

N. CLASS.	628.3
CUTTER	M672a
ANO/EDIÇÃO	2015

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG

ENGENHARIA CIVIL

TAÍS CARVALHO DE MIRANDA

**ALTERNATIVAS PARA O CONTROLE DE EMISSÕES DE ODORES NA
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO NO MUNICÍPIO DE BOA
ESPERANÇA- MG**

**VARGINHA/MG
2015**

TAÍS CARVALHO DE MIRANDA

**ALTERNATIVAS PARA O CONTROLE DE EMISSÕES DE ODORES NA
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO NO MUNICÍPIO DE BOA
ESPERANÇA- MG**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para obtenção de grau bacharel sob a orientação do Prof. Leopoldo Uberto Ribeiro Júnior

**VARGINHA/MG
2015**

Grupo Educacional UNIS

TAÍS CARVALHO DE MIRANDA

**ALTERNATIVAS PARA O CONTROLE DE EMISSÕES DE ODORES NA
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO NO MUNICÍPIO DE BOA
ESPERANÇA- MG**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil
do Centro Universitário do Sul de Minas- UNIS/MG,
como pré-requisito para obtenção de grau bacharel pela
Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

Prof. Ivana Prado de Vasconcelos

Prof. Leopoldo Freire Bueno

Prof. Leopoldo Uberto Ribeiro Júnior

OBS.:

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por me guiar e me dar forças para nunca desistir e aos meus pais pelo apoio e compreensão durante a minha vida acadêmica.

“A persistência é o caminho do êxito.”
(Charles Chaplin)

RESUMO

No município de Boa Esperança, sul de Minas Gerais, vem ocorrendo problemas de emissões de odores provenientes da estação de tratamento de esgoto do município. Reclamações da população começaram a ser feitas e para identificar o nível do incômodo dos odores, foi aplicado um questionário em bairros distintos do município. Os resultados obtidos através do questionário permitiram a constatação que o odor é um problema no município de Boa Esperança, pois, do total dos entrevistados, 63% apontaram sentir os odores vindos da ETE. Desse total, quase 40% considerou a intensidade do odor grande e o descreveu como de alimentos podres como carne em decomposição, frutas e ovo podre. Portanto, alguma medida deve ser tomada para a resolução desse problema e, existem alguns tipos de tratamentos para o odor, eles se dividem em físicos, químicos e biológicos. Para o município, a prefeitura optou por adotar métodos que são economicamente viáveis. Foram escolhidos os métodos de Lavador Químico, Combustão Direta e Cortina Verde. Também foi analisado um sistema ideal em que vários aspectos foram analisados como sustentabilidade, eficiência, confiabilidade, entre outros. O presente trabalho tem o objetivo de analisar os métodos adequados para o município visando o aspecto econômico, os custos fixos e operacionais dos métodos.

Palavras-Chave: Economia, Método, Odor, Esgoto.

ABSTRACT

In the city of Boa Esperança, south of Minas Gerais, odor emanation problems have been occurred from the municipal sewage treatment plant. Complaints from the population started to occur and in order to identify the level of odors nuisance, a questionnaire has been applied in different neighborhoods of the city. The results obtained through the questionnaire allowed the identification that the odor is a problem in the city of Boa Esperança, for the total interviewed people, 63% said they smell odors coming from the Sewage Treatment Plant. Among all of them, almost 40% considered the intensity of the odor as high and described as rotten foods like decaying meat, fruit and rotten egg. Therefore, some action must be taken to solve this problem and there are a few types of treatments for odor, they are divided into physical, chemical and biological. For the city, it was decided to adopt methods that are economically viable. Chemical Washer methods, Direct Combustion and Green Curtain were chosen. An ideal system in which various aspects were analyzed as sustainability, efficiency, reliable, among others was also analyzed. This study aims to analyze the appropriate methods for the municipality aimed at the economic aspect and also the fixed and operating costs of the methods.

Keywords: *Economy, Method, Odor, Sewage.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Faixas de aplicação de diversas tecnologias para o controle de gases.....	16
Figura 02 - Torre de lavagem por oxidação química para desodorização.....	17
Figura 03 - Linhas de Plantio.	19
Figura 04 - Esquema de disposição das árvores.....	19
Figura 05 - (a) Queimador aberto, (b) Queimador fechado.....	21
Figura 06 - Esquema de um Biofiltro	22
Figura 07 - Esquema de um Biolavador.	23
Figura 08 - Mapa de Boa Esperança – MG.	29
Figura 09 - Localização da Estação de Tratamento de Esgoto de Boa Esperança.	30
Figura 10 - Foto Aérea da ETE.	31
Figura 11 - Layout dos componentes da ETE.	32
Figura 12 - Vista da ETE.	34
Figura 13 - Bairros em que foram feitas as pesquisas	36
Figura 14 - Dimensões do Lavador Químico adequado ao município.....	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Questionário.....	35
Quadro 02 - Quantidade de entrevistados que sentiram odor por bairro.....	36
Quadro 03 - Nível de incomodo.....	37
Quadro 04 - Emissões de odores em pequenas ETEs.....	38
Quadro 05 - Quantidade de H ₂ S e NH ₃ produzido na ETE.....	39
Quadro 06 - Características do Lavador Químico.....	40
Quadro 07 - Valor para lavador químico instalado.....	40
Quadro 08 - Valor para NaOCl.....	41
Quadro 09 - Composição de Encargos Sociais.....	41
Quadro 10 - Valor para queimador de gás.....	42
Quadro 11 - Valor para muda de Cipreste.....	43
Quadro 12 - Valor para muda de Eucalipto.....	43
Quadro 13 - Valor total.....	44
Quadro 14 - Valor total.....	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
CRQ - Conselho Regional de Química
EIA – Estudo Impacto Ambiental
ETE – Estação de Tratamento de esgoto
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FUNASA – Fundação Nacional de Saúde
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MG – Minas Gerais
NBR – Norma Brasileira
OMS – Organização Mundial de Saúde
PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico
PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico
PVC – Policloreto de Vinila
RAFA – Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente com Leito de Lodo
RIMA – Relatório de Impacto Ambiental
SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto
SINDBE – Sindicato dos Trabalhadores de Boa Esperança

LISTA DE SIMBOLOS

CO_2 – Dióxido de carbono

H_2S – Sulfeto de Hidrogênio

NaOCl – Hipoclorito de Sódio

NH_3 – Amônia

pH – Potencial Hidrogeniônico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo Geral	13
2.2 Objetivos Específicos	13
3 REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1 Questão do odor.....	14
3.2 Impacto ambiental causado e legislação existente	14
3.3 Métodos para o controle da emissão dos odores	15
3.3.1 Métodos Físicos.....	16
3.3.1.1 Absorção.....	16
3.3.1.2 Adsorção.....	17
3.3.1.3 Condensação.....	17
3.3.1.4 Separação por membrana.....	18
3.3.1.5 Cortina Verde	18
3.3.2 Métodos Químicos.....	20
3.3.2.1 Lavador Químico.....	20
3.3.2.2 Oxidação Catalítica	20
3.3.2.3 Oxidação Térmica.....	20
3.3.2.4 Combustão Direta	21
3.3.2.5 Inibição Química	21
3.3.3 Métodos Biológicos.....	22
3.3.3.1 Biofiltro	22
3.3.3.2 Biolavador	22
3.4 Vantagens e Desvantagens dos métodos	23
4 MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1 Caracterização do tratamento de esgoto	30
4.2 Identificação do problema.....	35
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1 Lavador Químico.....	39
5.2 Combustão Direta	42
5.3 Cortina Verde	43
5.4 Custo Total do Método Solicitado.....	44
5.5 Sistema Ideal	45
5.6 Custo Total do Método Ideal.....	46
6 CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS	48
APENDICE A – E-mail enviado às empresas	51
APENDICE B – Resposta da empresa A	52
APÊNDICE C – Resposta da empresa B	53
APENDICE D -Resposta da empresa do biolavador	54

1 INTRODUÇÃO

Segundo o programa de pesquisa em saneamento básico (PROSAB, 2006) os odores em estações de tratamento de esgoto são provenientes de uma mistura entre moléculas de enxofre (H_2S e mercaptanas), nitrogenadas (NH_3 e aminas), fenóis, ácidos orgânicos etc.

O Sulfeto de hidrogênio é o principal composto responsável pelo mau odor, e seus efeitos em grandes quantidades para os seres humanos podem causar falta de apetite, náuseas, respiração prejudicada, vomito e em causas mais graves perturbação mental.

Quando o problema é identificado, várias tem sido as soluções nas áreas de engenharia e química para que este obstáculo seja resolvido, mas essas dependem da análise de alguns aspectos como: eficiência, confiabilidade, espaço físico, impacto ambiental, custo operacional, custo de construção e sustentabilidade.

Para a minimização e até mesmo a eliminação dos odores, primeiramente deve-se analisar algumas mudanças operacionais como: Redução do carregamento no processo, aumento da taxa de aeração em processos de tratamento biológico, redução da estocagem do lodo, controle dos aerossóis, limpeza continua da ETE (NUVOLARI, 2003).

Caso não seja possível ou o resultado não seja o esperado, existem alguns tipos de tratamentos para o odor, eles se dividem em físicos, químicos e biológicos. Os físicos são aqueles que utilizam de equipamentos ou barreiras físicas, como por exemplo: Instalação de coberturas, o uso de Agentes Mascarantes com o objetivo de diluir o odor e para os casos em que a estação esteja em local descampado, o uso de arvores para impedimento da passagem do odor, método conhecido como cortina verde. Os métodos químicos são os que utilizam de substâncias químicas, como por exemplo, cloro, ozônio, água oxigenada e permanganato de potássio. E os métodos biológicos são os que utilizam de microorganismos para a diluição e eliminação dos odores.

O presente trabalho tem como objetivo analisar as alternativas para o controle dos odores gerados na estação de tratamento de esgoto no município de Boa Esperança – MG.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- Identificar as principais alternativas para o controle de emissões de odores na ETE (Estação de Tratamento de Esgoto) de Boa Esperança – MG.

2.2 Objetivos Específicos

- Vantagens e Desvantagens dos Métodos: Lavador Químico, Combustão Direta e Cortina Verde.
- Adotar método(s) visando o aspecto econômico.
- Identificar qual custo financeiro necessário para implantação dos métodos escolhidos.
- Verificar relação financeira do método ideal x método requisitado pela prefeitura.
- Identificar os custos fixos e operacionais dos métodos.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Questão do odor

A exalação dos odores associada às estações de tratamento de esgoto é uma questão complexa que se constitui em um problema de engenharia e de saúde pública. Os odores são originados em função do processo escolhido e da condição operacional empregada no local.

Estudos de MARTIN E LAFFORT (1991) mostram que o tratamento de efluente líquido gera subprodutos que são responsáveis pelas emissões com maus odores e esses são pertencentes às famílias de compostos químicos tais como enxofre (H_2S , mercaptanas e outros polienxofres), nitrogênio (NH_3 , clássicas aminas e aminas cíclicas), fenóis, aldeídos, cetonas, alcoóis e ácidos graxos voláteis.

Segundo BELLI (1995), os odores podem ser avaliados através de análises químicas e olfatométricas. As químicas são aquelas em que se identificam e quantificam os compostos responsáveis pelos odores, enquanto que as olfatométricas qualificam e apresentam a intensidade dos odorantes e seu nível de incomodo.

3.2 Impacto ambiental causado e legislação existente

Conforme a Resolução CONAMA N° 001 (1986) é considerado impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente afetam a saúde, a segurança, o bem estar, as atividades econômicas, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais.

Um dos principais aspectos que torna a questão como um impacto ambiental é o bem estar da população, pois, os maus odores causam incômodos olfativos e em casos mais graves podem até afetar a saúde das pessoas e economia do local.

Porém, apesar da questão estar crescendo a cada dia, a falta de padrões adequados para orientar as autoridades e administradores ambientais é uma problemática. No Brasil, ainda não existe uma regulamentação específica para a emissão dos gases odorantes.

A resolução CONAMA N° 003 (1990), estabelece padrões para a qualidade do ar e define os níveis de emissões que quando ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Porém não impõem para o sulfeto de hidrogênio nenhum padrão, pois, nos

anos 90, a problemática de gases no Brasil era o monóxido de carbono, o dióxido de nitrogênio, enfim, as estações de tratamento de esgoto eram raras e, portanto o problema ainda não existia.

No exterior a questão já possui legislação específica há um bom tempo. De acordo com CARMO Jr (2005), alguns países europeus, Austrália e os Estados Unidos começaram a desenvolver suas regulamentações desde a década de 70 e essas são rigorosas e não permitem o impacto ambiental. Na Suíça, por exemplo, se uma pequena porção da população se sentir incomodada o problema já é considerado alto. Lá é utilizado o método de questionário que considera a reação do público numa escala de zero a dez.

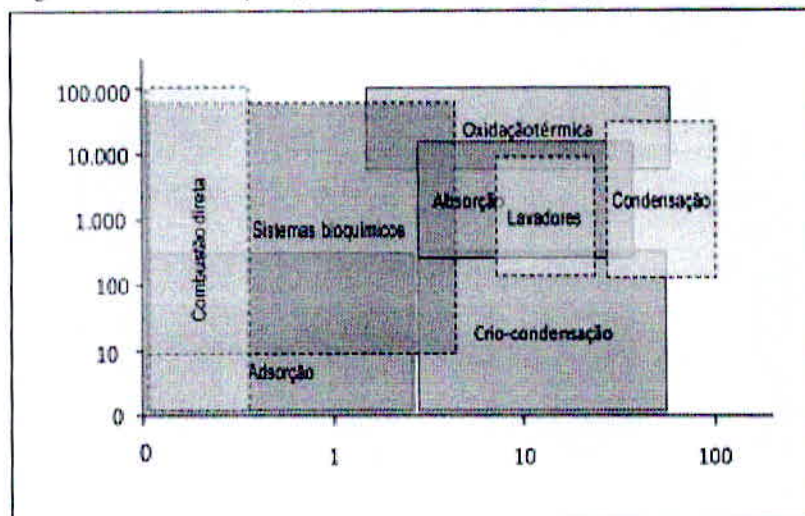
3.3 Métodos para o controle da emissão dos odores

Em alguns casos, a emanção do odor pode ser reduzida através de práticas adequadas de operação de manutenção, como por exemplo, limpezas freqüentes do material gradeado, remoção do lodo, lavagem das paredes dos tanques, componentes do processo limpos e livres de gorduras, sólidos e detritos, etc.

Quando essas práticas não causam efeito e mesmo assim os odorantes continuam sendo um problema, surge então a necessidade do uso de técnicas e métodos para o seu tratamento. Esses podem ser classificados em físicos, químicos e biológicos.

A seleção de um método ou de uma combinação de vários depende de alguns critérios como o nível de concentração do gás, eficiência, confiabilidade, espaço físico, impacto ambiental, custo operacional, custo de construção e sustentabilidade. A Figura 01 apresenta os aspectos considerados na seleção de alternativas em países desenvolvidos e em desenvolvimento.

Figura01 - Faixas de aplicação de diversas tecnologias para o controle de gases.



Fonte:(KENNES; VEIGA; PRADO, 2001).

3.3.1 Métodos Físicos

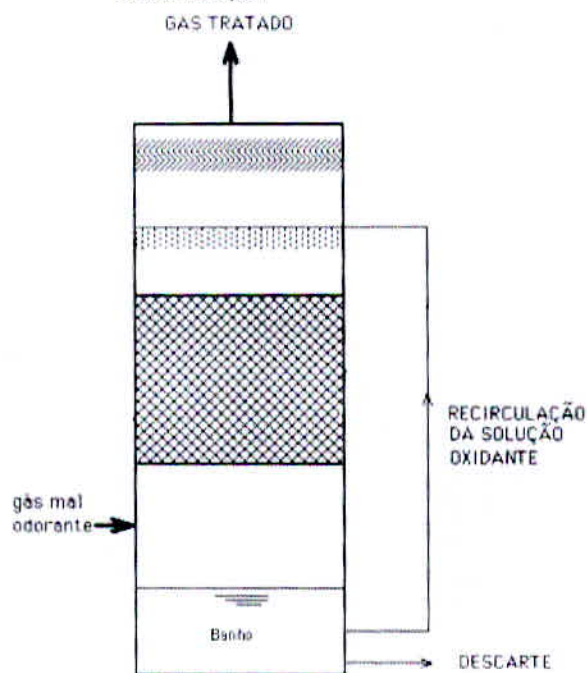
Os métodos físicos são aqueles que utilizam de equipamentos e barreiras físicas para a absorção / diluição dos gases. Para o projeto em questão foram analisados os seguintes métodos físicos:

3.3.1.1 Absorção

Segundo o programa de pesquisa em saneamento básico - PROSAB (2006), o processo de tratamento de gases por meio de Absorção, é fundamentado na transferência de um gás para uma fase líquida. É um tratamento utilizado quando o composto a ser tratado é estável. Por exemplo, a utilização de uma solução aquosa em determinado pH que é chamado de lavagem ácido-básica, aumenta a solubilidade aparente do produto a transferir, favorecendo uma reação de dissociação, conforme a Figura 02.

Estudos de Martin eLaffort (1991) mostram que o processo de absorção de lavagem gás/líquido, através da oxidação, é a técnica mais empregada para desodorizar as emissões com maus odores de Estações de Tratamentos de esgotos.

Figura02 - Torre de lavagem por oxidação química para desodorização.



Fonte: (MARTIN; LAFFORT, 1991).

3.3.1.2 Adsorção

Conforme SILVA (2007), o processo de Adsorção consiste na retenção dos gases na superfície de um sólido (adsorvente). Ela pode ser adsorção física ou química. Para a estruturação deste sistema é necessário a confecção de uma coluna de recheio, ou de pratos perfurados, recoberta com o material adsorvente. A adsorção física, se comparada com a química, possui uma fraca interação entre adsorvato e o adsorvente, o que faz com que esse processo necessite condições de resfriamento. Já a adsorção química, de maior interação entre adsorvato e adsorvente requer temperaturas altas para a regeneração do adsorvente sólido.

Para Gendel, Levi e Lahav (2009), o uso de soluções como forma de adsorção química de sulfeto de hidrogênio está se tornando uma técnica eficaz. No final, o enxofre pode ser removido por filtração ou gravidade.

3.3.1.3 Condensação

Segundo KENNES E THALASSO (1998) o método refere-se à conversão de vapores em um líquido, seja pelo acréscimo da pressão e/ou pelo abaixamento da temperatura do

sistema. Na condensação, as moléculas ficam mais unidas devido a pressurização, e o abaixamento da temperatura reduz a energia cinética.

3.3.1.4 Separação por membrana

Conforme SMET E VAN LANGENHOVE (1998), o método da separação por membrana consiste em passar alguns dos componentes gasosos através de uma membrana delgada enquanto outros são retidos. A permeabilidade é uma função direta da solubilidade química do composto de interesse, na membrana. Membranas sólidas podem ser construídas com módulos de fibras ocas (hollow fibers), as quais provêm de grandes áreas de membrana por unidade de volume e, dessa forma, resultam em unidade muito compactas.

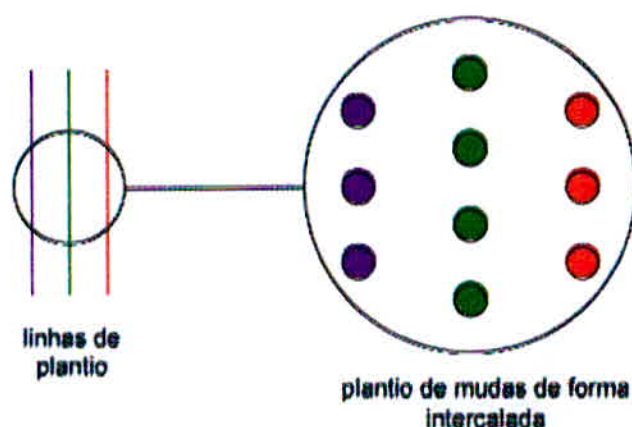
3.3.1.5 Cortina Verde

A cortina verde é utilizada para minimizar os impactos que uma atividade pode causar a um local. O objetivo da implantação do cortinamento vegetal é controlar as emissões, além de criar uma faixa de transição natural no entorno do empreendimento. A implantação de uma cortina verde também é uma forma de auxiliar a natureza a neutralizar os poluentes gerados pelos empreendimentos e a melhorar o paisagismo do local (CARNEIRO, CHARLES, 2009).

De acordo com o manual técnico para implantação de cortinas verdes e outros padrões vegetais em estação de tratamento de esgoto (SANEPAR, 2015), a utilização de barreiras vegetais como técnica para controle de odores é utilizada em diversas situações em todo o mundo, contudo geralmente de forma empírica, sem uma orientação técnica sistematizada, capaz de associar os efeitos de barreira de vento, aromatizador, paisagístico e de isolamento das áreas.

A cortina verde caracteriza-se pela implantação orientada de indivíduos de duas ou mais espécies arbóreas e arbustivas adaptadas à região e ao solo/substrato local, distribuídos em linhas paralelas, de forma que as plantas de uma linha não fiquem alinhadas com as plantas da linha adjacente, formando barreiras de isolamento na Figura 03 é possível verificar as linhas de plantio (CARNEIRO, CHARLES, 2009).

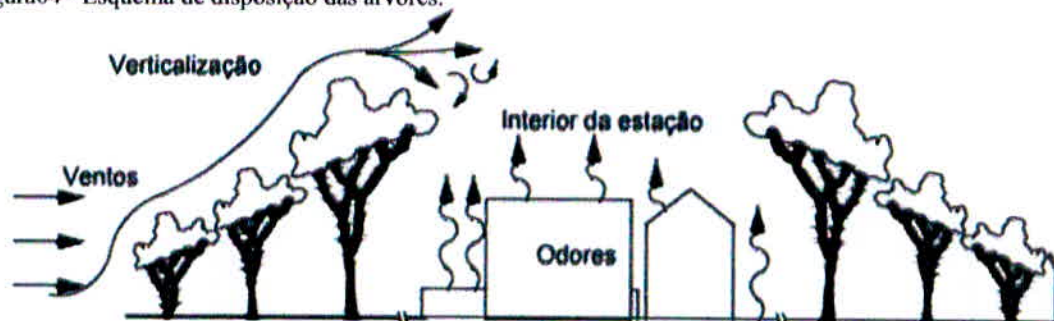
Figura 03 - Linhas de Plantio.



Fonte: (SANEPAR, 2015).

Neste manual são apresentados modelos de cortinas de até quatro linhas paralelas de plantio, recomendadas para situações de pouco espaço e de menor custo de implantação, tais como as estações de tratamento de esgotos. Na composição do estrato inferior incluem-se os arbustos e algumas árvores de 1,5 a 4 m de altura, cuja função é auxiliar na verticalização dos ventos e atuar como barreira física de isolamento na forma de cerca viva, preferencialmente com espinhos. O estrato médio e o superior são compostos por árvores de médio (4 a 8 m) e grande porte (> 8 m), respectivamente. As espécies utilizadas devem ter copa densa, folhosa e persistente, a fim de manter seu efeito durante todas as estações do ano, de preferência espécies perenifólias. Com isso, a cortina cumpre com seu principal objetivo de promover a verticalização dos ventos, minimizando a dispersão dos odores gerados pelos processos de tratamento de esgoto. Na Figura 04 é possível identificar o esquema de disposição das árvores.

Figura04 - Esquema de disposição das árvores.



Fonte: (SANEPAR, 2015).

Figure 1: Diagram of a cell



Figure 2: Diagram of a cell

The diagram illustrates the structure of a cell, showing various organelles and their arrangement. The cell is depicted as a large oval containing several smaller structures. On the left side, there are three red circles, which represent mitochondria. In the center, there are four green circles, representing chloroplasts. On the right side, there are three purple circles, which represent other organelles. The labels 'mitochondria' and 'chloroplasts' are placed below the corresponding structures. The diagram is labeled 'Figure 1: Diagram of a cell' at the top.



Figure 3: Diagram of a cell

3.3.2 Métodos Químicos

Os métodos químicos são aqueles que utilizam de compostos químicos para a absorção/diluição dos gases. Para o projeto em questão foram analisados os seguintes métodos químicos:

3.3.2.1 Lavador Químico

BOWKER (2008) descreve o lavador químico como um processo de absorção dos compostos odorantes. O processo consiste através do intenso contato do gás poluído com a solução absorvente, no interior de uma coluna empacotada especialmente projetada para propiciar uma grande área interfacial. Produtos químicos são adicionados à solução lavadora com o objetivo de incrementar a absorção e remoção dos compostos odorantes. Consiste num processo semelhante ao método físico de absorção, porém com a adição do componente químico a eficiência do processo é maior. Os compostos podem ser: Cloro, ozônio, permanganato de potássio e peróxido de hidrogênio.

3.3.2.2 Oxidação Catalítica

Estudos de Kennes, Veiga e Prado (2001) tratam da oxidação catalítica como uma variante dos lavadores químicos, na qual é utilizado um catalisador seletivo para acelerar a reação entre H_2S e O_2 para produzir enxofre. O catalisador é regenerado e o enxofre é retirado na forma de uma lama, devendo ser disposto apropriadamente.

Segundo KEITH E KENNETH (1990), os catalisadores empregados são preparados com metais nobres do grupo da platina e impregnados sobre suportes cerâmicos ou metálicos.

3.3.2.3 Oxidação Térmica

De acordo com Barbosa e Stuetz (2005), a oxidação térmica é a técnica que utiliza O_2 ou ar em elevadas temperaturas para destruir os odorantes. A corrente odorante é exposta a elevadas temperaturas, na presença de O_2 , durante período de tempo suficiente para permitir a oxidação de hidrocarbonetos a CO_2 e água. Para o processo é necessário um combustor ou incinerador térmico e o processo consiste em dois componentes primários:

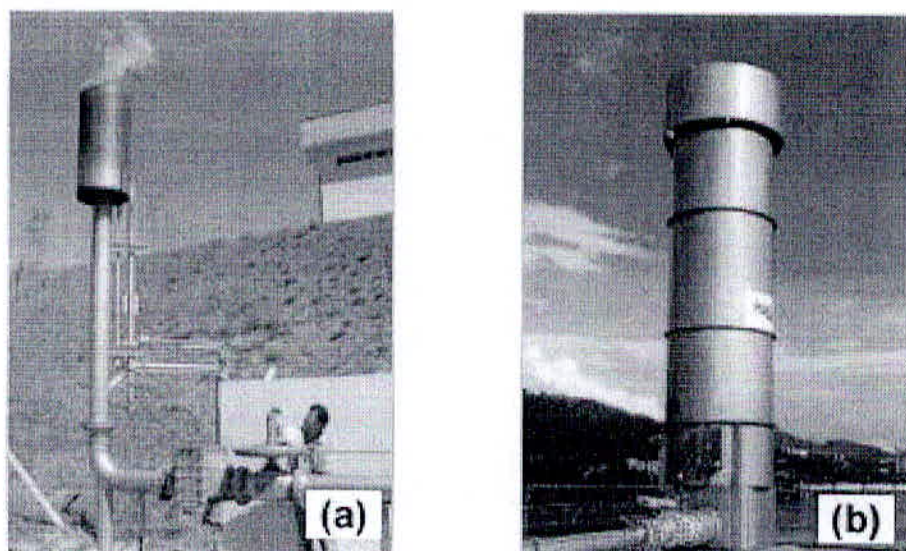
- O queimador, que promove a ignição do combustível na corrente de ar;

- A câmara que proporciona adequado tempo de residência para o processo de oxidação.

3.2.2.4 Combustão Direta

Conforme SILVA (2007), a combustão direta em tochas (*flare*) é uma variante da oxidação térmica, a qual usualmente não emprega uma câmara de combustão. Dessa forma, temperaturas suficientemente elevadas não são alcançadas e a combustão dos poluentes pode ser incompleta. A combustão pode ser feita através de queimadores abertos ou fechados (Figura 05).

Figura 05 - (a) Queimador aberto, (b) Queimador fechado.



Fonte:(IEA, 2000).

3.2.2.5 Inibição Química

Para BOWKER (2008) é uma medida de controle utilizada nos componentes odorante na fase líquida, antes que sejam emitidos para a fase gasosa. Produtos químicos são usualmente injetados no interior da corrente líquida ou aplicados às fontes odorantes, visando interromper a produção de sulfeto ou reagir com este no líquido. As práticas mais usadas são a adição de agentes oxidantes (ex.: peróxido de hidrogênio, hipoclorito de sódio, permanganato de potássio) ou sais de ferro para propiciar a precipitação do sulfeto.

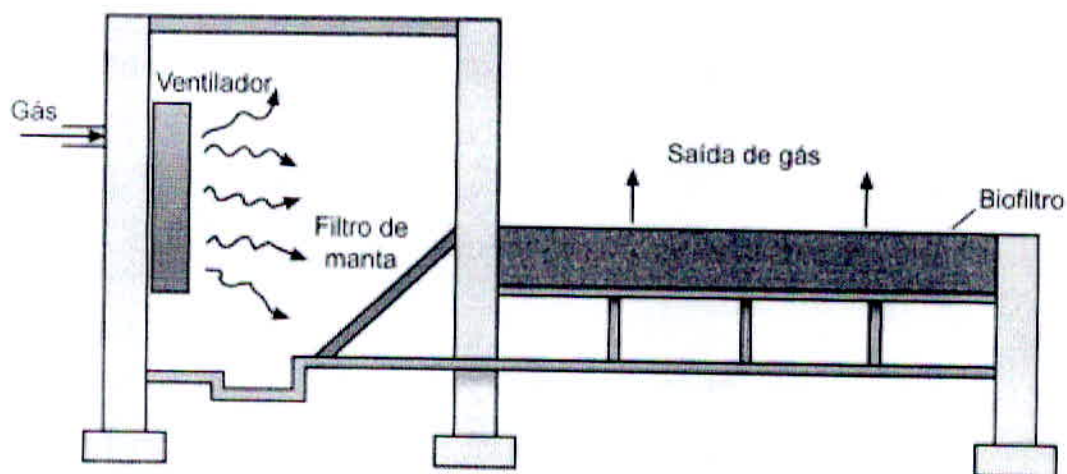
3.3.3 Métodos Biológicos

De acordo com BELLI FILHO ET AL. (2001), os processos biológicos de tratamento de gases consistem na transformação dos gases odorantes para uma fase líquida e em seguida degradados por meio de microorganismos. Os principais métodos biológicos são:

3.3.3.1 Biofiltro

Para PHILIPS (1997), o biofiltro consiste em um reator de material orgânico, povoado de microorganismos, através dos quais os gases odoríferos atravessam uma camada filtrante por fluxo ascendente ou descendente (Figura 06). O mecanismo do processo de biofiltração inclui uma combinação de adsorção, absorção e degradação microbiana. A umidade do meio filtrante fornece condições físicas e químicas apropriadas para a transferência dos contaminantes do ar na fase líquida e a biodegradação dos contaminantes na camada do biofilme.

Figura 06 - Esquema de um Biofiltro

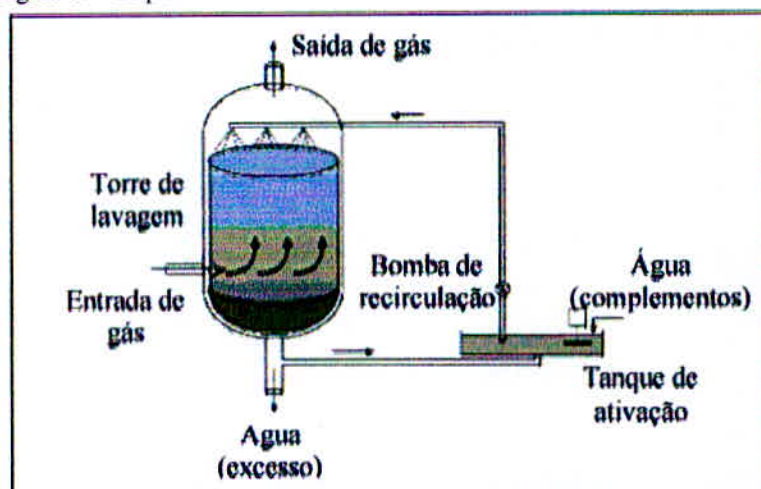


Fonte: (MARTIN, 1991).

3.3.3.2 Biolavador

Segundo LE CLOIREC ET AL (1998) o biolavador consiste em uma lavagem do gás seguida de uma biodepuração (Figura 07). Neste processo, os gases são extraídos com água que os transporta aos microorganismos, adaptados ao meio líquido.

Figura 07 - Esquema de um Biolavador.



Fonte: (BELLI FILHO ET AL,2001).

3.4 Vantagens e Desvantagens dos métodos

Para que um método seja escolhido, algumas variáveis devem ser analisadas, como custo, operação, manutenção, área necessária, e sustentabilidade.

Conforme REIJENGA et al.(2008), o método de absorção possui as seguintes vantagens:

- Custos de capital moderados;
- Custos operacionais moderados;
- Fácil operação;
- Podem operar com a presença de material particulado na corrente gasosa; Absorve H_2S e CO_2 ;
- Ocupa pouco espaço.

E as seguintes desvantagens:

- Os poluentes são transferidos para uma nova fase ao invés de serem destruídos;
- Somente aplicável para correntes gasosas moderadamente contaminadas;
- Não remove a maioria dos compostos orgânicos voláteis;
- Gasta uma quantidade significativa de água.

Para FISCHER(2010), o método de adsorção possui as seguintes vantagens:

- Custos de capital moderados;
- Mecanicamente simples;

- Ocupam pequena área (devido à grande área de superfície dos adsorventes, e baixo tempo de retenção do gás);
- Estável e de desempenho elevado e confiável;

E as seguintes desvantagens:

- Os poluentes são transferidos para uma nova fase ao invés de serem destruídos;
- Custos operacionais muito elevados (substituição/regeneração do carvão ativado);
- Gera corrente secundária de resíduo (carvão não regenerável);
- Não é seletivo.

Segundo KENNES E THALASSO (1998), o método de condensação possui as seguintes vantagens:

- Custos de capital moderados, especialmente para condensadores de contato direto;
- Custos operacionais moderados;
- Possibilidade de recuperação e reuso de compostos de valor, uma vez que o poluente pode ser condensado e, portanto, separado da fase gasosa.

E as seguintes desvantagens:

- Os poluentes são transferidos para uma nova fase ao invés de serem destruídos;
- Aplicados principalmente para o pré- tratamento de compostos orgânicos voláteis de elevada concentração (> 5.000 ppmv) e de relativa baixa vazão;
- A eficiência de tratamento é reduzida para poluentes menos concentrados ou de maior vazão. Poluentes muito voláteis são removidos apenas marginalmente;
- No caso em que os compostos orgânicos voláteis ficam dissolvidos no líquido de resfriamento durante, ou antes, da condensação, os poluentes são transferidos para a fase líquida, tornando necessário o tratamento das águasresiduais geradas.

Conforme SMET E VAN LANGENHOVE (1998), o método de separação por membrana possui a seguinte vantagem:

- Podem separar seletivamente CO₂ e H₂S do metano (ex. membranas de acetato e celulose).

E as seguintes desvantagens:

- Os poluentes são transferidos para uma nova fase ao invés de serem destruídos;

- Elevadas pressões de trabalho, na faixa de 25 a 40 bar;
- Experiência ainda limitada, economicidade e viabilidade técnica ainda não estabelecida.

Para BOWKER (2008), o método de lavador químico possui as seguintes vantagens:

- Custos de capital moderados;
- Podem operar com a presença de material particulado na corrente gasosa;
- Ocupam pequena área;
- Habilidade de suportar cargas variáveis;
- Tecnologia comprovada e estabelecida;
- Pode remover seletivamente o H_2S presente nos gases de reatores anaeróbios, mas podem gerar halo metanos.

E as seguintes desvantagens:

- Desempenho reduzido pela formação de incrustações
- Necessidade de sistemas complexos de alimentação de produtos químicos;
- Não remove a maioria dos compostos orgânicos voláteis;
- Requer produtos químicos tóxicos e perigosos;
- Possibilidade de arraste gasoso dos produtos químicos não utilizados;

Segundo Kennes, Veiga e Prado (2001), o método de oxidação catalítica possui as seguintes vantagens:

- Custos operacionais baixos;
- Pode remover H_2S com elevada eficiência (>99,9%), mas se outros compostos odorantes estiverem presentes, devem ser removidos por outro tipo de lavador;
- Pode remover seletivamente o H_2S presente nos gases de reatores anaeróbios;
- Pode ser mais barato do que a adsorção com carvão ativado granulado na faixa de concentração de 20 a 60 ppmv;
- Consome menos combustível e utiliza materiais construtivos mais baratos do que a oxidação térmica.

E as seguintes desvantagens:

- Custos de capital elevados;
- A combustão incompleta pode gerar compostos sulfurados.

De acordo com Barbosa e Stuetz (2005), a oxidação térmica possui as seguintes vantagens:

- Ocupa pequena área;

- Efetivo para todos os tipos e concentrações de compostos odorantes;
- Adequado para cargas muito elevadas;
- Desempenho uniforme e confiável;
- Eficiências na faixa de 90 a 99%;
- Potencial de geração de energia útil (calor, eletricidade).

E as seguintes desvantagens:

- Custos de capital elevados;
- Custos operacionais elevados (demanda de energia);
- Economicamente viáveis apenas para o tratamento de correntes com concentrações elevadas de compostos orgânicos voláteis;
- Usualmente requer combustível adicional;
- Efetividade e custo altamente dependentes de três fatores: temperatura, tempo de residência e turbulência;
- A combustão incompleta pode resultar na geração de compostos sulfurados;
- Gera uma corrente secundária de resíduos.

Conforme SILVA (2007), a combustão direta possui as seguintes vantagens:

- Custos de capital baixos;
- Custos operacionais baixos;
- Ocupa pequena área;
- Boa alternativa para a queima de biogás em pequenas estações de tratamento.

E as seguintes desvantagens:

- A combustão incompleta pode resultar na geração de compostos sulfurados;
- Perda de potencial de energia quando o calor não é recuperado

Para BOWKER (2008), a inibição química possui as seguintes vantagens:

- Custos de capital baixos;
- Agentes oxidantes: efetivos para o controle de sulfetos em tubulações por gravidade e por pressão (ex.: peróxido de hidrogênio, hipoclorito de sódio);
- Efetivos para uma ampla faixa de odorantes (ex.: hipoclorito de sódio);
- Instalação simples;
- Sais de ferro: econômico para o controle de sulfeto em tubulações por gravidade e por pressão.

E as seguintes desvantagens:

- Custos operacionais elevados;

- Agentes oxidantes: preocupação quanto à segurança e elevados custos dos produtos químicos (ex.: peróxido de hidrogênio, hipoclorito de sódio);
- Dificuldade de manuseio (ex.: permanganato de potássio).
- Sais de ferro: não efetivo para compostos que não o H₂S;
- Controle de sulfeto em baixos níveis pode ser difícil; aumenta a produção de lodo.
- A injeção química é a técnica de controle menos efetiva, usualmente apresentando efetividade marginal (redução da detecção de odor inferior a 50%).

Conforme PHILIPS (1997), o biofiltro possui as seguintes vantagens:

- Custos de capital moderados;
- Custos operacionais baixos;
- Partida e operação simples;
- Aplicável para a redução dos compostos odorantes encontrados em ETE;
- Aplicável para o tratamento de grandes vazões e baixas concentrações de odorantes sulfurados;
- Proporcionam a degradação de compostos menos solúveis em água.

E as seguintes desvantagens:

- Critérios de projeto ainda em desenvolvimento;
- Apropriados somente para o tratamento de baixas concentrações de odorantes;
- Elevado tempo de residência requerido;
- Ocupam elevada área e requerem grande volume de meio suporte;
- Controle limitado das condições das reações (devido à inexistência de uma fase líquida);
- Caminhos preferenciais da corrente gasosa é usualmente um problema;
- Adaptação lenta a flutuações na concentração dos gases odorantes;
- Meio suporte sintético não contém os nutrientes requeridos pelos microrganismos;
- Necessidade de adição de nutrientes na água de irrigação

Segundo LE CLOIREC ET AL (1998) o biolavador possui as seguintes vantagens:

- Bom controle das condições das reações (pH, nutrientes etc.);
- Elevada estabilidade operacional;
- Possibilidade de evitar acumulação de produtos;

- Ocupam menor área que os biofiltros;
- Baixa perda de pressão;
- Elevada transferência de massa;
- Adequado para correntes gasosas altamente contaminadas.

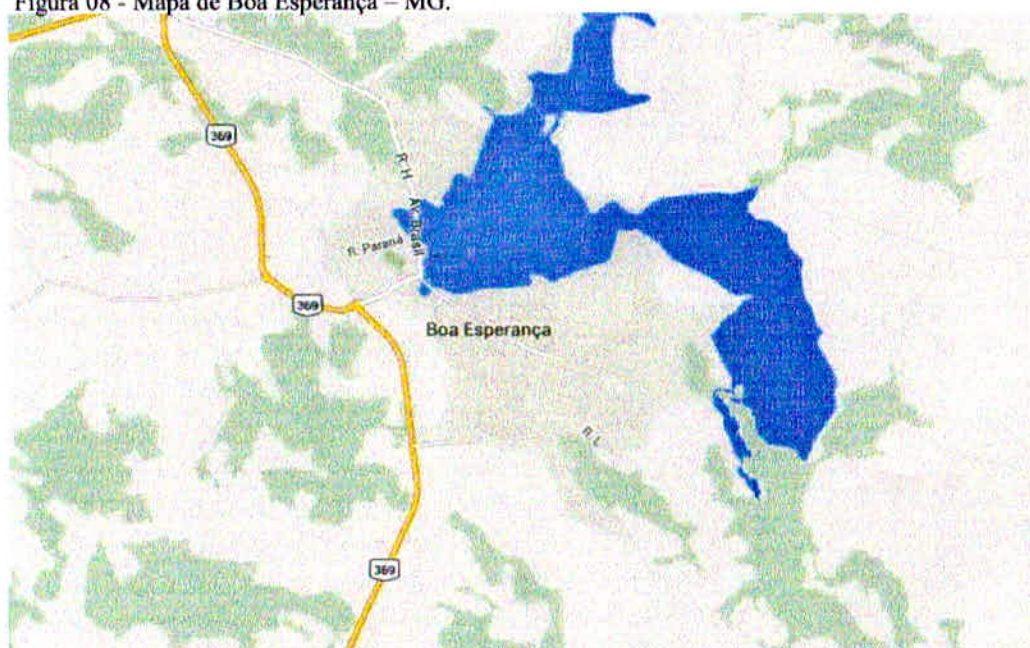
E as seguintes desvantagens:

- Custos de capital elevados;
- Custos operacionais elevados;
- Perda de micro-organismos de crescimento lento;
- Períodos de paralisação de poucos dias são prejudiciais;
- Produção de biomassa excedente;
- Disposição final do lodo excedente;
- Procedimento de partida complexo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no município de Boa Esperança localizado no sul de Minas Gerais, na micro-região da Bacia do Baixo Sapucaí, às margens do lago formado pela Barragem de Furnas. Ocupa uma área de 863,24 km², fazendo limite com os municípios de: Coqueiral, Santana da Vargem, Campos Gerais, Campo do Meio e Ilicínea. A população estimada em é de 40.155 habitantes (IBGE-2014). Na Figura 08 se têm o mapa de Boa Esperança e sua localização em relação à rodovia BR – 369

Figura 08 - Mapa de Boa Esperança – MG.



Fonte: (Google Maps, 2015).

De acordo com os dados do site da Prefeitura Municipal de Boa Esperança (2014), o relevo da cidade é constituído pela Serra da Boa Esperança, sobressaindo o Pico do Branquinho com altitude de 1.392m². O clima do município é tropical úmido, com temperatura média anual que oscila entre 18 °C e 19 °C, a média do mês mais frio situa-se entre 13 °C e 16 °C e a do mês mais quente por volta de 20 °C. A flora é abundante constituída de matas (sucupira, jacarandás, jatobás e outras), cerrados culturas perenes e anuais. O solo é predominantemente argiloso e com alguma parte arenosa, típica do cerrado. O município está situado as margens do Lago formado pela Represa de Furnas, o maior do Estado de Minas Gerais com volume para armazenar 21 milhões de metros cúbicos no curso do Rio Grande que faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Paraná.

4.1 Caracterização do tratamento de esgoto

Segundo o Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE - 2007), o sistema de abastecimento de água e de coleta de esgotos sanitários atende 100% da população urbana. A estação de tratamento de esgoto foi instalada em junho de 2012. A ETE foi instalada no prolongamento da Av. Juscelino Kubitschek, s/n.º, ao lado do vertedouro da barragem municipal do lago dos Encantos, que verte diretamente no lago de Furnas. Na Figura 09 é possível ver a localização da ETE em relação ao município.

Figura 09 - Localização da Estação de Tratamento de Esgoto de Boa Esperança.



Fonte: (Google Earth, 2014).

O entorno da área onde foi instalada a ETE é ocupado por áreas de pastagem e lavouras de café, estando acima do nível de inundação.

A área está inserida a 14 km de distância dos limites do Parque Estadual da Serra de Boa Esperança e a 12 km dos limites da APA Coqueiral, não estando inserida dentro ou na zona de amortecimento.

O efluente a ser tratado na ETE é proveniente da rede municipal de coleta de esgotos doméstico já existente. O sistema foi dimensionado para tratar o esgoto de 42.000 habitantes, conforme estudo populacional fornecido pelo SAAE de Boa Esperança. Com um alcance de projeto de 10 anos, com previsão dessa população no ano de 2020. Na Figura 10 é possível ver a área da ETE.

Figura 10 - Foto Aérea da ETE.



Fonte: (Google Earth, 2014).

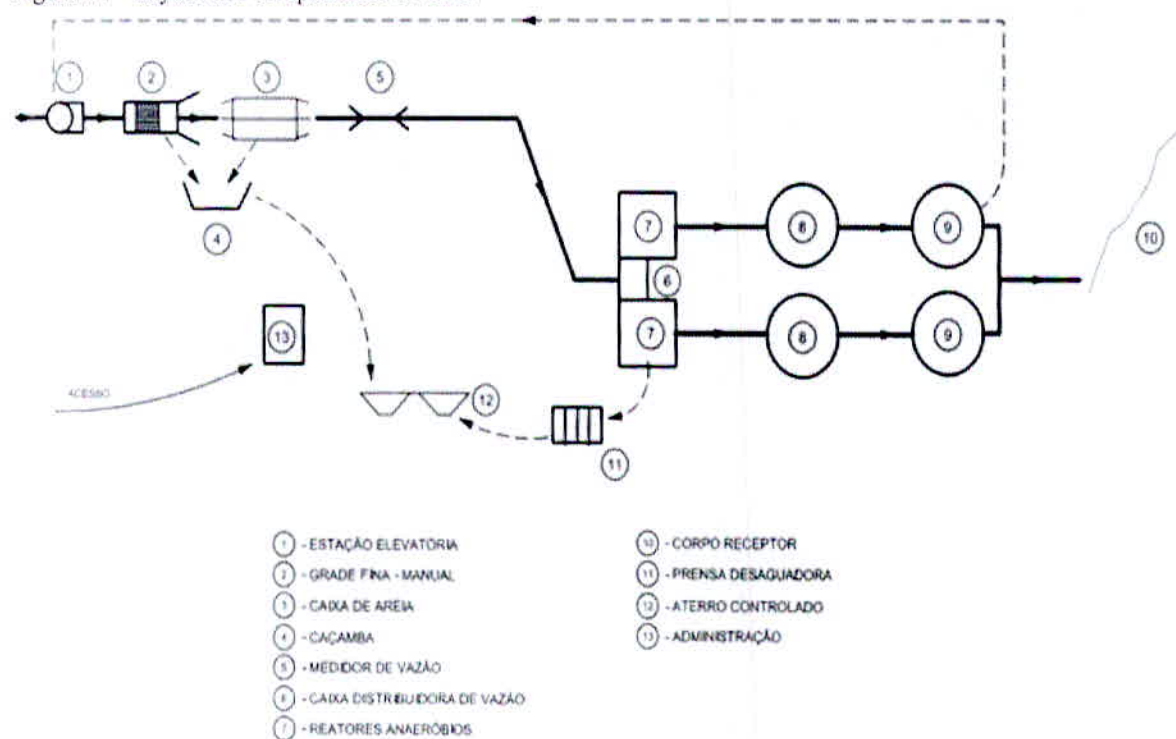
Os esgotos em Boa Esperança são coletados e tratados através do processo de digestão anaeróbia de fluxo ascendente seguidos de filtro biológico de alta taxa sem recirculação.

De acordo com o Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE - 2007), todo o esgoto sanitário proveniente da rede coletora é lançado em uma caixa de passagem anterior à Estação Elevatória de Esgoto - EEE (localizada a margem direita do Lago de Furnas). Esta caixa de passagem possui um cesto, com um sistema de roldanas que facilita o seu içamento. Na mesma, chegam-se duas tubulações, sendo que uma delas lança o efluente proveniente do poço de visita (que recebe uma média de 90% do esgoto sanitário da rede coletora do município), e a outra tubulação proveniente da estação elevatória de esgoto sanitário (que recalca o esgoto das habitações localizadas na margem esquerda do Lago).

O cesto faz parte da primeira etapa na remoção de sólidos, retendo material grosseiro em suspensão e corpos flutuantes. Têm a vantagem de, além de remover sólidos, proteger os equipamentos subsequentes (bombas, registros, válvulas de retenção, tubulações, etc.) e evitar obstruções que poderiam ser causadas por estes materiais.

A ETE possui duas bombas, sendo uma bomba de reserva, ambas com acionamento automático através de chave bóia e alarme através de sinal sonoro e visual. Nas figuras 09 e 10 é possível identificar a ordem dos componentes da ETE. O poço de sucção é provido de um tubo extravasor (localizado a 15 cm acima do nível máximo de operação das bombas). Na concepção do projeto da estação elevatória admitiu-se que os efluentes não deverão ficar retidos por um tempo superior a 30 minutos. Na figura 11 é possível analisar o layout dos componentes da ETE.

Figura 11 - Layout dos componentes da ETE.



Fonte: SAAE, 2012.

A ETE é composta pelos seguintes equipamentos:

- Cesto para remoção dos sólidos grosseiros, com dimensões de 400 x 1000 mm com altura de 650 mm e malha de 50 mm;
- Um painel elétrico para operação das bombas;
- Duas bombas submersas, sendo uma para operação e uma de reserva, cujas características são:
 - Vazão: 320 m³/h
 - Altura manométrica: 25 m
 - Diâmetro máximo de sólidos admissíveis: 85 mm Diâmetro de sucção: 400 mm
 - Diâmetro de recalque: 450 mm.

A ETE encaminha o esgoto sanitário para o tratamento preliminar, que é composto por: gradeamento, desarenador (canal de areia) e calha parshall.

No tratamento preliminar, o afluente passa pelo gradeamento, onde serão removidas as partículas de sólidos menores, com a finalidade de condicionar os esgotos para o tratamento posterior. O mesmo será composto por uma grade de ferro mecanizada disposta inclinada de forma a permitir o fluxo normal dos esgotos. O material retido será retirado mecanicamente. Após passar pelo gradeamento os esgotos passarão pelo canal de areia.

A unidade de remoção de areia é comumente chamada de caixa de areia ou desarenador, que basicamente é projetada para dar condições adequadas ao efluente líquido para as unidades subsequentes. Este tipo de retenção por gravidade remove partículas com diâmetros variando de 0,1 a 0,4 mm. Normalmente, para esgoto doméstico, preconiza-se remover partículas com diâmetro mínimo de 0,2 mm. No dimensionamento condicionou-se a velocidade do fluxo horizontal de escoamento em torno de 0,3 m/s.

O material arenoso retido é removido manualmente, cujo período máximo entre cada remoção (limpeza) é de seis dias. A remoção manual exige a paralisação da unidade de retenção, de modo que, com a drenagem do líquido retido na câmara, a areia possa ser facilmente removida. A caixa de areia possui dois compartimentos com comprimento de 8,15 m, largura de 6,15 m e altura total de 1,05 m.

Posterior ao canal de areia está instalada a Calha Parshall, que é um dispositivo para medição de vazão através de estrangulamento e ressaltos, que estabelece para uma determinada seção vertical a montante, uma relação entre vazão do fluxo e a lâmina d'água naquela seção. Este dispositivo tem as seguintes vantagens: auto-limpeza, devido à velocidade do fluxo submetido a regime crítico de escoamento; perda de carga desprezível e capacidade de manter proximamente constantes as velocidades de escoamento. Para o sistema em questão é utilizada uma calha parshall pré-fabrica, com garganta de 9".

De acordo com PEREIRA (2003), o Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente com Leito de Lodo (RAFA) é um tanque cheio de bactérias anaeróbias granulares ou floculantes com boas propriedades de sedimentação (as bactérias podem espontaneamente aglomerar para formar granulados). Águas residuais influentes são distribuídas no fundo do reator RAFA e passam numa direção ascendente através do leito de lodo. A degradação anaeróbia de substratos orgânicos ocorre no leito de lodo, onde o biogás é produzido. Os gases produzidos sob condições anaeróbias (metano e dióxido de carbono) servem a misturar os conteúdos do reator como surgem para a superfície. O RAFA tem o potencial de produzir efluentes de mais alta qualidade do que fossas sépticas, e pode fazer isto num volume de reator menor. Enquanto seja

um processo bem estabelecido para processos de tratamento de efluentes industriais em grande escala, sua aplicação a esgotos domésticos no local ainda é relativamente nova. Efluentes do RAFA normalmente ainda requerem tratamento adicional antes de ser descarregados no ambiente (por semelhança a fossas sépticas).

No tratamento secundário, o filtro biológico consiste em um leito construído de material relativamente inerte aos processos naturais da degradação com desenvolvimentos microbianos aderidos à sua superfície. A massa biológica contida no filtro biológico realiza uma oxidação bioquímica.

O mecanismo do processo é caracterizado pela alimentação e percolação contínua do esgoto através do meio suporte. A continuidade da passagem do efluente nos interstícios promove o crescimento e a aderência de massa biológica na superfície do meio suporte. O sistema é composto por: mecanismo de distribuição dos efluentes, meio suporte e sistema de drenagem do efluente.

A distribuição do efluente na superfície do meio suporte é realizada através de aspersores móveis. Os braços distribuidores são atirantados a uma coluna central que gira sobre uma base ligada à tubulação afluyente. E há uma série de bocais nos braços que efetuam a distribuição uniforme do efluente a tratar.

O meio suporte (também denominado de meio filtrante ou meio drenante) é constituído de uma massa de sólidos, convenientemente depositada no tanque, com a finalidade de agregar a biomassa, em condições favoráveis ao desenvolvimento das reações bioquímicas que caracterizam o processo, permitindo ampla ventilação. O material selecionado para o meio suporte é brita 4. Na figura 12 têm-se a vista da ETE.

Figura 12 - Vista da ETE.



Fonte: SAAE (2012).

4.2 Identificação do problema

Após a instalação da Estação de tratamento de esgoto, foi observado que odores começaram a incomodar os moradores da cidade. Várias reclamações foram feitas à prefeitura e ao SAAE.

Algumas medidas corretivas foram implantadas para amenizar o problema, como a limpeza da rede para a eliminação dos depósitos e obstruções existentes. Porém, a exalação dos odores continuou.

O instrumento utilizado para quantificar o odor na ETE no município de Boa Esperança – MG foi a amostragem não probabilística intencional utilizando-se do seguinte questionário (Quadro 01):

Quadro 01 - Questionário.

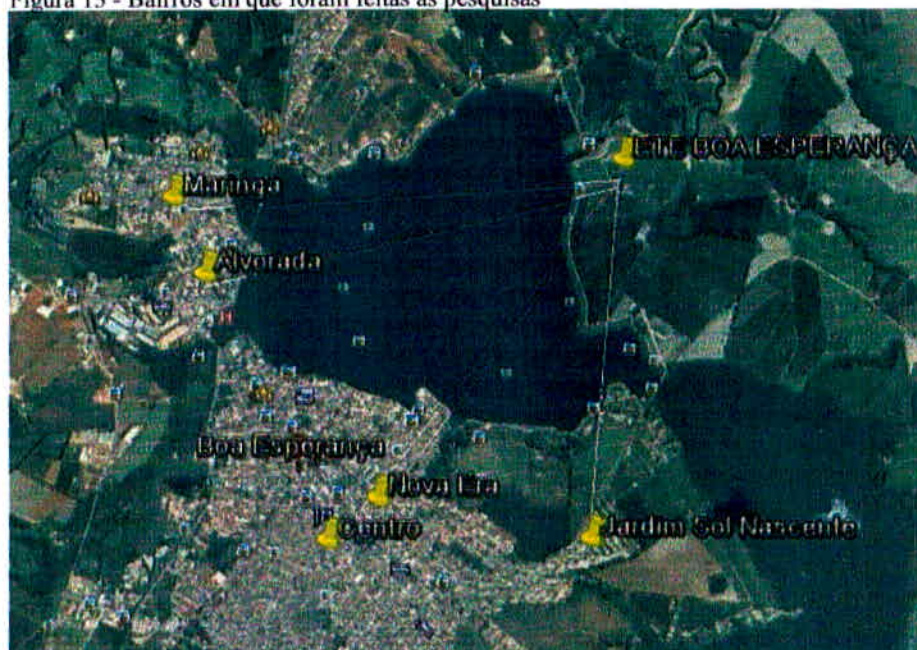
Questionário:
Nome Completo
Data
Sexo
Idade
Endereço
Há percepção de odor? Há quanto tempo?
Se sim, como classificaria: Pequeno, Médio ou Grande
Como você descreveria o odor?
Qual a sua permanência? (Manhã, Tarde e Noite)
Existe algum problema de saúde relacionado com o odor?

Fonte: Autor.

Para a aplicação do questionário serão escolhidas residências em bairros distintos da cidade, priorizando residências em que os moradores possuam tempo de residência no imóvel acima de 5 anos. Este valor foi adotado para que se tenha uma comparação da existência do odor antes ou depois da instalação da ETE.

O questionário foi aplicado com o objetivo de se conhecer as áreas em que o odor é sentido pelos moradores. A pesquisa foi feita nos seguintes bairros (Figura 13):

Figura 13 - Bairros em que foram feitas as pesquisas



Fonte: Google Earth, 2014

Foram visitadas cinco residências por bairro, totalizando 25 entrevistados. Desse total 16 foram mulheres correspondendo a 64% do total e 9 homens correspondendo a 36% do total dos entrevistados.

A variação de faixa etária foi determinada para pessoas acima de 16 anos e que moram no local acima de 5 anos pois a ETE está no município a 3 anos, permitindo portanto quando na existência do odor, uma possível comparação de quando não existia a estação de tratamento de esgoto.

Do total dos entrevistados, 63% disseram que notaram odores vindos na direção da estação de esgoto. No Quadro 02 se tem as quantidades de indivíduos que sentiram o odor por seus respectivos bairros.

Quadro 02 - Quantidade de entrevistados que sentiram odor por bairro.

Bairro	Sentiram Odor	%
Alvorada	3	60
Centro	3	60
Jardim Sol Nascente	5	100
Maringa	4	80
Nova Era	4	80

Fonte: Autor.

Quanto à descrição de sua intensidade dos 63% que sentiram o odor 37% considera o incomodo grande, 21% médio e 42% pequeno. No Quadro 03 foram identificados os níveis de incomodo.

Quadro 03 - Nível de incomodo.

Intensidade do odor (Nível de incomodo)	Quantidade (Indivíduos)	%
Pequeno	8	42
Médio	4	21
Grande	7	37

Fonte: Autor.

A maioria dos entrevistados descreveu o odor sentido como de alimentos podres como carne em decomposição, frutas e ovos podres.

Sobre a permanência do odor, isto é, o período do dia em que o odor é mais sentido. Quase 90% dos entrevistados disseram que a noite o odor é perceptível.

Quanto à existência de doenças relacionadas com o odor apenas 15,8% dos entrevistados se queixaram de enxaquecas após surgirem os odores.

Sobre os impactos causados pelo odor, todos os entrevistados do bairro Jardim Sol Nascente apontaram problemas para o comércio, venda de casas e lotes. Nos seguintes bairros, os entrevistados não apontaram nenhum problema físico causado pelo odor, a não ser o incomodo e alguns problemas de saúde como dores de cabeça e náuseas.

Os resultados obtidos através do questionário permitiram a constatação que o odor é um problema no município de Boa Esperança, pois, do total dos entrevistados, 63% apontaram sentir os odores vindos da ETE. Desse total, quase 40% considerou a intensidade do odor grande e o descreveu como de alimentos podres como carne em decomposição, frutas e ovo podres.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre as variáveis que são analisadas para a solução do problema (eficiência, confiabilidade, espaço físico, impacto ambiental, custo operacional, custo de construção e sustentabilidade), o foco do presente trabalho foi o custo financeiro, pois após pesquisas na prefeitura do município, este é o principal aspecto a ser analisado num primeiro momento.

Para a escolha do método adequado financeiramente, foi estimado a quantidade de H₂S produzido no município, para isso foi utilizado o Quadro 04 onde são apresentados os principais pontos de emissões e os níveis de concentração de odores em estações de tratamento:

Quadro 04 – Emissões de odores em pequenas ETEs.

PONTOS NA ETE	CONCENTRAÇÕES MÉDIAS (mg/L)	
	H ₂ S	NH ₃
Estação elevatória	0,0048	0,00025
Unidades de pré-tratamento	0,0035	0,0005
Decantador	0,0005	0,00007
Sistema de lodos ativados	0,0004	0,00007
Espessador do lodo	0,0098	0,0008
Sistema de desidratação de lodo	0,0065	0,00085
Sistema de disposição final de lodo	0,0004	0,007

Fonte: (BELLI FILHO, 2001).

Para o cálculo da vazão de esgoto que o município trata por hora, foi considerado os seguintes dados:

- Vazão de infiltração (Q_f) = 0,00033 L/s x m.
- Per Capita para esgoto (q) = 144,0 L/hab x dia.
- População = 42000 habitantes.
- Metros de Rede Coletora = 126000 m.

$$Q = (p * q * 1,2 * 1,5) / 86400 + Q_f$$

$$Q = (42000 * 144 * 1,2 * 1,5) / 86400 + 0,00033 * 126000$$

$$Q = 167,58 \text{ L/s} * 3600 \text{ (1 hora)} = \underline{603288 \text{ mg/L/ hora.}}$$

Portanto no Quadro 05 é possível verificar a quantidade de H₂S produzido na ETE do município:

Quadro 05 – Quantidade de H₂S e NH₃ produzido na ETE

PONTOS NA ETE	CONCENTRAÇÕES MÉDIAS (mg/L)	
	H ₂ S	NH ₃
Estação elevatória	2895,78	150,822
Unidades de pré- tratamento	2111,508	301,644
Decantador	301,644	42,23
Sistema de lodos ativados	241,31	42,23
Espessador do lodo	5912,22	482,63
Sistema de desidratação de lodo	3921,37	512,79
Sistema de disposição final de lodo	241,31	4223,016

Fonte: Autor

O valor total de H₂S produzido no município será de:

Valor Total H₂S produzido: $2895,78 + 2111,508 + 301,644 + 241,31 + 5912,22 + 3921,37 + 241,31 = 15625,14$ mg/L/hora.

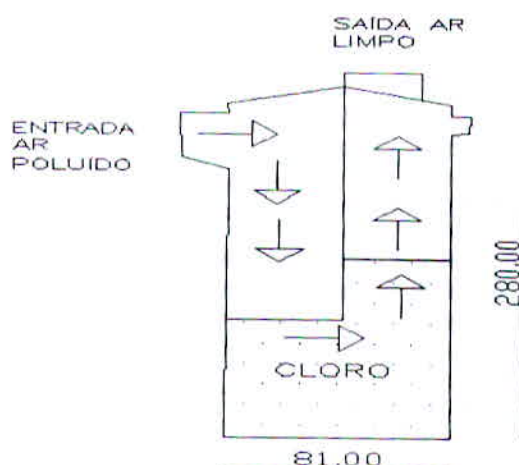
Para o município, foi adotado o uso de três métodos descritos anteriormente. Os métodos de Lavador Químico, Combustão direta e Cortina Verde, pois, são métodos que possuem tecnologia comprovada e baixo custo quando comparado com outros métodos.

Essa solução foi adotada para que tanto o odor presente no efluente quanto o presente na atmosfera sejam tratados.

5.1 Lavador Químico

Para a escolha do Lavador Químico foram realizadas pesquisas de mercado e através dessas, foi projetada a dimensão do lavador químico e suas características (Figura 14):

Figura 14 - Dimensões do Lavador Químico adequado ao município



Fonte: Autor

Segundo dados dos fabricantes, o sistema é composto por, um reservatório cilíndrico vertical de plástico PE branco para depósito da solução neutralizante e uma torre de lavagem vertical em plástico PVC rígido branco. Possui visor frontal na torre para verificação do fluxo de solução. Acompanha moto-bomba centrífuga para recalque da solução neutralizante na torre. O processo de tratamento consiste na lavagem dos gases na forma ascendente, em contra fluxo à solução neutralizante, que é distribuída por meio de um aspersor, dando origem a uma reação química pela passagem do poluente pela superfície de contato dos corpos de enchimento. Terminada a neutralização dos gases, a solução retornará a um reservatório na parte inferior do lavador e será recirculada para o topo da torre. No Quadro 06 estão as características do Lavador Químico para o município de Boa Esperança:

Quadro 06 - Características do Lavador Químico

Material	PVC
Dimensões (LxPxH)	810 x 810 x 2800 mm
Dutos de Conexão em PVC	100 mm de diâmetro
Bomba de Circulação	Moto bomba centrífuga em plástico motor 1/3 CV
Capacidade de Exaustão	15 m ³ / min.
Volume de Solução	250 L
Tensão	220 V

Fonte: Autor

A pesquisa foi feita em duas empresas na área de saneamento (emails no apêndice A, B e C) e os valores encontrados para o lavador químico devidamente instalado foram (Quadro 07):

Quadro 07 - Valor para lavador químico instalado

Empresa A	RS\$430000.00(Quatrocentos e Trinta mil Reais)
Empresa B	RS\$400000.00(Quatrocentos mil Reais)

Fonte: Autor

A solução química neutralizante dos gases escolhida foi o cloro, pois é o composto mais facilmente encontrado no mercado e também o mais barato quando comparado com ozônio, permanganato de potássio e peróxido de hidrogênio.

Segundo Martin e Laffort (1991), o cloro pode ser utilizado sob a forma gasosa, porém o hipoclorito de sódio (NaOCl) é o mais empregado como oxidante.

De acordo com os fabricantes, a quantidade de hipoclorito de sódio é na quantidade de 8mg de NaOCl para 1 mg de H₂S. Como são aproximadamente 16.000.00 mg de H₂S por

hora, resulta na quantidade de 1280 g de NaOCl por hora, 30.720.00g por dia e 921.600.00g por mês.

Foram pesquisados três fornecedores, C D e E. Os valores encontrados para NaOCl com a quantidade de 10L foram (Quadro 08):

Quadro 08 - Valor para NaOCl

Fornecedor C	R\$ 5,40 (Cinco Reais e quarenta centavos)
Fornecedor D	R\$6,30 (Seis Reais e trinta centavos)
Fornecedor E	R\$ 5,80 (Cinco Reais e oitenta centavos)

Fonte: Autor

Considerando o valor do fornecedor C, seriam necessários, R\$49.766,40 por mês para a manutenção de NaOCl no lavador químico.

Também é necessário um profissional treinado para o trabalho no lavador químico. Segundo a tabela do Conselho Regional de Química de Minas Gerais (CRQ- MG, 2014), um profissional na área recebe de 1500 a 2000 reais no estado.

Porém é necessária a inclusão dos encargos trabalhistas de um profissional, como o FGTS, INSS, férias, 13º salário, entre outros, o Quadro 09 indica as porcentagens para cada encargo:

Quadro 09 - Composição de Encargos Sociais

ENCARGOS SOCIAIS SOBRE A MÃO DE OBRA					
Código	Descrição	Com desoneração		Sem desoneração	
		Horista (%)	Mesnsalista (%)	Horista (%)	Mesnsalista (%)
GRUPO A					
A1	INSS	0%	0%	20,00%	20,00%
A2	SESI	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%
A3	SENAI	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%
A4	INCRA	0,20	0,20	0,20	0,20
A5	SEBRAE	0,60%	0,60%	0,60%	0,60%
A6	Salário Educação	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%
A7	Seguro Contra Acidentes de Trabalho	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%
A8	FGTS	8,00%	8,00%	8,00%	8,00%
A9	SECONCI	1,20%	1,20%	1,20%	1,20%
A	TOTAL	18,00%	18,00%	38,00%	38,00%

Fonte: (CAIXA FEDERAL, 2015).

Considerando a média de R\$1750,00 por mês para a contratação de um profissional e somando 38% de impostos, seriam necessários em torno de R\$2415,00 para a manutenção de um profissional.

5.2 Combustão Direta

De acordo com USEPA (1986), a combustão direta é realizada através de queimadores que são, basicamente, dispositivos que possibilitam a ignição e a queima de gases. Embora o uso de queimadores não possibilite o aproveitamento energético do biogás, ainda assim esta alternativa deve sempre existir nos locais em que é gerado biogás, por motivo de segurança (evitar possíveis explosões), para o controle de odores e por razões ambientais – climáticas.

A operação consiste conduzir gás por uma tubulação vertical, na qual na ponta se queima o gás, formando uma chama oscilante de grande intensidade de calor.

Atualmente o mais usado pelas pequenas Estações de Tratamento de esgoto é o sistema flare que é formado por três componentes: chaminé, selo e queimador. Possui as vantagens de baixos custos de manutenção, alta capacidade de queima devido à injeção de vapor, combustão estável devido ao anel de retenção de chama, maior vida útil da ponta devido ao vapor com efeito de esfriamento, injeção de vapor externo, na qual estabiliza a chama e arrasta o ar assegurando uma combustão eficiente com maior capacidade e sem fumaça, e reduzindo o ruído.

Foram pesquisados três fornecedores e para um queimador de diâmetro de 4” à uma altura de 4m com todas suas peças e tubulação necessária instalada. No Quadro 10 encontram-se os valores obtidos.

Quadro 10 - Valor para queimador de gás.

Fornecedor F	R\$ 102.000.00 (Cento e dois mil reais)
Fornecedor G	R\$ 110.000.00 (Cento de dez mil reais)
Fornecedor H	R\$ 118.000.00 (Cento e dezoito mil reais)

Fonte: Autor

De todos os fornecedores, somente o fornecedor H, faz o serviço completo de instalação do queimador.

Assim como no lavador químico é necessário um profissional treinado para o trabalho Segundo a tabela do Conselho Regional de Química de Minas Gerais (CRQ- MG,2014), um profissional na área recebe de 900 a 1000 Reais no estado.

Utilizando o valor médio mais a porcentagem de encargos de 38% o profissional custará mensalmente R\$1311,00.

5.3 Cortina Verde

A ETE possui uma área livre de 1279,55 m² para a instalação da Cortina Verde. De acordo com o EMBRAPA (2014), os tipos mais comuns de árvores e vegetações encontradas no sul de minas são: Cipreste, Eucalipto, Jatobá, Pinheiro, Ipê, Café, Romã, Hibisco, entre outros.

Para a primeira linha de plantio foi escolhido o Cipreste, uma árvore que pode atingir até 25m de altura e 4m de diâmetro, também utilizada como planta ornamental, sendo uma das mais utilizadas para cerca viva. EMBRAPA. (2014)

No Quadro 11, encontram-se os valores pesquisados para a muda através de conversas telefônicas e os preços obtidos foram:

Quadro 11 - Valor para muda de Cipreste

Fornecedor I	R\$ 3,00 (Três Reais)
Fornecedor J	R\$2,80 (Dois Reais e oitenta centavos)
Fornecedor K	R\$3,10 (Três Reais e dez centavos)

Fonte: Autor

De acordo com o EMBRAPA, o cipreste utiliza-se de 3m para sua raiz, isto é, 3 m de distância de um cipreste para o outro. Para circundar o perímetro da ETE, respeitando a condição de distância, serão necessárias 192 mudas de Cipreste. Utilizando o fornecedor J, serão necessários R\$ 537,60.

De acordo com o SANEPAR, entre a primeira e a segunda camada, são necessários no mínimo 3 m de distância.

Foi escolhido para a segunda linha de plantio o Eucalipto, uma árvore muito comum em Minas Gerais e que possui um bônus pelo seu odor agradável.

No Quadro 12, encontram-se os valores pesquisados para a muda através de conversas telefônicas e os preços obtidos foram:

Quadro 2 - Valor para muda de Eucalipto

Fornecedor L	R\$ 1,05 (Um Real e cinco centavos)
Fornecedor M	R\$ 1,00 (Um Real)
Fornecedor N	R\$ 0,70 (Setenta centavos)

Fonte: Autor

De acordo com o EMBRAPA, o eucalipto utiliza-se de 3m para sua raiz, isto é, 3 m de distância de um eucalipto para o outro. Para circundar o perímetro da ETE, respeitando a condição de distância, serão necessárias 217 mudas de Eucalipto. Utilizando o fornecedor N, serão necessários R\$ 151,90.

Para o plantio das árvores serão necessários três jardineiros no primeiro mês e logo após somente um será necessário para a manutenção das plantas.

De acordo com o sindicato dos trabalhadores de Boa Esperança – SINDBE (2015), um profissional da área recebe em torno de R\$1200/ mês. Considerando a porcentagem de encargos de 38%, o valor mensal do profissional será de R\$1656,0 / mês.

5.4 Custo Total do Método Solicitado

O valor para o sistema pedido pela prefeitura será de R\$ 528.099,90, no Quadro 13 é possível verificar os valores individuais e totais da implantação dos métodos. No Anexo A é possível verificar a disposição dos elementos na ETE.

Quadro 13 - Valor total

Lavador Químico	R\$400.000,00(Quatrocentos mil Reais)
Cloro	R\$ 49.766,40(Quarenta e nove mil setecentos e sessenta e seis reais e quarenta centavos)
Funcionário	R\$ 2415,00(Dois mil quatrocentos e quinze Reais)
Combustão Direta	R\$ 118.000,00(Cento e dezoito mil reais)
Funcionário	R\$ 1311,00(Mil trezentos e onze Reais)
Cipreste	R\$ 537,60(Quinhentos e trinta e sete Reais e sessenta centavos)
Eucalipto	R\$ 151,90(Cento e cinquenta e um reais e noventa centavos)
Jardineiros	R\$ 4968,00(Quatro mil novecentos e sessenta e oito Reais)
TOTAL	R\$ 577.149,90 (Quinhentos e setenta e sete mil cento e quarenta e nove e noventa centavos)

Fonte: Autor.

Segundo dados do SAAE (2015), o município possui a tarifa de esgoto de R\$25,90 por residência e atualmente o município possui 7502 residências que contribuem com a mesma. Considerando um tempo de retorno financeiro de 10 anos, e considerando o valor fixo, isto é, sem incluir juros e correções financeiras, o valor adicionado a cada residência seria de:

- $[R\$ 577.149,90 + R\$ 5382 * 120 \text{ (custos mensais)}] / 120 \text{ meses} * 7502 \text{ residências} = 1,35 \text{ centavos / residência.}$

5.5 Sistema Ideal

Analisando as variáveis para a solução do problema (eficiência, confiabilidade, espaço físico, impacto ambiental, custo operacional, custo de construção e sustentabilidade), um sistema ideal seria aquele que eliminaria o odor, não deixaria resíduos e seria sustentável.

Para o município, o sistema ideal iria ter o uso de três métodos descritos anteriormente. Os métodos de Biolavador de Gases, Combustão direta e Cortina Verde. A mudança em relação ao sistema anterior é, portanto o uso do Biolavador no lugar do Lavador químico, pois, o biolavador possui a vantagem de evitar acumulação de produtos.

O Biolavador possui um sistema muito parecido com o Lavador químico, porém o meio utilizado para a lavagem é o de microorganismos aeróbios. Na sua instalação deve-se preocupar com a cultura correta do meio biológico e dos meios de suporte.

Foi analisado um fornecedor do biolavador já instalado e o seu custo operacional mensal (Apêndice D) e os valores obtidos foram:

Valor de Instalação com microorganismos cultivados - R\$ 540.000,00 (Quinhentos e quarenta mil reais).

Valor Mensal de manutenção - R\$ 26.000,00 (Vinte e seis mil reais).

Assim como no lavador químico, será necessário um profissional capacitado. Considerando a média de R\$1750,00 Reais por mês para a contratação e somando 38% de impostos, seriam necessários em torno de R\$2415,00 Reais para a manutenção de um profissional.

5.6 Custo Total do Método Ideal

O valor para o sistema pedido pela prefeitura será de R\$ 528.099,90, no Quadro 14 é possível verificar os valores individuais e totais da implantação dos métodos.

Quadro 14 - Valor total

Biolavador	R\$540.000,00 (Quinhentos e Quarenta mil reais)
Manutenção	R\$ 26.000,00 (Vinte e Seis mil reais)
Funcionário	R\$ 2415,00 (Dois mil quatrocentos e quinze Reais)
Combustão Direta	R\$ 118.000,00 (Cento e dezoito mil reais)
Funcionário	R\$ 1311,00 (Mil trezentos e onze Reais)
Cipreste	R\$ 537,60 (Quinhentos e trinta e sete Reais e sessenta centavos)
Eucalipto	R\$ 151,90 (Cento e cinquenta e um reais e noventa centavos)
Jardineiros	R\$ 4968,00 (Quatro mil novecentos e sessenta e oito Reais)
TOTAL	R\$ 693.383,50 (Seiscentos e noventa e três mil trezentos e oitenta e três reais e cinquenta centavos)

Fonte: Autor.

Considerando um tempo de retorno financeiro de 10 anos, e considerando o valor fixo, isto é, sem incluir juros e correções financeiras, o valor adicionado a cada residência seria de:

- $[R\$ 693.383,50 + R\$ 31.382,00 * 120 \text{ (custos mensais)}] / 120 \text{ meses} * 7502 \text{ residências} = 4,95 \text{ centavos / residência.}$

6 CONCLUSÃO

Analisando os métodos escolhidos, verifica-se que o método solicitado num período de retorno de 10 anos é 476% mais barato que o método ideal. Porém, deverão ser adotadas medidas para os resíduos gerados no método solicitado.

Também é importante a análise dos custos operacionais e os custos fixos, onde o método solicitado foi 583% mais barato que o método ideal. Isto se deu devido ao custo mensal para os microorganismos no Biolavador, onde além de custos operacionais como do controle eletrônico do sistema também possui custos do meio suporte das bactérias.

Após o término deste trabalho, conclui-se que um engenheiro civil além de estar preparado para execução de obras, ele também deve preparar para outras áreas importantes como a gestão de obras, em que a análise de métodos e pesquisas de preço no mercado é fator determinante para certos públicos alvo, como no caso dessa pesquisa, a prefeitura municipal de Boa Esperança.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, V.L.; STUETZ, R.M. **Treatment of hydrogen sulfide in biofuels**. In: Lens, P. et al. (Ed.). *Biofuels for fuel cells: renewable energy from biomass fermentation*. London: IWA Publishing, 2005.
- BELLI FILHO, P. **Stockage et odeur des dejections animales – Cas du lisier de porc**. Tese de doutorado. École Nationale Supérieure des Chimie de Rennes. 181p. 1995.
- BELLI FILHO, P. et al. **Tratamento de odores em sistemas de esgotos sanitários**. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios – PROSAB, cap. 8, 2001.
- BOWKER, R.P.G. **Treating odors**. Bowker and Associates Inc. <http://www.bowkerandassoc.com/index.html>, 2008.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução N°001 - **Dispõe sobre o licenciamento ambiental e sobre o estudo prévio de impacto ambiental**. Diário Oficial da União: República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 6p. 1986.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução N°003- **Estabelece padrões para a qualidade do ar e define os níveis de emissões que quando ultrapassadas**. Diário Oficial da União: República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF. 1990.
- CAIXA FEDERAL – **TABELA DE COMPOSIÇÃO DE ENCARGOS**, 2015. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-encargos-sociais-sem-desoneracao/SINAPI_Encargos_Sociais_ABRIL_2015_v2.pdf>. Acesso em 18 out. 2015.
- CARMO JR. G. R. **Otimização e avaliação de metodologias olfatométricas voltadas ao saneamento ambiental**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2005.
- CARNEIRO, CHARLES. **Manual Técnico para implantação de cortinas verdes e outros padrões vegetais em estações de tratamento de esgoto** – SANEPAR, Londrina, 2009.
- CRQ - MG - Conselho Regional de Química de Minas Gerais – **TABELA SALARIAL, 2015**. Acesso em <<http://sqeqmg.org/tabela-salarial/>>
- EMBRAPA – LISTA DE ESPÉCIES – Acesso em 18/10/2015 às 14:00. Disponível em <http://www.arboretos.cnpm.embrapa.br/faz_sm/especies.html>. Acesso em: 18 out. 2015.
- GENDEL, Y.; LEVI, N.; LAHAV, O. **H₂S removal using a modified, Low-pH Liquid Redox Sulfur Recovery (LRSR): Process with electrochemical regeneration of the Fe catalyst couple**. *Environmental Science & Technology*, Israel, p.a-e, 23 set. 2009.
- GOOGLE MAPS – Boa Esperança – MG. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/place/Boa+Esperanca%3%A7a+-+MG/@21.0971723,45.5619662,14z/data=!3m1!1e3m1!1s0x94b57432ea519ac5:0x8eeca4457aa981a5>>. Google, 2015.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de Dados de Municípios**. 2014. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>> Acesso em: 02/10/2015.

IEA. **Biogas Flares: State of the Art and Market Review**. Topic report of the IEA Bioenergy Agreement Task 24 – Biological conversion of municipal solid waste: IEA Bioenergy, 12 p. 2000.

KEITH, J. H; KENNETH, R. B. **Catalyst for volatile organic compounds control**. Incineration conference. San Diego, California, 1990.

KENNES, C.; THALASSO, F. **Waste gas biotreatment technology**. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, v. 72, p. 303-319, 1998.

KENNES, C., VEIGA, M.C.; PRADO, O. **Non biological treatment technologies**. In: **Bioreactors for waste gas treatment**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001.

LE CLOIREC, P. **Les Composés organiques volatils dans l'environnement**. 1998.

MARTIN, G; LAFFORT, P. **Odeurs et Désodorisation dans 1° Environnement 1 ed.** Tec&Doc Lavoisier, Paris, 452pp. 1991.

NUVOLARI, A. **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. Edgard Blucher: São Paulo, 2003.

PHILIPS, R.J. **Odor Control of Food Processing Operations by Air Cleaning Technologies (Biofiltration)**, 1997.

PMBE – PREFEITURA MUNICIPAL DE BOA ESPERANÇA. **Dados do município**. Disponível em: <<http://www.boaesperanca.mg.gov.br>> Acesso em: 02/10/2015. Boa Esperança, 2014.

PROSAB - PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios**. UFMG, 2006.

REIJENGA, J.C. et al. **Comparing different biogas upgrading techniques**. Eindhoven, 25 p, Eindhoven University of Technology, 2008.

SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto. **Especificações Técnicas do Tratamento de Esgoto no município de Boa Esperança – MG**. Boa Esperança, 2007.

SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto. **Manual de Operação da ETE**. Boa Esperança, 2012.

SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto. **Dados de Tarifas do Município de Boa Esperança - Boa Esperança**, 2015.

SILVA, A.B. **Avaliação da produção de odor na estação de tratamento de esgoto Paranoá e seus problemas associados**. 2007. 132f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia ambiental e recursos hídricos) -, UNB, Brasília, 2007.

SINDBE – Sindicato dos Trabalhadores de Boa Esperança – **TABELA SALARIAL 2015**.
Boa Esperança, 2015. Pag 5.

USEPA. **Test method for evaluating solid wast**. Washington, 1986.

APENDICE A – E-mail enviado às empresas

Olá, Bom dia. Sou aluna do 10º período de Engenharia Civil e estagiária no Serviço Autônomo de Água e Esgoto - SAAE do município de Boa Esperança- Sul de Minas Gerais.

Estamos passando por problemas na emissão de gases odorantes e para a eliminação dos mesmos, foi adotado o uso de Lavadores de gases.

Gostaria de saber qual valor para sua instalação.

Os dados do município são:

- 42000 Habitantes
- Vazão de 167,58 L/s
- Quantidade de H₂S gerado por hora: 603288 mg/L/ hora.

Tais Carvalho de Miranda
10º Período Engenharia Civil - UNIS MG

APENDICE B – Resposta da empresa A



Boa Tarde, a especialidade da ENGELOPES envolve principalmente a utilização de oxidação química, com emprego de uma ou mais colunas de absorção com recheios e o uso de um ou mais agentes químicos. Para o sistema solicitado, o valor inicial para instalação do Lavador químico é de aproximadamente RS430.000,00.

Porém, serão necessários análises da empresa no local solicitado para que o valor seja corrigido. Para informações de nossos produtos e catalogo com as dimensões dos Lavadores, acesse o link:

<<http://despoluidor.com.br/lcgaratec.htm>>

Para mais informações,

Engelopes, Indústria e Comércio LTDA

Rua Frei Jaboat n.152 - Rio de Janeiro - RJ - CEP 21041-110 - Tel: (21) 3869-7460 - Fax: (21) 3869-7471

E-mail: engelpes@despoluidor.com.br

APÊNDICE C – Resposta da empresa B



Lavador e Depurador de Gases Venturidro Belfano®

- Produto patenteado
- Equipamentos Antipoluição
- Projetos específicos
- Fabricado dentro dos padrões de qualidade exigidos, o Lavador e Depurador de Gases Venturidro Belfano® possui vida útil acima de 20 anos, com garantia total de 12 meses e assistência técnica permanente.
- Qualidade testada e comprovada por inúmeros clientes, entre eles:

Alcan * Arsenal da Marinha * Bayer * Brastemp * Belzer * C.B.A. * Caloi * Casa da Moeda * Cosigua * G.M.B * Goodyear * Embraer * Ford * Merck S.D. * Metal Leve * Pirelli * Philips * Parque da Aeronáutica * Papaiz * Pereira Lopes * Pérsico Pizzamiglio * Rhodia * Semikron * V.W do Brasil * Varig * Votorantim, entre outros.

Mais de 1300 instalações executadas e em funcionamento.

Boa Tarde Tais, como foi explicado ao telefone, a Tecnoplástico Belfano trabalha com produtos exclusivos produzidos especificamente para cada caso. Porém para estudo acadêmico, podemos lhe fornecer o valor inicial de R\$400.000,00 para a produção e instalação do produto.

APENDICE D -Resposta da empresa do biolavador

Boa Tarde Tais, O bio-lavador de gases da SNatural é composto de dois cilindros de tubo de PVC rígido constituído por três subconjuntos principais: o tubo do lavador, o tubo secador de gás e os equipamentos periféricos que são a bomba hidráulica centrífuga auto-escorvante, de 1/3 HP, 220 volts, monofásica, compressor de gás, especial para trabalho com gás metano e enxofre, válvulas e sistemas de comando.

Nosso sistema tem sido utilizado em pequenas e grandes Estações de Tratamento de Esgoto em todo país. Baseado nos dados de seu município podemos lhe dar o valor inicial de **R\$540.000,00**, porém vale ressaltar que este é um valor inicial e caso seja aplicado pela prefeitura, vários estudos deverão ser realizados para que se chegue ao valor real.

Contato

Comercial
snatural@snatural.com.br

FONE | FAX: +55 11 4113.3660/ 5072.5452/ 5562.1669

