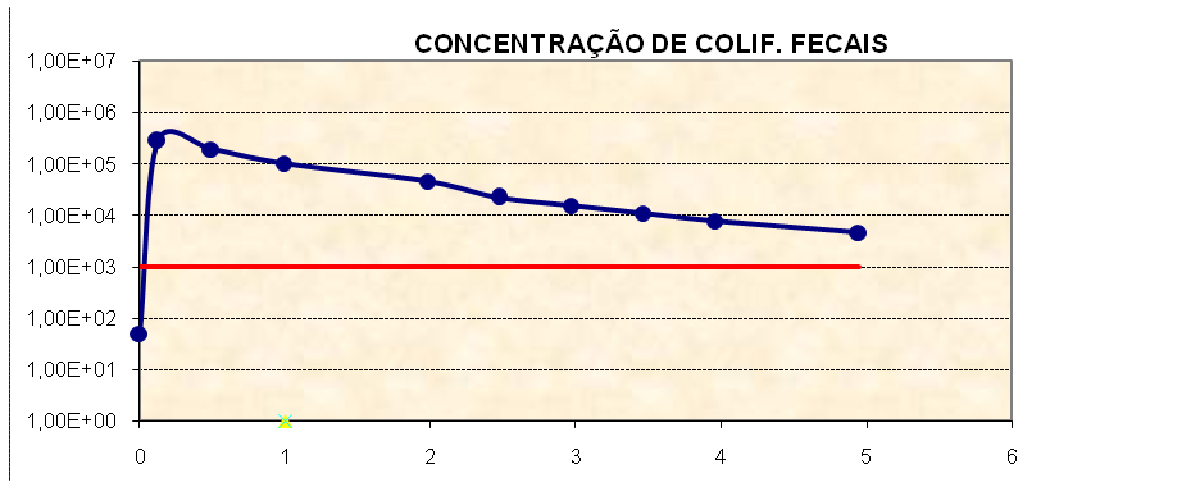
No bairro Serrinha nasce o ribeirão Lambari, que é afluente do Rio Sapucaí - Mirim. O corpo receptor escolhido para receber os efluentes tratados da futura ETE é o próprio Rib. Lambari, pertencente à bacia GD-3 – Rios Mineiros da Bacia do Rio Grande, conforme definição do Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM. O rio está classificado como Classe 2, uma vez que o seu enquadramento ainda não está aprovado. O corpo receptor foi escolhido por ter possibilidade de ter emissário final por gravidade e ter maior porte.

2.4.2 Modelagem do Ribeirão Lambari

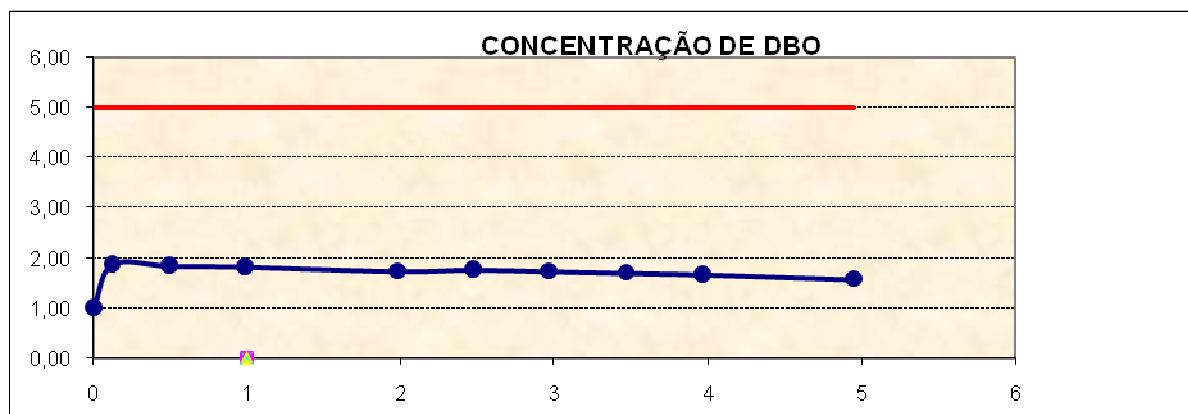
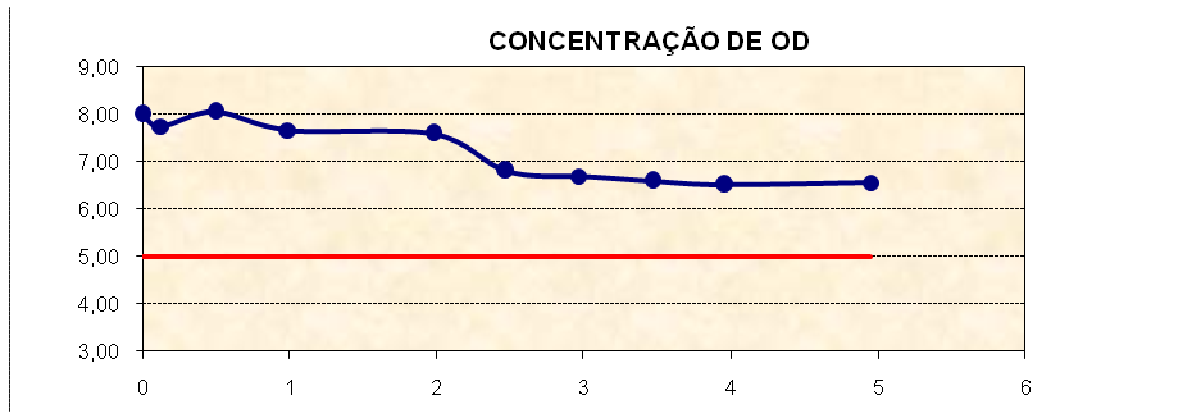
A seguir são apresentados os gráficos da modelagem do Ribeirão Lambari para concentração de Oxigênio dissolvido (OD mg/L), DBO (mg/L) e Colif. Fecais (nmp/100ml). No eixo das abscissas estão as distâncias em Km desde o ponto de lançamento.

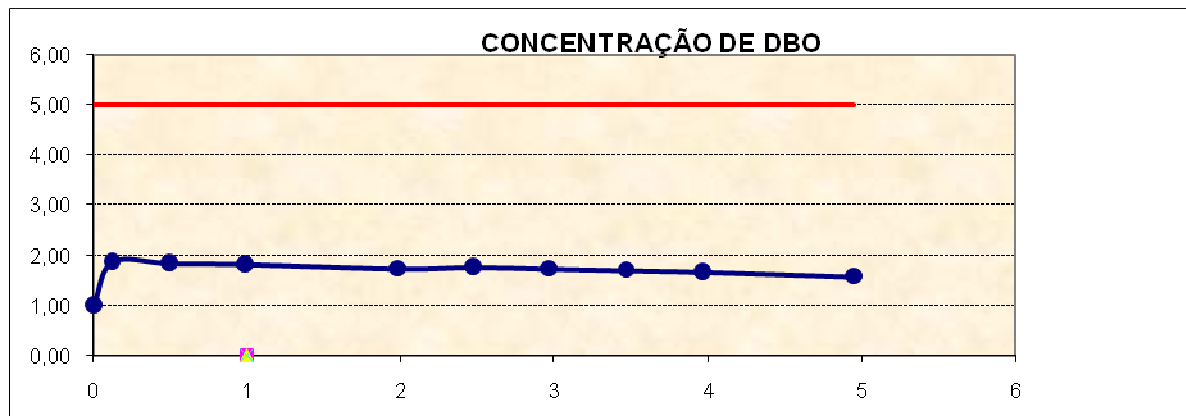
Simulação do lançamento de efluentes sem tratamento no corpo receptor.





Simulação do lançamento de efluentes com tratamento secundário no corpo receptor.





2.4.3 Conclusões

Conforme o estudo de autodepuração realizado para o corpo receptor dos esgotos tratados da cidade de Gonçalves, a luz da legislação ambiental específica referente aos lançamentos de esgotos nos cursos d'água, mostram que:

O ribeirão Lambari, devido ao possível lançamento de esgoto “in natura” do bairro Serrinha, terá a qualidade de suas águas comprometida nos primeiros quilômetros de sua extensão, levando o curso d'água à características de classe 4 em Coliformes Termotolerantes e DBO.

Para manter o rio na classe 2 e atender à legislação pertinente, a futura estação de tratamento de esgoto da cidade, deverá ser projetada para nível secundário, e deverá lançar o esgoto tratado a uma distância de 1,5km, medidos a partir da nascente, através de um emissário, chegando ao leito principal do ribeirão.

Atenção deve ser dada ainda ao parâmetro Coliformes Termotolerantes, que mesmo tratando os esgotos em nível secundário, a concentração supera os limites definidos para classe 2 no primeiro quilômetro. Esta situação, em nossa opinião, não caracterizaria a necessidade de introduzir um processo de desinfecção do efluente, porém deve ser negociado com o órgão ambiental.

2.5 Solução proposta

2.5.1 Concepção do sistema

Para o tratamento de esgotos sanitários do Bairro Serrinha temos várias opções de tecnologias de tratamento. Dentre as opções analisadas estão : lagoas de polimento de baixa profundidade,

sistema de reatores anaeróbios seguidos de filtros anaeróbios, filtros aeróbios de alta taxa e sistemas pré-fabricados de tratamento.

O sistema de lagoas foi descartado pelas condições topográficas do local onde o movimento de terra seria muito grande elevando bastante o custo de implantação. O sistema anaeróbio com reatores e filtros não foi a opção utilizada pois não alcançaria a eficiência requerida para as condições de reuso além da dificuldade de execução devido a mão de obra não qualificada do local. O sistema de filtros aeróbio de tratamento foi descartado também pela dificuldade de mão de obra qualificada na região para a execução da obra. Foi escolhido o sistema pré-fabricado pela facilidade de instalação, baixo movimento de terra e alta eficiência do sistema para a proposta de reuso.

O sistema proposto para o Bairro Serrinha consiste de tratamento preliminar visando a remoção de sólidos grosseiros e areia, para o fase biológica será utilizado um sistema pré-fabricado de tratamento com reator aeróbio seguido por um polimento do efluente por sistema físico-químico de clarificação, filtração e desinfecção do efluente. Será também utilizado um digestor para estabilização anaeróbia do lodo gerado no reator aeróbio e um leito de secagem para a desidratação deste lodo. Buscando a sustentabilidade ambiental a estação de tratamento propõem o reuso do efluente líquido, gasoso e sólido. Buscando a destinação final sustentável do ponto de vista ambiental, o sistema fará uso de todos os subprodutos do tratamento.

2.5.2 Descrição das unidades da estação de tratamento

Foi projetada uma casa de apoio para a estação de tratamento com 12,75 metros quadrados, que conta com uma copa/depósito de ferramentas, um tanque para lavagem de equipamentos e ferramentas e um banheiro. A casa de apoio servirá também como guarita para a estação.

O tratamento preliminar da estação de tratamento de esgotos foi adotado conforme projeto padrão da companhia de saneamento local para a vazão de 1 l/s com grade de limpeza manual, desarenador de canal único e medidor de vazão Parshall com largura de garganta de 2''. Essa unidade visa a retenção de sólidos grosseiros e areia além de permitir a medição da vazão afluente a estação de tratamento. Os resíduos gerados no tratamento preliminar serão aterrados na própria estação de tratamento de esgotos, em valas de aterro sanitário.

Para o tratamento biológico será utilizada uma estação de tratamento pré-fabricada produzida pela Alfamec Soluções Ambientais. O sistema que visa o enquadramento do esgoto em uma classe 2 de reuso de água e possui duas etapas distintas, a fase de tratamento biológica visando reduzir a carga de matéria orgânica e a fase físico-química que visa a clarificação do efluente e sua desinfecção. O esgoto será lançado no tanque de aeração que oxigenará por 5 horas o esgoto, atendendo aos padrões de redução de carga orgânica. A redução de carga orgânica na unidade é de 80%, segundo dados do fabricante. Após a etapa de degradação de matéria orgânica o efluente tratado é recalcado para um sistema que funciona como uma estação de tratamento de água, atendendo com segurança aos padrões exigidos pelas normas que ditam os parâmetros obrigatórios para o reúso. O reator biológico será oxigenado por aeradores acoplados em flutuadores especialmente desenvolvidos para as suas dimensões. Após este procedimento o efluente descansará por um período pré-definido para que o lodo se sedimente, por gravidade, no fundo do tanque, de onde o excesso será descartado e encaminhado ao digestor anaeróbio. Na fase físico-química o efluente tratado passará a por um misturador hidráulico para dosagem de coagulante orgânico para a garantia da clarificação. Em seguida é encaminhado a um decantador pressurizado. A Jusante do decantador haverá o filtro rápido de areia e em seguida uma nova câmara utilizada para dosagem de hipoclorito de sódio para desinfecção e assim atender as condições de reúso seguro. Após a desinfecção o efluente é recalcado à tanques de armazenamento para que a água possa ser reutilizada. O reuso proposto para esse efluente é de classe 2 que consiste em lavagens de pisos e calçadas, irrigação de jardins, descargas de vasos sanitários e manutenção de lagos e canais. A energia necessária para o sistema será feita através de captação solar com complemento elétrico. A tecnologia de tratamento se mostra adequada ao caso, pois o sistema aeróbio é pouco impactado pela baixa temperatura, predominante no local, devido a altitude e suporta melhor os picos de vazão conseguindo atingir um melhor resultado em relação a remoção de matéria orgânica em relação a tecnologias anaeróbias quando submetidas ao mesmo tempo de detenção hidráulico. A demanda de área também se mostrou satisfatória apresentando um área resultante de 2,5m²/habitante.

O sistema pré-fabricado de tratamento e desinfecção é comercializado atualmente por R\$ 165.000,00 sem o custo de transporte. Esse valor apresenta uma boa relação de custo benefício, uma vez que sistema para atender apenas o parâmetro de carga orgânica, para essa vazão apresentam valores próximos a R\$ 100.000,00.

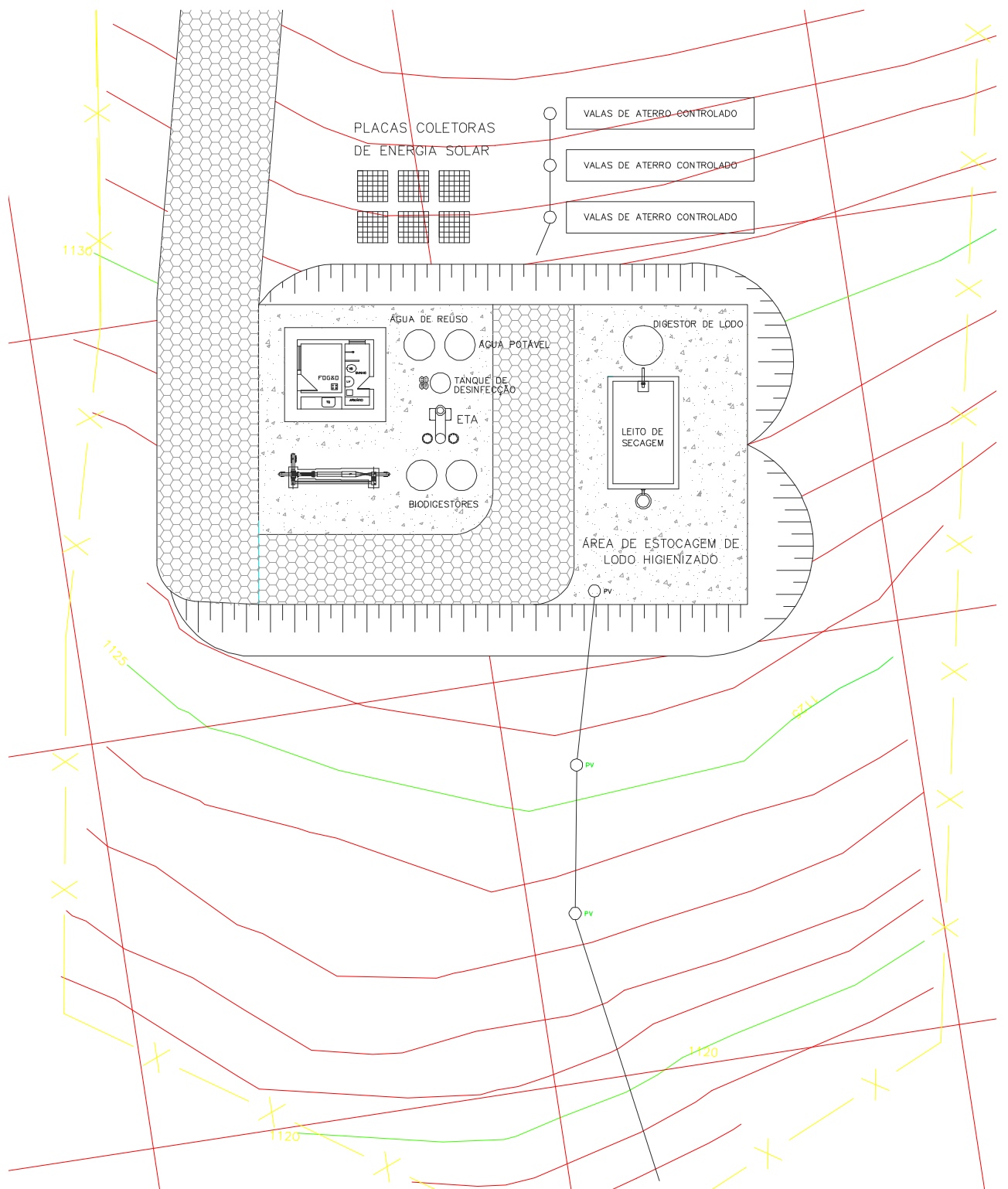
O lodo gerado no reator aerado deverá passar por processo de estabilização anaeróbia em digestor para depois ser desidratado em leitos de secagem. Após a desidratação do lodo o mesmo irá sofrer higienização com adição de cal virgem na proporção de 25% em relação ao peso seco. A higienização será feita pelo próprio operador fazendo a mistura da cal com o lodo seco com a enxada e deixando a leira em descanso para que o processo de higienização se complete. O tempo para a higienização pode variar de 2 a 4 semanas.

O Biogás gerado do digestor anaeróbio será utilizado no fogão da casa de apoio para o preparo de alimentos. O biogás será drenado em tubulação de aço carbono de 1” passará por um selo hídrico e então será acumulado em um pequeno reservatório pulmão. Esse reservatório terá função de acumular o biogás, garantindo a acumulação do biogás para o momento em que for demandado. A tubulação de alimentação do fogão será interligada a tubulação do botijão de gás comum caso haja a necessidade de complementação do abastecimento de gás para manutenção da chama.

À água de reuso será utilizada na estação de tratamento para a lavagem e manutenção das unidades e irrigação de gramados e jardins. Será derivada uma tubulação do reservatório de água de reuso que alimentará o vaso sanitário da casa de apoio. A água de reuso poderá também abastecer caminhões pipa que fazem a limpeza de calçadas e irrigação de canteiros e jardins da cidade de Gonçalves. Atualmente em São Paulo o metro cúbico de água potável tem sido comercializado por R\$ 1,20 enquanto a água de reuso tem sido comercializada por R\$ 0,57. Com isso temos a estação de tratamento de esgotos do Bairro Serrinha gerando um efluente com valor comercial.

Após a higienização do lodo o mesmo poderá ser encaminhado para uso como adubo para fins agrícolas ou ser destinado a canteiros e jardins na cidade de Gonçalves. O valor do adubo natural tem sido comercializado na faixa de R\$ 500,00 a tonelada, agregando valor a este subproduto do tratamento. O biogás será usado como fonte de calor para o preparo de alimentos na estação de tratamento de esgotos diminuindo a demanda de compra de gás industrializado e apresentando mais uma economia utilizando-se do potencial dos subprodutos da estação de tratamento.

A seguir é apresentado um layout da estação de tratamento de esgotos proposta para a Bairro Serrinha de Gonçalves – MG.



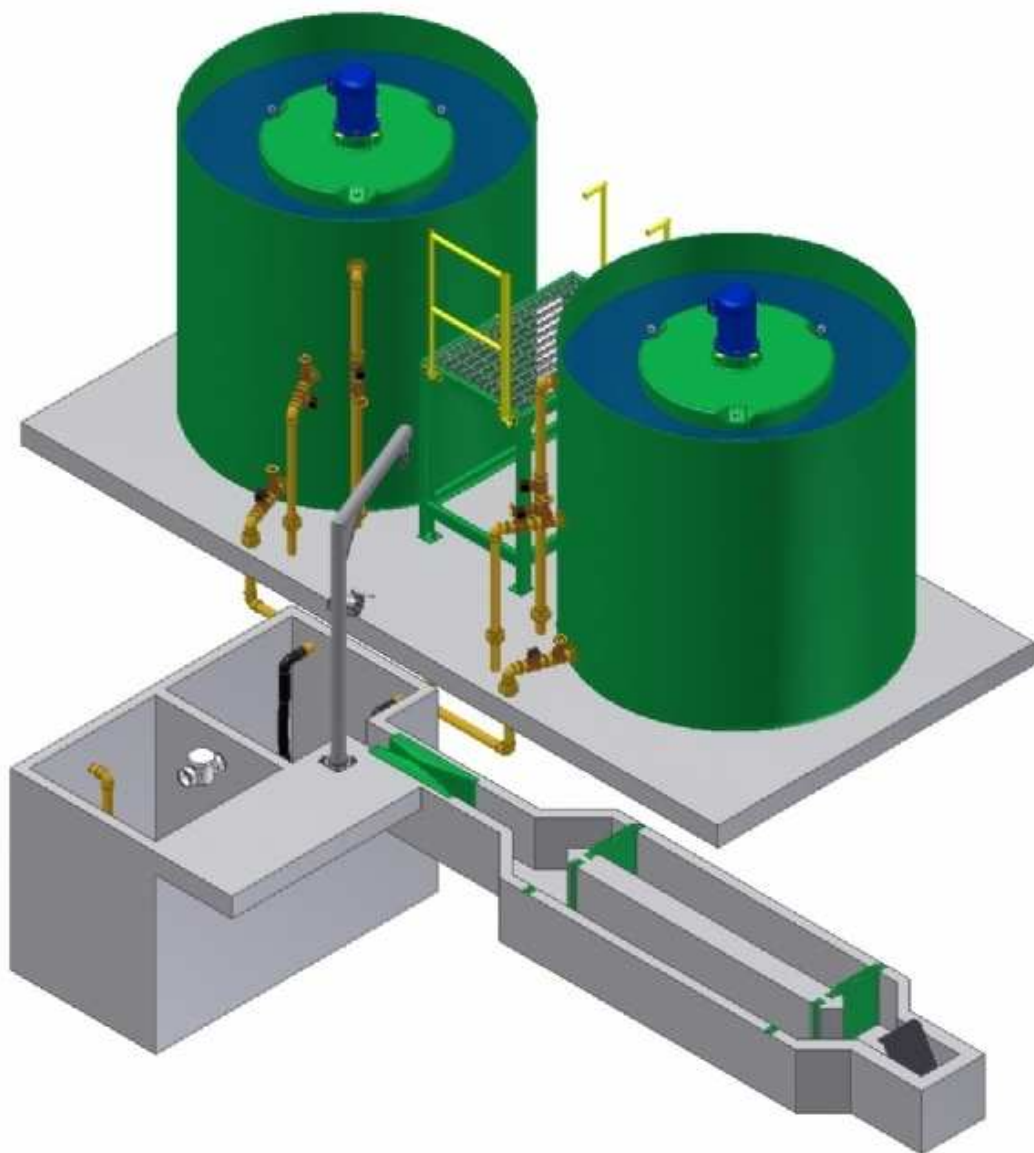


Figura 4 - Perspectiva 3D do sistema de tratamento de esgotos pré-fabricado.



Figura 5 - Unidade de clarificação e desinfecção do tratamento.



Figura 6 - Sistema de tratamento de efluentes em funcionamento, detalhe das caixas d'água com a água de reuso.



Figura 7 - Tratamento preliminar da estação de tratamento de efluentes.



Figura 8 - Detalhe do aerador do reator aeróbio

2.5.3 Estimativas de concentrações no efluente do tratamento

A seguir é apresentado um laudo referente da qualidade do efluente final e seus principais parâmetros físico-químicos para um sistema de tratamento semelhante ao proposto neste trabalho.



LAUDO DE ANÁLISE DE ÁGUA TRATADA

Laboratório credenciado pelo Inmetro conforme NBR ISO/IEC 17025/2001 - CRL 0167

Ponto de monitoramento da água de reuso

Local de coleta:

Reservatório de água de reuso nas instalações da Volvo em SP

Mês de referência :

fev/11

Data da coleta :

12/02/2011

Parâmetros			Resultado
Alumínio Total	mg/L		0,33
amoníaco	mg/L		64
Bário Total	mg/L	1*	<0,1
Cádmio Total	mg/L	1*	<0,01
Chumbo Total	mg/L	1*	<0,01
Cianeto	mg/L	1*	<0,05
Cloreto	mg/L		165
Cloro residual	mg/L		0,6
Cobre total	mg/L	1*	0,06
Coliformes Fecais	NMP/100ml		15
Cor	mgPt/L		910
Cor aparente	mgPt/L		910
Cor verdadeira	mgPt/L		450
Coliformes totais	NMP/100ml		500
Cromo Total	mg/L	1*	<0,05
DBO	mg/L	1*	36
DQO	mg/L	1*	67
Estanho Total	mg/L	1*	<0,2
Fenóis	mg/L	1*	<0,01
Ferro Total	mg/L	1*	0,82
Fluoreto	mg/L	1*	0,32
Fosfato Total	mg/L		46
Lítio Total	mg/L		<0,1
Manganês	mg/L	1*	0,2
Mercurio Total	mg/L	1*	<0,001
Nitrogênio Nitrato	mg/L		55
Nitrogênio Nitrito	mg/L		0,65
Óleos e graxas	mg/L	1*	20
Oxigênio dissolvido	mg/L	1*	3,2
pH		1*	6,59
Prata Total	mg/L	1*	<0,02
Selênio Total	mg/L		<0,01
Sulfato	mg/L	1*	29
Sulfeto	mg/L	1*	<0,1
Turbidez	NTU		5
Vanádio Total	mg/L		<0,1
Zinco Total	mg/L	1*	0,22

1) Análises realizadas conforme metodologia básica descrita no "Standard Methods" 20th edition

2) Os resultados apresentados referem-se exclusivamente a amostra analisada

3) 1* Parâmetro analítico credenciado pelo INMETRO conforme NBR ISO/IEC 17025

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Estação de tratamento de esgotos do bairro Serrinha - MG

O sistema de tratamento de esgotos proposto para o bairro de serrinha alcançará o resultado esperado uma vez que irá cumprir o requisito da sustentabilidade ambiental, pois terá seu efluente reutilizado e seus subprodutos tratados e destinados de maneira ambientalmente correta. O lodo estabilizado será tratado de forma a poder ser destinado a canteiros e jardins, assim como fins agrícolas. O volume de reuso que não for utilizado poderá ser descartado de forma a atender os padrões de lançamento do corpo receptor Ribeirão Lambari apresentados. O biogás será aproveitado para a geração de calor. A estação fará uso favorável das condições topográficas e geotécnicas para minimizar seus custos de implantação e operação, sem abrir mão da qualidade no tratamento. Foi demonstrado também o potencial econômico dos efluentes e subprodutos do tratamento.

4 CONCLUSÕES

O objetivo geral deste trabalho foi alcançado uma vez que o sistema proposto vai atender as necessidades dos parâmetros ao efluente final e para os subprodutos. Com esse estudo provou-se que boas soluções, ambientalmente sustentáveis, para sistemas de tratamento podem ser realizadas uma vez que se estude as condições naturais locais e as utilize de forma a favorecer o projeto e que sempre se proponha um sistema adequado às necessidades locais. A seguir são apresentadas as principais conclusões do trabalho :

- A sustentabilidade ambiental pode ser aplicada em um sistema de tratamento de pequeno porte.
- O efluente e os subprodutos de um sistema de tratamento de efluentes possuem grande potencial para reutilização ou destinação adequada.
- O reuso é apenas uma extensão do tratamento devendo ser considerada como uma alternativa de alta sustentabilidade ambiental.
- Os efluentes e os subprodutos do tratamento podem ser trabalhados de forma a agregar valor comercial em suas utilizações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

França, J. L., Vasconcellos, A. C. *Manual para normalização de publicações técnico-científicas*. 7ª ed., p. 242. UFMG: 2004.

Jordão, E. P., Pessoa, C. A. *Tratamento de esgotos domésticos*. 5ªed., p. 7. FAPERJ: 2009.

Chericharo, C. A. L. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Reatores anaeróbios*. 2ªed p. 19. UFMG: 2007.

Cassini, S. T. *Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás*. PROSAB, p. 121 – 161, 2009.

Fernandes, V. M. C. *Reuso de água*. Revista Hydro, 2011.

Sperling, M. V. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Introdução à qualidade das águas residuárias e ao tratamento de esgotos*. UFMG, p.53-65, 2005.

ANA. *Agência nacional das águas*. www.ana.gov.br/Similares.

CONAMA. *Conselho nacional do Meio Ambiente*. www.mma.gov.br/conama.