



PREFEITURA MUNICIPAL DE POTIM-SP

# ESTUDO DE CONCEPÇÃO E PROJETO DE ENGENHARIA PARA O AFASTAMENTO E TRATAMENTO DO ESGOTO SANITÁRIO DA SEDE DE POTIM-SP

Contrato 030/2015 - Processo nº 33/CMLA/2015



ESTUDO DE CONCEPÇÃO



**FEVEREIRO – 2016**

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>APRESENTAÇÃO .....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>1 INFORMAÇÕES CADASTRAIS.....</b>  | <b>5</b>  |
| 1.1 Identificação do Empreendimento .....                                   | 5         |
| 1.2 Contratante dos Serviços .....  | 5         |
| 1.3 Responsabilidade Técnica pelo Projeto de Engenharia .....               | 5         |
| 1.4 Equipe Técnica .....  | 6         |
| <b>2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>                             | <b>7</b>  |
| 2.1 Características Físicas .....   | 7         |
| 2.1.1 Localização e acessos .....   | 7         |
| 2.1.2 Clima .....   | 7         |
| 2.1.3 Topografia, relevo e geologia .....                                   | 8         |
| 2.1.4 Vegetação .....   | 12        |
| 2.1.5 Bacia hidrográfica .....  | 12        |
| 2.2 Uso e Ocupação do Solo .....  | 12        |
| 2.3 Informações Socioeconômicas / Meio Antrópico .....                      | 12        |
| 2.3.1 População .....   | 12        |
| 2.3.2 Atividades econômicas .....   | 15        |
| 2.4 Sistemas de Infraestrutura e Condições Sanitárias .....                 | 16        |
| 2.4.1 Abastecimento de água .....   | 16        |
| 2.4.2 Esgotos sanitários .....  | 17        |
| 2.4.3 Resíduos sólidos .....  | 18        |
| 2.4.4 Sistema de drenagem e controle de cheias .....                        | 18        |
| 2.4.5 Saúde .....   | 19        |
| 2.4.6 Sistema viário .....  | 20        |
| 2.4.7 Energia elétrica .....  | 20        |
| 2.4.8 Programas sociais na área de saneamento .....                         | 21        |
| <b>3 DIAGNÓSTICO DO ATUAL SISTEMA DE ESGOTOS SANITÁRIOS.....</b>            | <b>22</b> |
| 3.1 Descrição Geral do Sistema Existente .....                              | 22        |
| 3.2 Caracterização das Unidades Existentes .....                            | 22        |
| 3.2.1 Redes coletoras .....   | 22        |
| 3.2.2 Elevatória de esgotos .....   | 23        |
| 3.2.3 Estações de tratamento de esgotos .....                               | 24        |
| <b>4 ESTUDO DAS VAZÕES DE PROJETO.....</b>                                  | <b>28</b> |
| 4.1 Área de Projeto .....   | 28        |
| 4.2 Alcance de Projeto .....  | 28        |
| 4.3 Projeção Populacional .....   | 28        |
| 4.4 Parâmetros de Projeto .....   | 29        |
| 4.5 Quantificação dos esgotos .....   | 30        |
| 4.5.1 Vazões sem infiltração .....  | 30        |
| 4.5.2 Vazão de infiltração .....  | 30        |
| 4.5.3 Vazões com infiltração .....  | 30        |
| <b>5 ALTERNATIVAS TÉCNICAS DE CONCEPÇÃO.....</b>                            | <b>31</b> |
| 5.1 Melhorias no Sistema que Independem de Alternativas .....               | 31        |
| 5.1.1 Elevatória do Bairro Miguel Vieira .....                              | 31        |
| 5.1.2 Adequação das redes coletoras de esgotos .....                        | 31        |
| 5.2 Alternativas Locacionais e de Tratamento .....                          | 31        |
| 5.3 Alternativa 01 – Sistema Australiano Seguido e Lagoa de Maturação ..... | 32        |
| 5.3.1 Descrição da alternativa .....  | 32        |

|               |  |           |
|---------------|--|-----------|
| 5.3.2         | Tratamento preliminar .....  | 36        |
| 5.3.3         | Lagoas anaeróbias .....  | 36        |
| 5.3.4         | Lagoas facultativas .....  | 38        |
| 5.3.5         | Lagoa de maturação com chicanas .....                                | 40        |
| 5.3.6         | Unidade de apoio operacional .....                                   | 42        |
| 5.3.7         | Estudo de autodepuração .....  | 42        |
| 5.4           | Alternativa 02 – Reator UASB e Filtro Biológico Percolador .....     | 45        |
| 5.4.1         | Descrição da alternativa .....                                       | 45        |
| 5.4.2         | Tratamento preliminar .....  | 49        |
| 5.4.3         | Elevatória pós tratamento preliminar .....                           | 49        |
| 5.4.4         | Reatores UASB .....  | 50        |
| 5.4.5         | Filtro biológico percolador .....                                    | 51        |
| 5.4.6         | Decantador secundário .....  | 52        |
| 5.4.7         | Elevatória recirculação .....  | 53        |
| 5.4.8         | Sanitização do efluente .....  | 54        |
| 5.4.9         | Leitos de secagem .....  | 55        |
| 5.4.10        | Estudo de autodepuração .....  | 56        |
| <b>6</b>      | <b>ESTIMATIVAS DE CUSTOS DAS ALTERNATIVAS PROPOSTAS.....</b>         | <b>59</b> |
| <b>7</b>      | <b>COMPARAÇÃO E SELEÇÃO DA ALTERNATIVA.....</b>                      | <b>60</b> |
| <b>8</b>      | <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>                               | <b>61</b> |
| <b>ANEXOS</b> | <b>.....</b>   | <b>63</b> |
|               | ANEXO 1. Planilha de Simulação Hidráulica da Rede Coletora Existente |           |
|               | ANEXO 2. Estimativas de Custos das Alternativas                      |           |
|               | ANEXO 3. Cadastro da Rede Coletora de Esgotos Existente              |           |

## APRESENTAÇÃO

O inglês *Edwin Chadwick* define Saúde Pública como “um problema mais de engenharia que de medicina” e ainda que os “melhores preventivos são a drenagem, a limpeza das casas e ruas e de melhores sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário”.

Ideologicamente fundamentado neste pensamento, a Prefeitura de Potim, além de suas cotidianas atividades operacionais e administrativas, também busca o atendimento às novas demandas por saneamento, relativas aos sistemas de abastecimento de água e esgotos sanitários do município.

O presente trabalho aborda de forma metódica o planejamento da coleta e tratamento dos esgotos sanitários da sede municipal de Potim, com Realização de Estudos, Projetos e Soluções para o Tratamento dos Esgotos, para os quais foi contratada a empresa OTTAWA ENGENHARIA LTDA, através do Processo Licitatório “TOMADA DE PREÇOS” Nº 03/2015 e contrato de prestação de serviços Nº 030/2015.

O objeto do citado contrato será realizado em cinco etapas, cuja primeira, ora apresentada, se constitui no Estudo de Concepção, que representa o consenso entre contratante e contratada no entendimento do sistema de esgotos sanitários em estudo, e que fundamentará as etapas subsequentes do objeto contratual.

## **1 INFORMAÇÕES CADASTRAIS**

### **1.1 Identificação do Empreendimento**

- Tipologia: Sistema de Esgotos Sanitários
- Localidade: Sede municipal
- Município/UF: Potim – SP

### **1.2 Contratante dos Serviços**

- Razão Social: Prefeitura Municipal de Potim
- CNPJ: 65.042.855/0001-20
- Prefeito: Edno Félix Pinto
- Endereço: Praça Miguel Correa dos Ouros, 101 Centro.
- Município/UF: Potim - SP
- CEP: 12.525-000
- Telefone: (12) 3112-9200
- Endereço eletrônico: planejamento.pmp@bol.com.br

### **1.3 Responsabilidade Técnica pelo Projeto de Engenharia**

- Nome: **Ottawa Engenharia Ltda**
- Endereço: Rua Nilton Baldo, 744  
Bairro Jardim Paquetá  
Belo Horizonte – MG / CEP: 31.330-660
- Telefax: (31) 3418-2175
- Endereço eletrônico: ottawaeng@terra.com.br

## 1.4 Equipe Técnica

- Coordenador Geral do Projeto, Engenheiro Civil Especialista:  
Carlos Mauro Novais Gonçalves  
CREA-MG: 49.318/ D
- Engenheiro Civil:  
Hudson Costa Rocha  
CREA-MG: 99.507/D
- Engenheiro Projetista:  
Olavo Ianhez Neto  
CREA-MG: 154.912/D
- Engenheiro Orçamentista:  
Gildácio Pereira Chagas  
CREA-MG: 184.893/LP
- Geólogo:  
Délio Corrêa Soares de Melo  
CREA-MG: 56.649/D
- Engenheiro Eletricista:  
Bernardo José Dias Coelho Cotta  
CREA-MG: 42.292/D
- Consultor Ambiental:  
Guilherme de Faria Barreto  
Biologo CRBio: 30.774-4
- Agrimensor:  
Venalço Ornelas de Azevedo  
CREA-MG: 75.936/D



## 2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

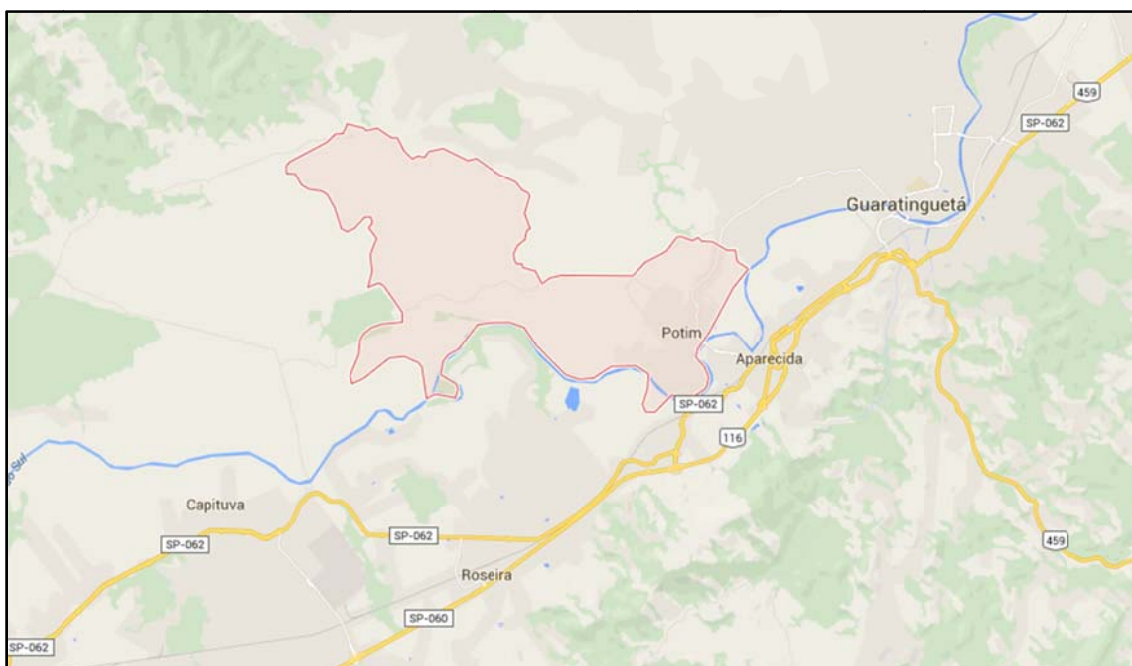
### 2.1 Características Físicas

#### 2.1.1 Localização e acessos

O município de Potim situa-se na mesorregião do Vale do Paraíba Paulista, na microrregião de Guaratinguetá, a leste da capital do Estado de São Paulo. O município dista 190 km da capital do estado. Os principais acessos rodoviários ao município são as rodovias Presidente Dutra (BR-116) e Padroeira do Brasil (SP-62). Seus municípios limítrofes são Aparecida, Guaratinguetá, Pindamonhangaba e Roseira.

As coordenadas geográficas do ponto central da sede municipal são:

- Latitude ..... 22°50'34" Sul
- Longitude ..... 45°15'05" Oeste



**Figura 1. Mapa de Localização**

Fonte Google Maps

#### 2.1.2 Clima

A região onde se encontra o município de Potim apresenta o clima quente e temperado, com uma pluviosidade significativa ao longo do ano, até mesmo no mês mais seco. Segundo a Köppen Geiger, a classificação do clima é CFA, com temperatura média de 21,7°C, com mínima média de 6,5°C e máxima

média de 35°C, e pluviosidade média anual de 1.275 mm.

### 2.1.3 Topografia, relevo e geologia

De acordo com IPT (1981), a área do município encontra-se na região geomorfológica do Planalto Atlântico, caracterizado por terras altas, constituídas predominantemente por rochas cristalinas pré-cambrianas e cambro-ordovicianas, cortadas por intrusivas básicas e alcalinas mesozoico-terciárias, e pelas coberturas da bacia sedimentar de Taubaté. Os terrenos do município pertencem à Zona do Médio Vale do Paraíba, subzona de Colinas Sedimentares.

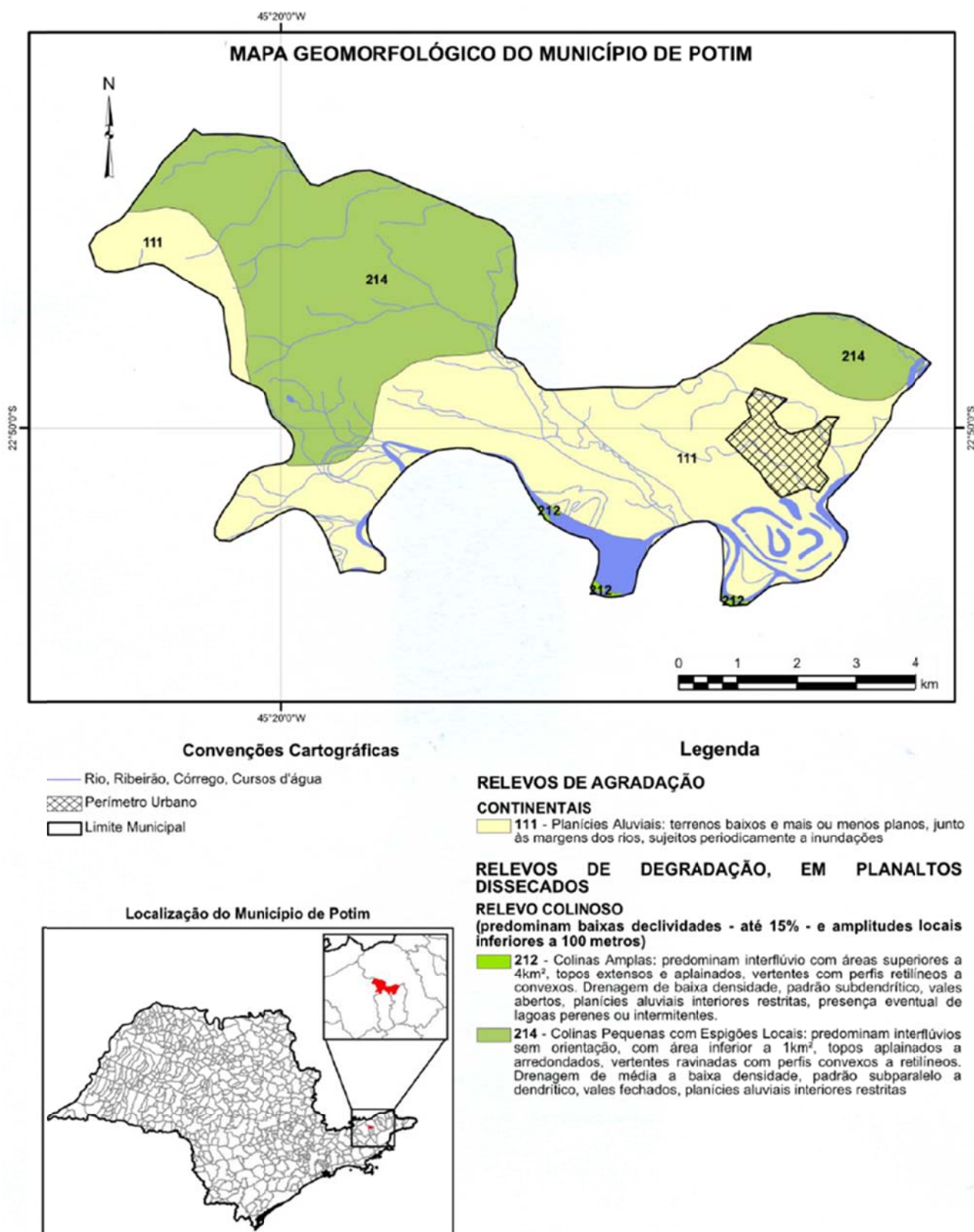
São encontrados relevos de Degradação em Planaltos Dissecados (111), representados por Relevo Colinoso com declividades baixas, de até 15%, e amplitudes locais inferiores a 100 m. Há também relevo de Agradação Continental.

O Relevo Colinoso é representado por Colinas Pequenas com Espigões Locais (214), onde predominam interflúvios sem orientação, com área inferior a 1 km<sup>2</sup>, topos aplainados a arredondados, vertentes ravinadas com perfis convexos a retilíneos, drenagem de média a baixa densidade, padrão subparalelo a dendrítico, vales fechados, com planícies aluviais interiores restritas. Ocorrem também Colinas Amplas (212), onde predominam interflúvios com área superior a 4 km<sup>2</sup>, topos extensos e aplainados, vertentes com perfis retilíneos a convexos, drenagem de baixa densidade, padrão subdendrítico, vales abertos, planícies aluviais interiores restritas, com presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes.

O relevo de Agradação Continental é composto por Planícies Aluviais, terrenos baixos e mais ou menos planos, junto às margens dos rios, sujeitos periodicamente a inundações.

A figura a seguir ilustra a representação cartográfica das principais formas de relevo que ocorrem no município.





**Figura 2. Mapa geológico ampliado do município de Potim**

Fonte: Mapa Geológico do Estado de São Paulo (Perrota et al., 2006).

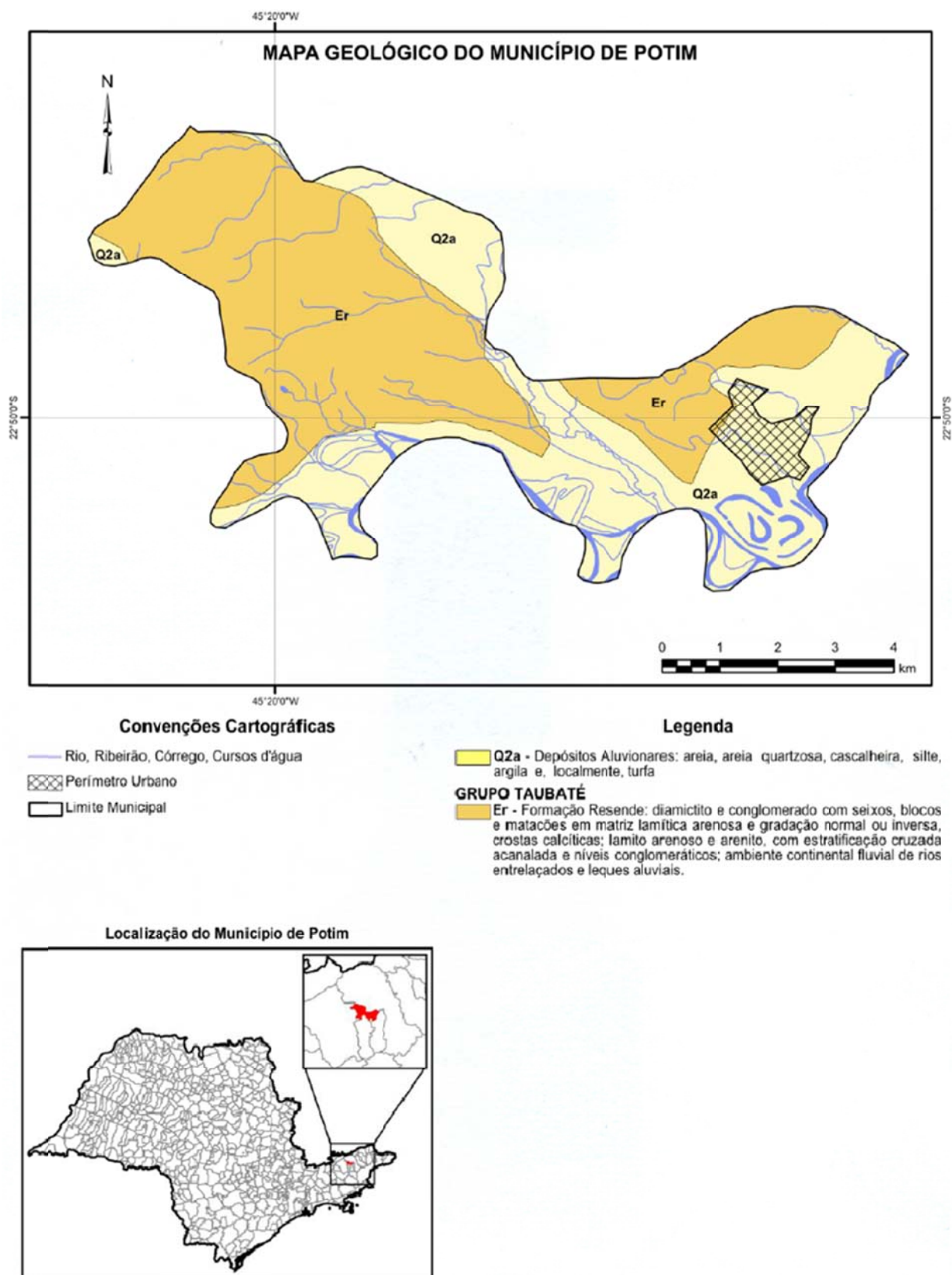
No município de Potim ocorrem rochas sedimentares do Grupo Taubaté e sedimentos quaternários.

A figura a seguir apresenta a distribuição das unidades litoestratigráficas no município, de acordo com Perrota et al. (2006).

O Grupo Taubaté, segundo Riccomini (1989), corresponde aos depósitos sedimentares continentais paleógenos, relacionados ao preenchimento vulcano-sedimentar do Rift Continental do Sudeste do Brasil. Na área, é representado pela Formação Resende, unidade basal e lateral da planície aluvial de rios entrelaçados, associada a um sistema de leques aluviais. De acordo com Perrota et al. (2006), a Formação Resende é composta por diamictito e conglomerado com seixos, blocos e matacões em matriz lamítica arenosa e gradação normal ou inversa, crostas calcíticas, lamito arenoso e arenito, com estratificação cruzada acanalada e níveis conglomeráticos, de ambiente continental fluvial de rios entrelaçados e leques aluviais.

Os sedimentos quaternários correspondem aos depósitos aluvionares representados por areia, areia quartzosa, cascalheira, silte, argila e, localmente, turfa.

AFASTAMENTO E TRATAMENTO DO ESGOTO SANITÁRIO DA SEDE DE POTIM – ESTUDO DE CONCEPÇÃO



**Figura 3. Mapa geomorfológico ampliado do município de Potim**

Fonte: Mapa Geomorfológico do estado de São Paulo (IPT, 1981).

#### **2.1.4 Vegetação**

Segundo o Plano Municipal de Saneamento o município de Potim possui menos de 3% de seu território, aproximadamente 126 ha, coberto com vegetação natural remanescente, classificada como Floresta Ombrófila Densa. A cobertura vegetal predominante na região é composta basicamente por pastagens e algumas lavouras.

#### **2.1.5 Bacia hidrográfica**

O município de Potim está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Os principais cursos d'água que cortam o município são o Córrego Putim, Córrego do Rosário, Ribeirão dos Buenos, além do Rio Paraíba do Sul, na divisa com o município de Aparecida.

### **2.2 Uso e Ocupação do Solo**

A ocupação da sede municipal ocorreu na área central, no entorno da Capela do Senhor Bom Jesus em 1772, de onde o povoado desenvolveu-se lentamente e tornou-se uma vila de pescadores e trabalhadores rurais. Em 1981 foi elevado a distrito subordinado ao município de Guaratinguetá e sua emancipação ocorreu no ano de 1993. O município é constituído apenas no distrito sede.

A zona urbana do município é constituída pelos bairros centro, Chácara Tropical, João Nogueira, Frei Galvão, Vila Olivia, Jardim Cidade Nova, Jardim Alvorada, Morada dos Marques, Vista Alegre e Miguel Vieira.

Na região central estão concentradas as atividades de comércio e serviços e no entorno dessa uma ocupação residencial de padrão médio.

Observa-se, a tendência de crescimento na região noroeste do município, para onde já existem, segundo informações da Secretaria de Planejamento, projetos de implantação de novos loteamentos.

### **2.3 Informações Socioeconômicas / Meio Antrópico**

#### **2.3.1 População**

Segundo o Censo 2010 do IBGE, dentre os 645 municípios do estado de

São Paulo, Potim é o 243º em termos de população. Apresenta-se a seguir o quadro evolutivo da população do município de Potim:

Tabela 1. População Residente

| ANO  | URBANA | RURAL | TOTAL  |
|------|--------|-------|--------|
| 2000 | 12.697 | 638   | 13.605 |
| 2010 | 14.709 | 4.688 | 19.397 |

Fonte: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

A Região Administrativa de São José dos Campos apresentou, nos últimos anos, um intenso crescimento populacional que se tornou a terceira área de concentração da população paulista, ordenada como as maiores taxas entre as regiões paulistas. Em 2014 a população corresponde a 2,35 milhões de habitantes, o que representava 5,52% do total do Estado.

O Município de Potim, no período de 2010 a 2015, cresceu menos que o Estado e que a Região Administrativa de São José dos Campos, contudo o crescimento foi superior à sua Região de Governo (Guaratinguetá).

A tabela a seguir, apresenta as taxas geométricas de crescimento anual das populações do Estado de São Paulo, da Região Administrativa de São José dos Campos, Região de Governo de Guaratinguetá e do Município de Potim.

Tabela 2. Taxas Geométricas de Crescimento

| ESTADO, REGIÕES E MUNICÍPIO                  | TAXAS GEOMÉTRICAS DE CRESCIMENTO ANUAL DA POPULAÇÃO PERÍODO (em % a.a.) |           |           |
|--|---|-----------|-----------|
|  | 1991-2000   | 2000-2010 | 2010-2015 |
| Estado de São Paulo                          | 1,90  | 1,36      | 0,94      |
| Região Administrativa de São José dos Campos | 2,32  | 1,42      | 1,12      |
| Região de Governo de Guaratinguetá           | 1,60  | 0,69      | 0,61      |
| Município de Potim                           | indisponível  | 1,27      | 0,72      |

Fonte: Fundação Seade 2015.

Os componentes do crescimento populacional, segundo o modelo adotado pelo Seade consideram a interação dos três componentes demográficos: fecundidade, mortalidade e emigração na simulação dos possíveis cenários futuros para a população paulista.

A Taxa de Fecundidade Geral representa a relação entre o número de nascidos vivos numa determinada unidade geográfica, num período de tempo, e a população feminina em idade fértil (15 a 49 anos) residente na mesma



unidade estimada para o meio do período. A redução da fecundidade foi responsável pela redução no ritmo de crescimento da população. Há certo consenso de que a fecundidade iniciou um processo de redução contínua, como pode ser observado para o Estado, Região Administrativa de São José dos Campos, contudo para Região de Governo de Guaratinguetá e Município de Potim apresentou crescimento conforme apresentado na tabela a seguir:

Tabela 3. Taxas de Fecundidade Geral

| <b>ANO</b>                                   | <b>2000</b> | <b>2010</b> | <b>2013</b> |
|--|-------------|-------------|-------------|
| Estado de São Paulo                          | 65,56       | 51,12       | 51,14       |
| Região Administrativa de São José dos Campos | 66,00       | 51,28       | 50,81       |
| Região de Governo de Guaratinguetá           | 61,75       | 48,28       | 49,45       |
| Município de Potim                           | 54,99       | 56,59       | 60,94       |

Fonte: Fundação Seade 2015.

A Taxa de Mortalidade Geral é a relação entre os óbitos gerais de residentes numa unidade geográfica ocorridos num determinado período de tempo e a população da mesma unidade estimada ao meio do período.

As taxas de mortalidade da população da Região Administrativa de São José dos Campos, Região de Governo de Guaratinguetá e do Município de Potim tem apresentado um declínio acentuado em todos os grupos etários, desde o período intrauterino até as idades mais avançadas que resultam em implicações expressivas de toda ordem na família e na sociedade. Embora se reconheça que esse declínio tenha começado nos anos 1940, as informações disponíveis só permitem traçar esse quadro a partir de 1980.

A tabela a seguir apresenta as taxas de mortalidade para o Estado, Região Administrativa de São José dos Campos, Região de Governo de Guaratinguetá e Município de Potim.

Tabela 4. Taxas de Mortalidade Geral

| <b>ANO</b>                                   | <b>2000</b> | <b>2010</b> | <b>2013</b> |
|--|-------------|-------------|-------------|
| Estado de São Paulo                          | 6,43        | 6,39        | 6,54        |
| Região Administrativa de São José dos Campos | 6,08        | 6,10        | 6,34        |
| Região de Governo de Guaratinguetá           | 7,28        | 7,26        | 7,65        |
| Município de Potim                           | 5,97        | 4,76        | 6,43        |

Fonte: Fundação Seade 2015.

O Saldo Migratório Anual representa a diferença entre o número de pessoas que entraram e o número de pessoas que saíram de determinada localidade durante o período intercensitário, segundo a fórmula:



Saldo Migratório Anual (1991/2000) (Imigrantes - Emigrantes) = (P2000-P1991) + (NASCIMENTOS (1991 a 2000) – ÓBITOS (1991 a 2000))

Para o cálculo do saldo migratório anual, o resultado da fórmula é dividido pelo número de anos correspondente ao período censitário, no caso de 1991/2000 o período é de 9 anos.

Estimar saldos e taxas migratórias não é uma tarefa simples devido a pouca disponibilidade de dados. Os resultados dos dois últimos censos demográficos apontam para um saldo líquido migratório positivo nos anos 1990 e um aumento nos anos 2000 como pode ser observado na tabela a seguir:

Tabela 5. Saldo Migratório Anual e Taxa Líquida de Migração

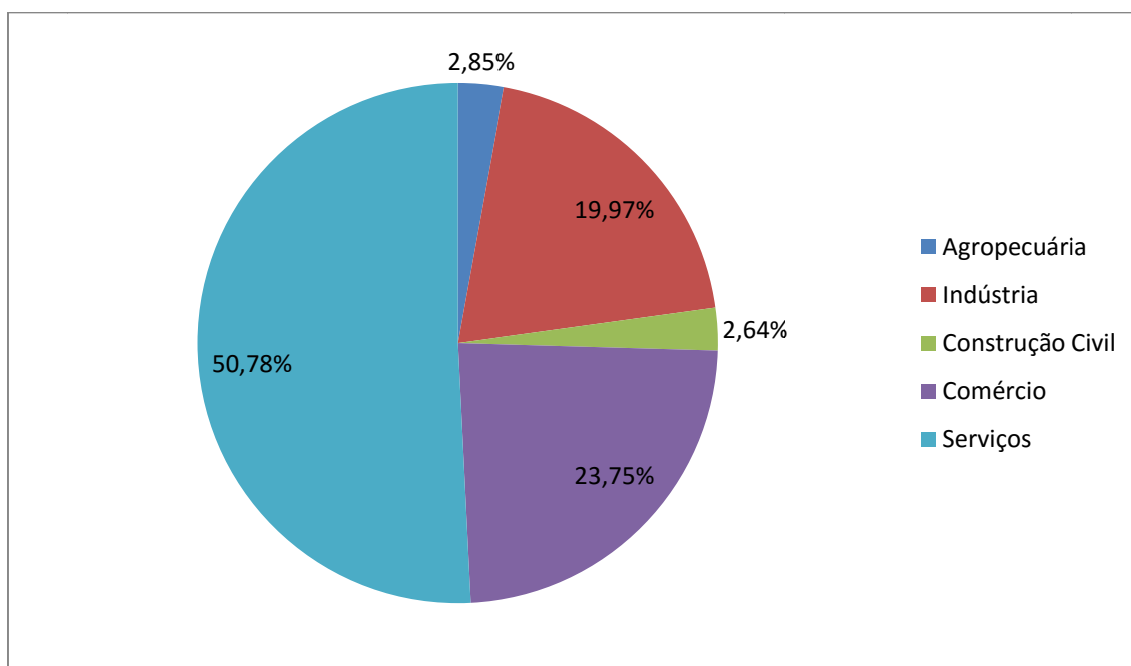
| ANO  | SALDO MIGRATÓRIO ANUAL |        | TAXA LÍQUIDA DE MIGRAÇÃO |       |
|--|------------------------|--------|--------------------------|-------|
|  | 2000                   | 2010   | 2000                     | 2010  |
| Estado de São Paulo                          | 147.443                | 47.265 | 4,31                     | 25,64 |
| Região Administrativa de São José dos Campos | 12.358                 | 6.569  | 6,81                     | 3,09  |
| Região de Governo de Guaratinguetá           | -66                    | -405   | -0,23                    | -1,27 |
| Município de Potim                           | 274                    | 422    | 23,59                    | -3,25 |

Fonte: Fundação Seade 2015.

### 2.3.2 Atividades econômicas

A economia do município de Potim baseia-se na pecuária, agricultura, com destaque para o arroz, e pequenas indústrias de artigos religiosos voltados para o mercado da cidade de Aparecida, além da produção de garapa, rapadura e farinha de mandioca. O município conta apenas com duas empresas de porte significativo, a Golden Química e Nova Kraft voltada à reciclagem de papel.

Apresenta-se na figura a seguir a participação dos empregos formais dos setores na economia do município de Potim, segundo dados da Fundação Seade de 2014.



**Figura 4. Participação dos Empregos Formais no Município de Potim**

Fonte Seade 2014

Ainda segundo dados da Fundação Seade, verifica-se a redução da participação da agropecuária e indústria no período entre 2009 a 2012 e o crescimento do setor de serviços.

O produto interno bruto per capita, a preços correntes de 2013, segundo o IBGE era de R\$7.596,32, o rendimento médio nominal per capita na região rural era de R\$355,00 enquanto na área urbana era de R\$456,43.

Ainda segundo o IBGE, no ano de 2010, o IDH médio do município de Potim era de 0,697.

## **2.4 Sistemas de Infraestrutura e Condições Sanitárias**

### **2.4.1 Abastecimento de água**

O sistema de abastecimento de água do município de Potim é de responsabilidade do Serviço de Água e Esgotos de Potim – SAEP, autarquia municipal.

Segundo informações do Plano Municipal de Saneamento de Potim 85% da área urbana do município é atendida pelo sistema de abastecimento.

Os mananciais de abastecedores são todos subterrâneos compostos por 5 poços tubulares profundos cujas vazões somadas totalizam 42,50 L/s.

Apresenta-se a seguir a relação dos poços e suas respectivas vazões:

- Poço Barranco Alto ..... 12,78 L/s
- Poço Elizabeth ..... 12,50 L/s
- Poço CDHU..... 10,83 L/s
- Poço Vista Alegre..... 1,67 L/s
- Poço Miguel Vieira ..... 4,72 L/s

O tratamento é composto apenas por desinfecção com cloro e flueratação que são realizadas em cada um dos poços.

O sistem de abastecimento de água conta com 3 reservatórios que totalizam 2.033 m<sup>3</sup> de armazenamento. O reservatório Central é do tipo apoiado, metálico, com capacidade para 2.000 m<sup>3</sup>, alimentado pelos poços Barranco Alto, Elizabeth e CDHU e abastece a região central da cidade (setores 1 a 7, 9 e 10). O reservatório Vista Alegre também é do tipo apoiado, metálico, com capacidade para 13 m<sup>3</sup>, alimentado pelo poço Vista Alegre e atende o bairro homônimo (setor 8). Por último o reservatório metálico apoiado, com capacidade para 20 m<sup>3</sup>, denominado Miguel Vieira que atende o bairro homônimo (setor 11), alimentado pelo poço Miguel Vieira.

A rede de distribuição possui 39,2 km de extensão, constituída de tubos de PVC, dividida em 11 setores, com 4.641 ligações, das quais 4.250 estão ativas e dessas 4.122 são domiciliares.

#### **2.4.2 Esgotos sanitários**

O sistema de esgotos sanitários também é de responsabilidade do SAEP e, segundo informado pela Secretaria de Planejamento, atende a 100% da população urbana com relação à coleta e transporte dos esgotos, realizada por redes, que na maior parte são compostas por manilhas cerâmicas.

A cidade, atualmente, não conta com estação de tratamento de esgotos em operação, embora possua uma pequena ETE que atenderia isoladamente o Bairro Miguel Vieira, contudo esta estação foi abandonada e os esgotos são lançados, sem tratamento adequado no Córrego Sem Nome, afluente do Córrego Putim. Além dessa, o município possui projeto de uma estação de tratamento de esgotos, elaborado em 2001, que atenderia o restante da cidade. A concepção técnica desta ETE consiste em tratamento preliminar, duas

lagoas anaeróbias, duas lagoas facultativas e duas lagoas de maturação, cujas obras foram iniciadas e paralisadas em estágio avançado.

### **2.4.3 Resíduos sólidos**

No município de Potim a limpeza urbana e o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos são de responsabilidade da prefeitura municipal.

O serviço de varrição de vias públicas é realizado por 7 funcionários municipais que também são encarregados pela manutenção das áreas verdes e demais espaços públicos.

A coleta dos resíduos sólidos urbanos é do tipo convencional, tipo porta a porta, realizada também por funcionários municipais e conta com dois caminhões compactadores. Nas avenidas e principais ruas da cidade a coleta é realizada diariamente e nos demais logradouros 3 vezes por semana. O índice de atendimento do serviço de coleta de lixo, de acordo com o Plano Municipal de Saneamento, é de 98,63%.

Os resíduos sólidos urbanos coletados são encaminhados ao aterro sanitário localizado no município de Cachoeira Paulista, devidamente licenciado e operado pela empresa Vale Soluções Ambientais Ltda.

Os resíduos sólidos inertes que englobam os resíduos sólidos da construção civil são coletados pela própria prefeitura, através da mesma equipe encarregada pelos serviços de varrição.

Os resíduos sólidos de serviços de saúde são coletados por empresas terceirizadas, contratadas pela Secretaria de Saúde, e encaminhados para tratamento na unidade de incineração da Basf S/A, localizada no município de Jacareí, também devidamente licenciada para o desempenho desta atividade.

### **2.4.4 Sistema de drenagem e controle de cheias**

O município de Potim está situado na bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e, segundo o Plano Municipal de Saneamento, conta com um sistema de drenagem de águas pluviais que pode ser considerado incipiente, assim durante a estação chuvosa do ano a cidade enfrenta problemas com alagamentos e inundações em alguns bairros.

A macrodrenagem da área urbana do município consiste na malha de

drenagem natural formada pelos cursos d'água existentes nos talvegues e fundos de vales.

A área urbana possui duas sub-bacias. A primeira corresponde à bacia do Ribeirão Putim que deságua no Rio Paraíba do Sul, enquanto a segunda conta com um canal de drenagem artificial que direciona as contribuições pluviais diretamente ao Rio Paraíba do Sul.

As redes de drenagem, galerias e bocas de lobo, segundo informações contidas no Plano Municipal de Saneamento, encontram-se em bom estado e recebem manutenção periódica realizada por funcionários da prefeitura.

A prefeitura de Potim não dispõe de cadastro confiável das estruturas de drenagem existente.

#### 2.4.5 Saúde

De acordo com a publicação “Padrões de Potabilidade da Água”, editada pelo Centro de Vigilância Sanitária de São Paulo, as doenças relacionadas com a falta de educação para a saúde, saneamento básico deficiente ou ausente dividem-se em quatro grupos, relacionados com as vias de transmissão e o ciclo do agente etiológico, conforme quadro a seguir:

Tabela 6. Grupos de Infecções Relacionados com Água

| GRUPO DE INFECÇÕES<br>RELACIONADOS COM ÁGUA                     | ATIVIDADE   |
|---|---|
| <b>I – Transmissão Hídrica</b>                                  | Cólera, Febres tifóide e paratífóide, Shigelose, Amebíase, Diarréia e gastroenterite de origem infecciosa presumível, Outras doenças infecciosas intestinais, Outra doenças bacterianas, Leptospirose não especificada, Outras hepatites virais |
| <b>II – Transmissão Relacionada com a higiene</b>               | Tracoma, Tifo exantemático  |
| <b>III – Transmissão baseada na Água</b>                        | Esquistossomose   |
| <b>IV – Transmissão por inseto vetor que se procria na água</b> | Dengue (dengue clássico)  |

Fonte: Centro de Vigilância Sanitária de São Paulo, 2010.

Em relação à saúde da população, foi realizada, em julho de 2015, busca de informações no Banco de Dados DATASUS on-line, desenvolvido pelo Ministério da Saúde, que disponibiliza estatísticas de saúde e permite a tabulação de dados dos sistemas de Mortalidade e Internações Hospitalares do Sistema Único de Saúde - SUS.

O quadro a seguir apresenta a morbidade hospitalar do SUS em Potim, no

período de 1995 a 2007 e a partir de 2008, conforme o grupo de infecções de veiculação hídrica.

Tabela 7. Morbidade Hospitalar do SUS

| GRUPOS | 1995-2007 | A PARTIR DE 2008 |
|--------|-----------|------------------|
| I      | 1         | 5                |
| II     | Nd        | Nd               |
| III    | Nd        | Nd               |
| IV     | Nd        | Nd               |

Nota: Nd – Não disponível. Fonte: DATASUS, 2010.

#### 2.4.6 Sistema viário

O sistema de transporte da cidade conta com linhas de transporte coletivo municipal e intermunicipal.

As vias na cidade de Potim são, predominantemente, pavimentadas.

No ano de 2014, segundo dados da Fundação Seade, o número de habitantes por total de veículos no município era de 3,92. Apresenta-se a seguir a tabela com a frota de veículos da cidade no ano de 2014.

Tabela 8. Frota de Veículos

| TIPO DE VEÍCULOS         | NÚMERO DE VEÍCULOS |
|--------------------------|--------------------|
| Automóveis               | 2.300              |
| Ônibus                   | 28                 |
| Caminhões                | 112                |
| Reboques                 | 69                 |
| Motocicletas             | 1.626              |
| Microônibus e Camionetas | 516                |
| Outros                   | 1                  |
| <b>TOTAL</b>             | <b>4.652</b>       |

Fonte: Seade, 2015.

#### 2.4.7 Energia elétrica

A distribuição de energia elétrica na região é de responsabilidade da Companhia Energética de São Paulo. O atendimento é de 99,56% conforme dados do Seade. A seguir apresenta-se o quadro de consumo de energia elétrica referente ao meio urbano e rural dos anos de 2010 a 2014.



Tabela 9. Consumidores de Energia Elétrica

| ANO  | CONSUMIDORES URBANOS | CONSUMIDORES RURAIS | CONSUMIDORES INDUSTRIAIS |
|------|----------------------|---------------------|--------------------------|
| 2010 | 4.781                | 33                  | 12                       |
| 2011 | 4.948                | 32                  | 12                       |
| 2012 | 5.122                | 32                  | 10                       |
| 2013 | 5.307                | 31                  | 10                       |
| 2014 | 5.462                | 31                  | 13                       |

Fonte: Seade, 2015.

#### 2.4.8 Programas sociais na área de saneamento

Segundo informado pela Secretaria de Planejamento, atualmente não há nenhum programa social na área saneamento no município.

### **3 DIAGNÓSTICO DO ATUAL SISTEMA DE ESGOTOS SANITÁRIOS**

#### **3.1 Descrição Geral do Sistema Existente**

Conforme citado anteriormente o sistema de esgotos sanitários da sede municipal de Potim possui aproximadamente 42 km de rede coletoras e sua maior parte é composta de manilha cerâmica e o escoamento é todo realizado sob o regime hidráulico de condutos livres com diversos lançamentos nos cursos d'água existentes na cidade.

O Bairro Miguel Vieira, situado em sub-bacia isolada, conta com uma pequena estação de tratamento de esgotos. Segundo informado pela Secretaria de Planejamento, a mesma, ao longo de sua existência, não recebeu as devidas manutenções e foi abandonada, contudo os esgotos continuam a fluir por ela antes de seu lançamento no Córrego Sem Nome, afluente do Córrego Putim.

A cidade conta também com um projeto para uma estação de tratamento de esgotos, para atendimento a toda a extensão da cidade exceto o Bairro Miguel Vieira. Este projeto foi elaborado no ano de 2001, suas obras foram iniciadas porem não concluídas, devido às divergências entre a fiscalização e a empreiteira contratada que culminaram com a paralização das obras e na devolução do recurso pela prefeitura ao órgão financiador.

A citada ETE encontra-se na margem esquerda do Rio Paraíba do Sul e sua concepção técnica consiste em lagoas de estabilização, composto de tratamento preliminar, lagoas anaeróbias, lagoas facultativas e lagoas de maturação e uma unidade de apoio operacional.

Também foi construída no final da rede interceptora uma Elevatória Final que receberia, por escoamento livre, todo esgoto da bacia, e promoveria seu recalque até a ETE, contudo a respectiva linha de recalque não foi completamente implantada.

#### **3.2 Caracterização das Unidades Existentes**

##### **3.2.1 Redes coletoras**

Segundo cadastro da rede coletora e informações obtidas junto aos

técnicos da Secretaria de Planejamento de Potim, a cidade possui alguns trechos de rede coletoras antigos, compostos de manilhas cerâmicas e de concreto, que apresentam desgaste excessivo, por consequências frequentes problemas de estanqueidade, entupimentos e colapso estrutural.

Fundamentado no cadastro da rede coletora fornecido pela secretaria de planejamento e da planilha de simulação hidráulica do funcionamento da rede coletora elaborada por esta consultoria, verificou-se que alguns de seus trechos apresentam problemas de auto limpeza decorrentes de baixa declividade, em especial tensões trativas inferiores à recomendada pelas normas técnicas, e outros problemas de escoamento resultantes de diâmetros insuficientes. Assim os trechos destacados no cadastro da rede coletora necessitarão de adequações.

Apresenta-se a seguir as extensões dos trechos a substituir:

- DN150 para DN 200..... 900 m
- DN200 para DN 300..... 400 m

Apresenta-se no anexo 03 o cadastro da rede coletora com indicação dos trechos problemáticos e citada planilha de simulação hidráulica do seu funcionamento.

### 3.2.2 Elevatória de esgotos

A extremidade de jusante do interceptor situa-se em cota topográfica inferior a unidade de tratamento preliminar da ETE, assim foi introduzida no sistema hidráulico uma elevatória de esgotos e prevista a implantação da respectiva linha de recalque.

A elevatória final foi implantada próximo à ponte Ministro Roberto Cardoso Alves, que interliga os municípios de Potim e Aparecida, local de convergência natural dos esgotos de Potim exceto aqueles produzidos no Bairro Miguel Vieira. Sua estrutura é composta de poço de sucção com seção horizontal nas dimensões 2,40m x 2,10m, que abrigará dois conjuntos moto-bombas. A linha de recalque não foi totalmente implantada e a elevatória ainda não foi equipada, contudo sua estrutura encontra-se conservada e em condições de utilização.

### 3.2.3 Estações de tratamento de esgotos

#### 3.2.3.1 ETE Miguel Vieira

Encontra-se implantada no Bairro Miguel Vieira uma estação compacta de tratamento de esgotos, exclusiva para atendimento do citado bairro, cuja concepção não foi entendida por esta consultoria na ocasião da visita técnica realizada e a prefeitura de Potim não dispõe de projeto e nem de cadastro da referida ETE.

Naquela oportunidade verificou-se que esta ETE, embora receba os esgotos do bairro, encontra-se completamente abandonada e não cumpre sua função. É perceptível a baixa eficiência do tratamento realizado, intuitivamente constatado, diante das características visual e odorífera do efluente lançado no corpo receptor. Verificou-se também que o tratamento preliminar não dispõe de gradeamento e os desarenadores, por falta de limpeza, estão completamente tomados de sólidos. Algumas tampas das unidades de tratamento que se apresentam desenterradas, estão quebradas. Enfim constatou-se a existência de residências junto às divisas do terreno da ETE, que sofrem com o mau cheiro exalado.

Diante das dificuldades operacionais percebidas e da proximidade da ETE Miguel Vieira com diversos domicílios, propõe-se a sua desativação, e em seu lugar a implantação de uma elevatória de esgotos interligada à bacia de drenagem da ETE principal. Desta forma Potim teria apenas uma estação de tratamento de esgotos, configuração esta muito interessante e em termos técnicos e econômicos, muito conveniente ao município.

#### 3.2.3.2 ETE Potim

A ETE da cidade de Potim, cuja implantação fora paralisada, conta com uma unidade de tratamento preliminar, composta de gradeamento, canal desarenador e medidor de vazão; duas lagoas anaeróbias, duas lagoas facultativas e uma lagoa de maturação, todas impermeabilizadas com argila compactada. O ponto central dessa ETE, de coordenadas  $X(E)=474.627$  e  $Y(N)=7.474.284$ , guarda distância 280 m da residência mais próxima, e ocupa a faixa de inundação do Rio Paraíba do Sul. As unidades de tratamento foram construídas sobre aterros em cota superior a da cheia máxima do rio, exceto a

unidade de apoio operacional construída fora do aterro, e assim sujeita a inundação, conforme relatado pelos técnicos da prefeitura e evidenciado pelas marcas das enchentes em suas paredes, a mais de um metro acima do nível de seu alicerce. O acesso à ETE também fica comprometido pela cheia do Rio Paraíba do Sul.

Decorrente do abandono das obras uma vegetação, predominada por capim e pequenos arbustos, se desenvolveu no interior e nas adjacências das lagoas e atrai animais herbívoros, como equinos e bovinos, que ali comparecem para se alimentarem.

Segundo informações dos técnicos da prefeitura umas das lagoas anaeróbias, devido à sua maior profundidade, apresenta afloração do lençol freático que a faz apresentar permanentemente em seu fundo uma lamina d'água de pequena espessura, limitada pelo nível do Rio Paraíba do Sul, mesmo nos períodos de estiagem. Importante é citar que neste local ocorre a descarga do aquífero freático que alimenta o rio.



**Figura 5. Vista Geral da área da ETE**





**Figura 6. Tratamento Preliminar**



**Figura 7. Lagoa Anaeróbia com Afloramento do Lençol Freático**





**Figura 8. Lagoas Facultativas**



**Figura 9. Unidade de Apoio**

## 4 ESTUDO DAS VAZÕES DE PROJETO

### 4.1 Área de Projeto

A partir das diretrizes, oficiais e observadas para o crescimento da sede municipal de Potim, admitiu-se que a área a ser atendida pelo sistema de esgotos, que se pretende ampliar, seja a extensão territorial interna ao perímetro urbano da cidade, estimado no horizonte de projeto estabelecido. Esta consideração favorável, contribui com a segurança do projeto e considera a tendência de expansão observada na cidade.

### 4.2 Alcance de Projeto

O projeto do sistema de esgotos sanitários será desenvolvido para um horizonte de projeto de 30 anos. Consideraram-se como início e fim de plano os anos de 2.016 e 2.046 respectivamente.

### 4.3 Projeção Populacional

Apresenta-se a seguir o estudo de projeção populacional admitido na elaboração deste projeto, que utiliza o modelo matemático de crescimento geométrico a seguir, o mesmo adotado pela Fundação Seade.

$$Y(T) = Y_0(1+i)^{T-T_0}$$

Onde,

$Y(T)$  – Estimativa da população no ano  $T$

$Y_0$  – População no ano zero (14.709 habitantes, segundo Censo 2010 do IBGE)

$i$  – Taxa de crescimento populacional: 0,72% (tendência observada no período entre os anos e 2010 e 2015)

$T_0$  – Ano zero (2.010)

$T$  – Ano de fim de plano (2.046)

Observa-se, conforme apresentado anteriormente, que a taxa de crescimento da população urbana do Município de Potim apresenta um valor superior à região de governo, porém inferior à região administrativa e ao estado de São Paulo. Também é possível notar que essa taxa está diminuindo, e,

conforme informado pela Secretaria de Planejamento Municipal, não há previsão de instalação de nenhum empreendimento de médio e grande porte que contribua para a mudança desse cenário. Portanto, como medida conservadora, será adotada uma taxa de crescimento anual de 0,72% ao ano, a mesma verificada no período entre 2010 e 2015 pela Fundação Seade.

A partir destas informações elaborou-se a tabela de projeção populacional a seguir apresentada.

Tabela 10. Projeção Populacional

| Ano  | População urbana | Ano  | População urbana | Ano         | População urbana |
|------|------------------|------|------------------|-------------|------------------|
| 2010 | 14.709           | 2023 | 16.593           | 2036        | 18.215           |
| 2011 | 14.896           | 2024 | 16.712           | 2037        | 18.346           |
| 2012 | 15.085           | 2025 | 16.832           | 2038        | 18.478           |
| 2013 | 15.277           | 2026 | 16.954           | 2039        | 18.611           |
| 2014 | 15.471           | 2027 | 17.076           | 2040        | 18.745           |
| 2015 | 15.667           | 2028 | 17.199           | 2041        | 18.880           |
| 2016 | 15.780           | 2029 | 17.322           | 2042        | 19.016           |
| 2017 | 15.893           | 2030 | 17.447           | 2043        | 19.153           |
| 2018 | 16.008           | 2031 | 17.573           | 2044        | 19.290           |
| 2019 | 16.123           | 2032 | 17.699           | 2045        | 19.429           |
| 2020 | 16.239           | 2033 | 17.827           | <b>2046</b> | <b>19.569</b>    |
| 2021 | 16.356           | 2034 | 17.955           | 2047        | 19.710           |
| 2022 | 16.474           | 2035 | 18.084           | 2048        | 19.852           |

#### 4.4 Parâmetros de Projeto

- População de projeto ..... P = 19.569 habitantes
- População de início de plano ..... P<sub>ini</sub> = 15.780 habitantes
- Alcance do projeto ..... ano 2046
- Consumo “*per capita*” de água (PMS Potim) ..... q = 172,00 L/hab/dia
- Coeficiente de retorno ..... c = 0,80
- Coeficiente do dia de maior descarga ..... K<sub>1</sub> = 1,2
- Coeficiente da hora de maior descarga ..... K<sub>2</sub> = 1,5
- Coeficiente da hora de menor descarga ..... K<sub>3</sub> = 0,5
- Taxa de infiltração permanente ..... i = 0,0002 L/s/m
- Extensão da rede ..... L = 42.000 m

## 4.5 Quantificação dos esgotos

### 4.5.1 Vazões sem infiltração

#### 4.5.1.1 Vazão média ( $Q_M$ )

$$Q_M = \frac{P \times q \times c}{86.400} = \frac{19.569 \times 172 \times 0,8}{86.400} = 31,17 \text{ L/s}$$

#### 4.5.1.2 Vazão mínima ( $Q_m$ )

$$Q_m = K_3 \times Q_M = 0,50 \times 31,17 = 15,59 \text{ L/s}$$

#### 4.5.1.3 Vazão mínima de início de plano ( $Q_{\text{mini}}$ )

$$Q_{\text{mini}} = \frac{P_{\text{ini}} \times q \times c}{86.400} \times K_3 = \frac{15.780 \times 172,00 \times 0,8}{86.400} \times 0,50 = 12,57 \text{ L/s}$$

#### 4.5.1.4 Vazão máxima diária ( $Q_{MD}$ )

$$Q_{MD} = K_1 \times Q_M = 1,20 \times 31,17 = 37,40 \text{ L/s}$$

#### 4.5.1.5 Vazão máxima horária ( $Q_{MH}$ )

$$Q_{MH} = K_1 \times K_2 \times Q_M = 1,20 \times 1,50 \times 31,17 = 56,11 \text{ L/s}$$

### 4.5.2 Vazão de infiltração

$$Q_{\text{inf}} = L \times q = 42.000 \times 0,0002 = 8,40 \text{ L/s}$$

### 4.5.3 Vazões com infiltração

#### 4.5.3.1 Vazão mínima ( $Q_{\text{mín}}$ )

$$Q_{\text{mín}} = Q_m + Q_{\text{inf}} = 12,57 + 8,40 = 23,99 \text{ L/s}$$

#### 4.5.3.2 Vazão média ( $Q_{\text{méd}}$ )

$$Q_{\text{méd}} = Q_M + Q_{\text{inf}} = 31,17 + 8,40 = 39,57 \text{ L/s}$$

#### 4.5.3.3 Vazão máxima diária ( $Q_{\text{máx-d}}$ )

$$Q_{\text{máx-d}} = Q_{MD} + Q_{\text{inf}} = 37,40 + 8,40 = 45,80 \text{ L/s}$$

#### 4.5.3.4 Vazão máxima horária ( $Q_{\text{máx-h}}$ )

$$Q_{\text{máx-h}} = Q_{MH} + Q_{\text{inf}} = 56,11 + 8,40 = 64,51 \text{ L/s}$$

## 5 ALTERNATIVAS TÉCNICAS DE CONCEPÇÃO

### 5.1 Melhorias no Sistema que Independem de Alternativas

#### 5.1.1 Elevatória do Bairro Miguel Vieira

Conforme descrito anteriormente o Bairro Miguel Vieira situa-se numa sub-bacia isolada do restante da cidade e conta com uma pequena estação de tratamento abandonada, devido à dificuldades operacionais, mas que continua receber efluentes, o que gera problemas de maus odores nas residências vizinhas à essa ETE. Portanto propõe-se a implantação, na área dessa ETE, uma elevatório de transposição de bacias que recalcará os efluentes até a bacia da ETE principal.

Essa elevatória será composta de poço de sucção e conjunto moto-bomba. Além da elevatória previu-se a implantação de 480 m de linha de recalque de PVC DN100 mm que a interligará até um poço de visita de transição. A partir desse PV os efluentes fluirão em regime hidráulico de condutos livres, à rede coletora existente através de complemento de rede coletora com 1325 m de extensão, composta de tubos de PVC DN 150 mm.

#### 5.1.2 Adequação das redes coletoras de esgotos

Conforme verificado no diagnóstico das redes coletoras de esgoto previu-se a substituição de alguns trechos cujas extensões estão apresentadas a seguir:

- DN150 para DN 200..... 900 m
- DN200 para DN 300..... 400 m

Além desses trechos, conforme citado no subitem anterior previu-se a implantação de 1325 m de rede coletora de 150 mm de diâmetro para interligação do Bairro Miguel Vieira à rede existente.

### 5.2 Alternativas Locacionais e de Tratamento

O município de Potim apresenta pequena extensão territorial, e segundo informado pela Secretaria de Planejamento, não há alternativas locacionais para implantação da estação de tratamento de esgotos na cidade, a não ser



aquela em que um sistema de lagoas de estabilização encontra-se parcialmente implantado.

Em termos de concepção técnica de tratamento de esgotos, duas propostas serão a seguir aventadas, porém o local de implantação, qualquer que seja a alternativa adotada, será o mesmo, ou seja, o local onde existe uma obra de objetivo idêntico ao que se pretende neste momento projetar.

A primeira alternativa técnica consiste no aproveitamento e adaptação das lagoas existentes e construção de novas unidades de tratamento, de forma a preservar a concepção original, fundamentada no sistema Australiano de Lagoas, (lagoas anaeróbias seguida de lagoas facultativas) suplementado por uma lagoa de maturação.

A segunda alternativa técnica seria a implantação de uma ETE compacta, de eficiência garantida e satisfatória, composta de reatores UASB, Filtros Biológicos Percoladores, Decantadores, Fotorreator e Leitos de Secagem.

### **5.3 Alternativa 01 – Sistema Australiano Seguido e Lagoa de Maturação**

#### **5.3.1 Descrição da alternativa**

Conforme citado anteriormente essa alternativa consiste no aproveitamento e ampliação do serviço de terraplenagem realizado, ou seja, com utilização total das lagoas construídas e construção de mais uma unidade.

A configuração da ETE proposta nesta alternativa é composta de tratamento preliminar, duas lagoas anaeróbias cobertas, queimador de biogás, duas lagoas facultativas e uma lagoa de maturação com chicanas.

A primeira unidade do tratamento biológico proposto para a presente situação será realizado em lagoas anaeróbias que também proporcionam o tratamento físico dos esgotos através da decantação primária.

Inicialmente os esgotos com elevada carga de DBO, ingressam nas lagoas anaeróbias onde os sólidos sedimentáveis se acumulam no fundo, constituindo-se na camada de lodo. Óleos, graxas e flocos resultantes das atividades biológicas, menos densos que a água flutuam na superfície livre, formando uma camada de espuma, que cumpre a função de minimizar a emissão de maus odores.



Durante o lapso em que o despejo permanece retido nesta unidade depuradora, um grupo de bactérias facultativas e anaeróbias em primeiro estágio, converte compostos orgânicos complexos, como proteínas e lipídios, em compostos mais simples como os ácidos voláteis.

Ainda nas lagoas anaeróbias, um grupo de bactérias estritamente anaeróbias promove a conversão dos ácidos voláteis, dióxido de carbono e hidrogênio em produtos finais gasosos como metano, dióxido de carbono, ácido sulfídrico, mercaptanas e etc. A eficiência deste processo na redução de DBO é da ordem de (50-60)%.

A segunda unidade do tratamento são as lagoas facultativas comumente mais utilizadas que as anaeróbias, e podem receber esgoto bruto ou se constituírem em unidades de pós tratamento de efluente de tanques sépticos, reatores uasb ou de lagoas anaeróbias como no presente caso. O termo “facultativo” refere-se à mistura de condições aeróbias e anaeróbias que ocorrem nesta unidade de tratamento. Em lagoas facultativas, as condições aeróbias são mantidas nas camadas superiores próximas à superfície das águas, enquanto as condições anaeróbias predominam no sentido e em camadas próximas ao fundo da lagoa. Embora parte do oxigênio necessário para manter as camadas superiores aeróbias seja fornecida pela reaeração atmosférica através da superfície, a maior parte é suprida pela atividade fotossintética das algas, que se desenvolvem naturalmente nas águas onde estão disponíveis grandes quantidades de nutrientes, e a energia da luz incidente. Na verdade, o crescimento de algas é tão profundo que o conteúdo da lagoa adquire uma coloração verde brilhante. As bactérias existentes nas lagoas utilizam esse oxigênio produzido pelas algas para oxidar os resíduos orgânicos. Um dos principais produtos finais do metabolismo bacteriano é o gás carbônico, que é imediatamente utilizado pelas algas na sua fotossíntese, desde que dele necessitem numa quantidade maior do que a oferecida pela atmosfera. Existe, portanto, uma associação de mútuo benefício (simbiose) entre as algas e as bactérias em uma lagoa.

Desde que a fotossíntese é uma atividade dependente de luz, há uma variação diária na quantidade de oxigênio dissolvido existente na lagoa e uma

flutuação similar no nível da “oxipausa” (o ponto abaixo da superfície, no qual o nível de oxigênio dissolvido é igual a zero).

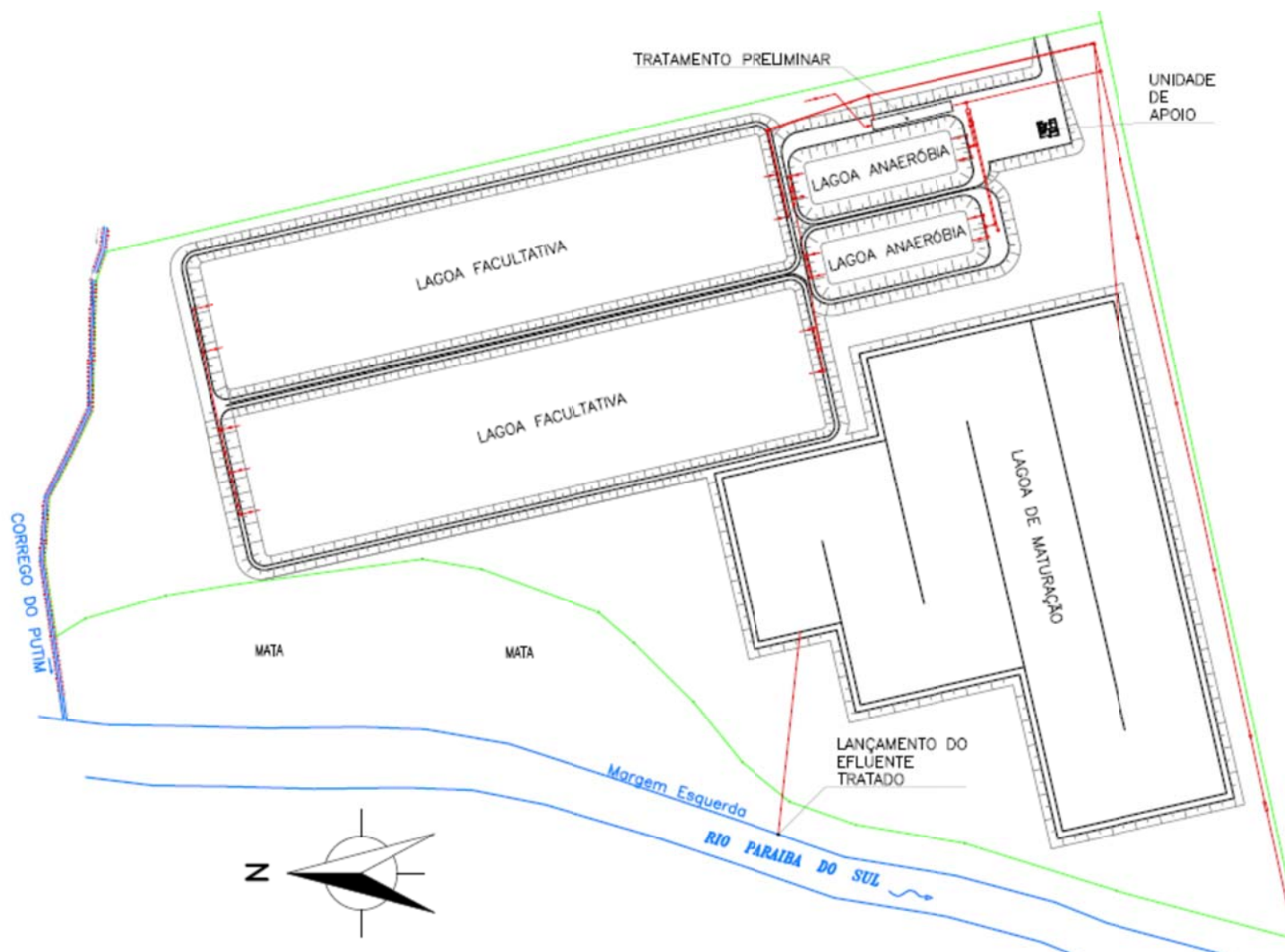
O pH do conteúdo da lagoa também segue a um ciclo diário, aumentando com a fotossíntese até um máximo que pode chegar a 10. Isto ocorre porque, na demanda máxima, as algas retiram o CO<sub>2</sub> da solução mais rapidamente do que a sua reposição pela respiração das bactérias. E, como resultado, os íons bicarbonatos presentes se dissociam, não somente para produzirem mais CO<sub>2</sub>, mas também o íon hidroxila, que é alcalino e aumenta o valor do pH.

A lagoa de maturação promove o polimento do efluente das lagoas facultativas porém seu principal objetivo é a remoção de patogênicos, e não a remoção adicional de DBO. Lagoas de Maturação constituem-se numa alternativa bastante econômica à sanitização do efluente por métodos como a cloração, ozônio, etc.

A lagoa de maturação é dimensionada para utilização ótima da insolação, elevação do pH e concentração de oxigênio dissolvido (que favorece a comunidade aeróbia, mais eficiente na competição por alimento e na eliminação de patogênicos). Vários desses mecanismos se tornam mais efetivos com menores profundidades da lagoa, o que justifica o fato de que as lagoas de maturação sejam mais rasas em relação às demais lagoas.

Apresenta-se a seguir o pré-dimensionamento das unidades da ETE que integram a primeira alternativa técnica.

AFASTAMENTO E TRATAMENTO DO ESGOTO SANITÁRIO DA SEDE DE POTIM – ESTUDO DE CONCEPÇÃO



**Figura 10. Croqui da Alternativa 01**

### 5.3.2 Tratamento preliminar

#### 5.3.2.1 Parâmetros para dimensionamento

- Vazão máxima .....64,51 L/s
- Vazão média .....39,57 L/s
- Vazão mínima .....23,99 L/s
- Calha Parshall adotada para a faixa de vazão ..... 6"
- Velocidade máxima no canal de entrada e gradeamento .....0,60 m/s
- Faixa de velocidade no canal desarenador .....0,24 a 0,36 m/s

#### 5.3.2.2 Geometria proposta para as unidades

- Largura mínima necessária para o canal de entrada ..... 0,69 m
- Largura adotada para o canal de entrada ..... 0,70 m
- Seção da barra do gradeamento .....8 x 40 mm
- Abertura entre as barras do gradeamento ..... 15 mm
- Inclinação do gradeamento ..... 60°
- Número de câmaras do desarenador ..... 2
- Largura mínima para cada câmara do desarenador ..... 0,896 m
- Largura adotada para cada câmara do desarenador ..... 0,90 m
- Comprimento dos desarenadores ..... 5,40 m
- Rebaixo para acúmulo de areia ..... 0,20 m

#### 5.3.2.3 Verificação dos parâmetros

- Velocidade no gradeamento (considerando 50% de obstrução) .....0,38 m/s
- Taxa de aplicação superficial no desarenador ..... 703 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>.dia)
- Velocidade média nos desarenadores .....0,29 m/s

Verificou-se que o tratamento preliminar construído não possui as dimensões mínimas estabelecidas anteriormente e com isso não poderá ser aproveitado. Portanto propõe-se implantação de uma nova unidade com as dimensões acima estabelecidas.

### 5.3.3 Lagoas anaeróbias

#### 5.3.3.1 Parâmetros para dimensionamento

- População de projeto ..... 19.569 habitantes

- Vazão média afluyente ..... 3.419 m<sup>3</sup>/dia (39,57 L/s)
- Carga orgânica de DBO per capita ..... 54 g DBO/dia
- Carga orgânica de sólidos em suspensão (SS) per capita ..... 60 g SS/dia
- Taxa per capita de produção de coliformes fecais ..... 4,0x10<sup>10</sup> CF/dia
- Tempo de detenção hidráulico recomendado ..... 3 a 6 dias
- Taxa de aplicação volumétrica recomendada ..... 0,10 a 0,30 kg DBO m<sup>3</sup>/dia
- Temperatura média do ar ..... 23 °C
- Carga orgânica de DBO afluyente ..... 1.057 kg DBO/dia
- Concentração de DBO afluyente ..... 309,09 mg/L
- Carga orgânica de SS afluyente ..... 1.174 kg SS/dia
- Concentração de SS afluyente ..... 343,43 mg/L
- Carga de coliformes fecais ..... 7,8 x10<sup>14</sup> CF/dia
- Concentração de coliformes fecais ..... 2,3x10<sup>7</sup> CF/100 mL

#### 5.3.3.2 Geometria proposta para as unidades

- Formato ..... obelisco
- Número de unidades ..... 2
- Cotangente de inclinação dos taludes internos ..... 1,50
- Altura útil ..... 4,00 m
- Altura livre ..... 0,50 m
- Altura total ..... 4,50 m
- Largura do retângulo do fundo ..... 20,25 m
- Comprimento do retângulo do fundo ..... 71,00 m
- Largura do retângulo do espelho d'água ..... 32,25 m
- Comprimento do retângulo do espelho d'água ..... 83,00 m
- Largura do retângulo do bordo superior ..... 33,75 m
- Comprimento do retângulo do bordo superior ..... 84,50 m
- Volume útil de uma unidade ..... 8.133 m<sup>3</sup>
- Volume total ..... 16.266 m<sup>3</sup>

#### 5.3.3.3 Verificação dos parâmetros e eficiências operacionais

- Tempo de detenção hidráulico ..... 4,76 dias
- Taxa de aplicação volumétrica ..... 0,06 kg DBO m<sup>-3</sup> d<sup>-1</sup>
- Eficiência prevista na remoção de DBO ..... 50%



- Eficiência prevista na remoção de SS..... 60%
- Eficiência prevista na remoção de coliformes fecais..... 90%
- Carga orgânica de DBO defluente ..... 528 kg DBO/dia
- Carga de SS defluente ..... 470 kg SS/dia
- Carga de coliformes fecais.....  $7,8 \times 10^{13}$  CF/m<sup>3</sup>
- Concentração de DBO defluente ..... 155 mg/L
- Concentração de SS defluente ..... 137 mg/L
- Concentração defluente de coliformes fecais .....  $2,3 \times 10^6$  CF/100 mL

Verificou-se, segundo cadastro da prefeitura, que as lagoas existentes possuem altura útil de 3,00 m, que é inferior a mínima recomendada para lagoas anaeróbias, portanto propõe-se que as atuais lagoas anaeróbias sejam aprofundadas em 1,00 m de forma que a altura útil passe 4,00 m. Com isso, as dimensões do fundo das lagoas existentes passariam de 23,25 m x 74,00 m (dimensões atuais) para 20,25 m x 71,00 m, embora com essas dimensões a taxa de aplicação volumétrica fique inferior à mínima recomendada pela literatura técnica ( $0,1 \text{ kg DBO m}^{-3}\text{d}^{-1}$ ), o que tornaria a implantação desnecessariamente mais onerosa, contudo como a mesma já se encontra implantada não há motivos para reduzir suas dimensões.

Destaca-se também que a impermeabilização das lagoas foi executada com argila compactada e em uma delas constatou-se afloramento do lençol freático, desta forma propõe-se a impermeabilização das lagoas com geomembrana de PEAD. Será necessário também cobrir as lagoas para minimizar a emanção de maus odores, ocorrência peculiar a esta unidade de tratamento de esgotos.

#### 5.3.4 Lagoas facultativas

Na área da ETE encontram-se duas lagoas facultativas, a primeira com geometria de obelisco com dimensões de fundo de 188 m de comprimento e 62 m de largura, altura útil de 2,00 m e cotangente de inclinação de taludes de 1,50. A segunda lagoa não apresenta forma geométrica regular, o comprimento do fundo é de 273,50 m e largura que varia de 68,30 m a 86,30 m.

Verificou-se que com essas dimensões a taxa de aplicação superficial apresenta valor acima dos usuais e recomendados em literatura técnica.

Propõe-se então a readequação das dimensões das lagoas conforme dimensionamento descrito nos subitens a seguir.

#### 5.3.4.1 Parâmetros para dimensionamento

- Carga orgânica de DBO afluente ..... 528 kg DBO/dia
- Carga orgânica de SS afluente ..... 470 kg DBO/dia
- Carga de coliformes fecais.....  $7,8 \times 10^{13}$  CF/dia
- Concentração de DBO afluente ..... 155 mg/L
- Concentração de SS afluente ..... 137 mg/L
- Concentração de coliformes fecais .....  $2,3 \times 10^6$  CF/100 mL
- Taxa de aplicação superficial máxima recomendada..... 247 kg DBO/(ha.dia)
- Tempo de detenção hidráulico – intervalo recomendado..... 15 a 45 dias
- Regime hidráulico ..... fluxo disperso

#### 5.3.4.2 Geometria proposta para as unidades

- Formato..... obelisco
- Número de unidades..... 2
- Cotangente de inclinação dos taludes internos..... 1,50
- Altura útil ..... 2,00 m
- Altura livre ..... 0,50 m
- Altura total ..... 2,50 m
- Largura do retângulo do fundo ..... 65,00 m
- Comprimento do retângulo do fundo..... 273,50 m
- Largura do retângulo do espelho d'água..... 71,00m
- Comprimento do retângulo do espelho d'água..... 279,50 m
- Relação comprimento / largura do espelho d'água ..... 3,94
- Largura do retângulo do bordo superior ..... 72,50 m
- Comprimento do retângulo do bordo superior..... 281,00 m
- Área do espelho d'água ..... 40.527,50 m<sup>2</sup>
- Volume útil de uma unidade..... 37.610 m<sup>3</sup>
- Volume total ..... 75.220 m<sup>3</sup>

#### 5.3.4.3 Verificação das condições operacionais

- Taxa de aplicação superficial ..... 130 kg DBO/(ha.dia)
- Tempo de detenção hidráulico ..... 22 dias

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| ▪ Coeficiente de remoção de DBO .....                      | 0,133/dia                     |
| ▪ Coeficiente de remoção de coliformes (Kb) a 20 °C .....  | 0,20/dia                      |
| ▪ Coeficiente de temperatura .....                         | 1,070                         |
| ▪ Coeficiente de temperatura corrigido para 23 °C .....    | 0,25                          |
| ▪ Número de dispersão (d) .....                            | 0,239                         |
| ▪ Número auxiliar (a <sub>1</sub> ) .....                  | 1,950                         |
| ▪ Número auxiliar (a <sub>2</sub> ) .....                  | 2,482                         |
| ▪ Eficiência prevista na remoção de DBO solúvel.....       | 87,68%                        |
| ▪ Eficiência prevista na remoção de SS.....                | 40,00%                        |
| ▪ Eficiência prevista na remoção de coliformes fecais..... | 96,30%                        |
| ▪ Concentração de DBO solúvel .....                        | 19,04 mg/L                    |
| ▪ Concentração de SS defluente .....                       | 82 mg/L                       |
| ▪ Relação entre SS e DBO particulada.....                  | 0,35                          |
| ▪ Concentração de DBO particulada.....                     | 28,85 mg/L                    |
| ▪ Concentração total de DBO .....                          | 47,89 mg/L                    |
| ▪ Concentração defluente de coliformes fecais .....        | 8,5x10 <sup>4</sup> CF/100 mL |

### 5.3.5 Lagoa de maturação com chicanas

A ETE conta com uma lagoa de maturação de dimensões diminutas, insuficientes ao cumprimento de seu propósito que é a redução no número de coliformes fecais no efluente tratado, compatível com o padrão de lançamento no corpo receptor, que na presente situação é classificado como Classe II. Portanto propõe-se que essa lagoa seja desmanchada e sua área integrada a uma das lagoas facultativas existentes. Além disso, propõe-se a utilização da área destinada à 3ª etapa do projeto original da ETE, para implantação da nova lagoa de maturação com chicanas, que será construída sobre aterro e cota de crista superior à da cheia máxima do Rio Paraíba do Sul, assim como foi realizado nas lagoas existentes.

Apresenta-se a seguir o pré-dimensionamento dessa unidade.

#### 5.3.5.1 Parâmetros para dimensionamento

|                                      |                   |
|--------------------------------------|-------------------|
| ▪ Concentração de DBO afluente ..... | 47,89 mg/L        |
| ▪ Carga de DBO afluente .....        | 163,71 kg DBO/dia |
| ▪ Concentração de SS afluente .....  | 82,42 mg/L        |

- Concentração afluente de coliformes fecais .....  $8,5 \times 10^4$  CF/100 mL
- Taxa de aplicação superficial máxima recomendada..... 50 kg DBO/(ha.dia)
- Tempo de detenção hidráulico – intervalo recomendado..... 9 a 15 dias
- Regime hidráulico ..... fluxo disperso

#### 5.3.5.2 Geometria proposta para a unidade

- Formato..... obelisco
- Número de unidades ..... 01
- Cotangente da inclinação dos taludes internos..... 1,50
- Altura útil ..... 1,00 m
- Altura livre ..... 0,50 m
- Altura total ..... 1,50 m
- Largura do retângulo do fundo (delimitado por chicanas) ..... 35,50 m
- Comprimento do retângulo do fundo (total das chicanas)..... 835,50 m
- Largura do retângulo do espelho d'água..... 38,50 m
- Comprimento do retângulo do espelho d'água..... 838,50 m
- Número de chicanas perpendiculares ao comprimento ..... 7
- Relação comprimento / largura do espelho d'água ..... 21,78
- Largura do retângulo do bordo superior ..... 40,00 m
- Comprimento do retângulo do bordo superior..... 840,00 m
- Área do espelho d'água ..... 33.540,00 m<sup>2</sup>
- Volume útil da unidade..... 30.970 m<sup>3</sup>

#### 5.3.5.3 Verificação das condições operacionais

- Taxa de aplicação superficial ..... 49 kg DBO/(ha.dia)
- Tempo de detenção hidráulico ..... 9 dias
- Coeficiente de remoção de DBO..... 0,077/dia
- Coeficiente de remoção de coliformes (Kb) a 20 °C ..... 0,60/dia
- Coeficiente de temperatura ..... 1,070
- Coeficiente de temperatura corrigido para 23 °C ..... 0,74
- Número de dispersão..... 0,045
- Número auxiliar ..... 1,481
- Eficiência prevista na remoção de coliformes fecais..... 99,55%
- Concentração defluente de coliformes fecais .....  $3,8 \times 10^2$  CF/100 mL

### 5.3.6 Unidade de apoio operacional

Na área da ETE encontra-se uma unidade de apoio operacional inacabada, que, conforme informado anteriormente, foi implantada em cota inferior à da cheia do Rio Paraíba do Sul e, portanto, não será aproveitada.

Propõe-se a implantação de uma nova edificação para promover o apoio operacional da ETE, e será composta de laboratório, para análises físico-químicas, vestiários masculino e feminino inclusive as respectivas instalações sanitárias, salas do operador e de equipamentos, copa, depósito e área de tanque.

Sob o aspecto construtivo, a unidade de apoio será constituída de paredes em alvenaria de blocos de concreto, cobertura com telhas onduladas de fibrocimento, pisos em cerâmica e concreto desempenado, esquadrias metálicas. Os revestimentos, tanto interno quanto externo, serão do tipo reboco paulista e pintura látex sem massa corrida.

As paredes internas da instalação sanitária receberão também um barrado de azulejo branco.

### 5.3.7 Estudo de autodepuração

#### 5.3.7.1 Características do corpo receptor

- Vazão mínima  $Q_{7,10}$  (segundo DAEE) ..... 39.465 L/s
- Temperatura média (estiagem) ..... 20° C
- Altitude ..... 530 m
- OD de saturação ..... 8,52 mg/L
- Oxigênio dissolvido (90% do OD de saturação)..... 7,67 mg/L
- DBO ..... 6,00 mg/L \*
- Velocidade de fluxo (v) ..... 0,50 m/s
- Profundidade média do curso d'água (H)..... 2,50 m

\*segundo dados Cetesb em Aparecida, ponto PARB 02600.

#### 5.3.7.2 Considerações sobre a legislação ambiental

O Rio Paraíba do Sul, no município de Potim possui enquadramento Classe II, cujos principais parâmetros de qualidade de água a serem mantidos após o lançamento dos efluentes, de acordo com a legislação vigente, são.



- Concentração mínima de oxigênio dissolvido .....  $\geq 5,0$  mg/L
- Demanda bioquímica de oxigênio ( $\text{DBO}_5$ ) .....  $\leq 5,0$  mg/L
- Coliformes fecais ..... 1.000 NMP/100 ml

#### 5.3.7.3 Características do efluente tratado

- Vazão ( $Q_e$ ) ..... 39,57 L/s
- Temperatura .....  $21^\circ \text{C}$
- Oxigênio dissolvido (estimado) ..... 2,00 mg/L
- DBO ..... 47,89 mg/L

#### 5.3.7.4 Resumo dos coeficientes adotados

- Coeficiente de desoxigenação (efluentes secundários) .....  $K_1 = 0,15 \text{ d}^{-1}$
- Coeficiente de aeração das águas .....  $K_2 = 0,82 \text{ d}^{-1}$
- Constante para correção de  $K_1$  pela temperatura .....  $\theta_1 = 1,047$
- Constante para correção de  $K_2$  pela temperatura .....  $\theta_2 = 1,024$

#### 5.3.7.5 Características da mistura do efluente tratado com corpo receptor

- Vazão ..... 39.504,57 L/s
- Temperatura .....  $20^\circ \text{C}$
- Oxigênio dissolvido ..... 7,66 mg/L
- DBO ..... 3,04 mg/L
- Concentração de DBO última da mistura ..... 5,76 mg/L
- Déficit inicial de OD ..... 0,86 mg/L

#### 5.3.7.6 Coeficientes corrigidos para temperatura da mistura

- $K_1$  .....  $0,15 \text{ d}^{-1}$
- $K_2$  .....  $0,82 \text{ d}^{-1}$

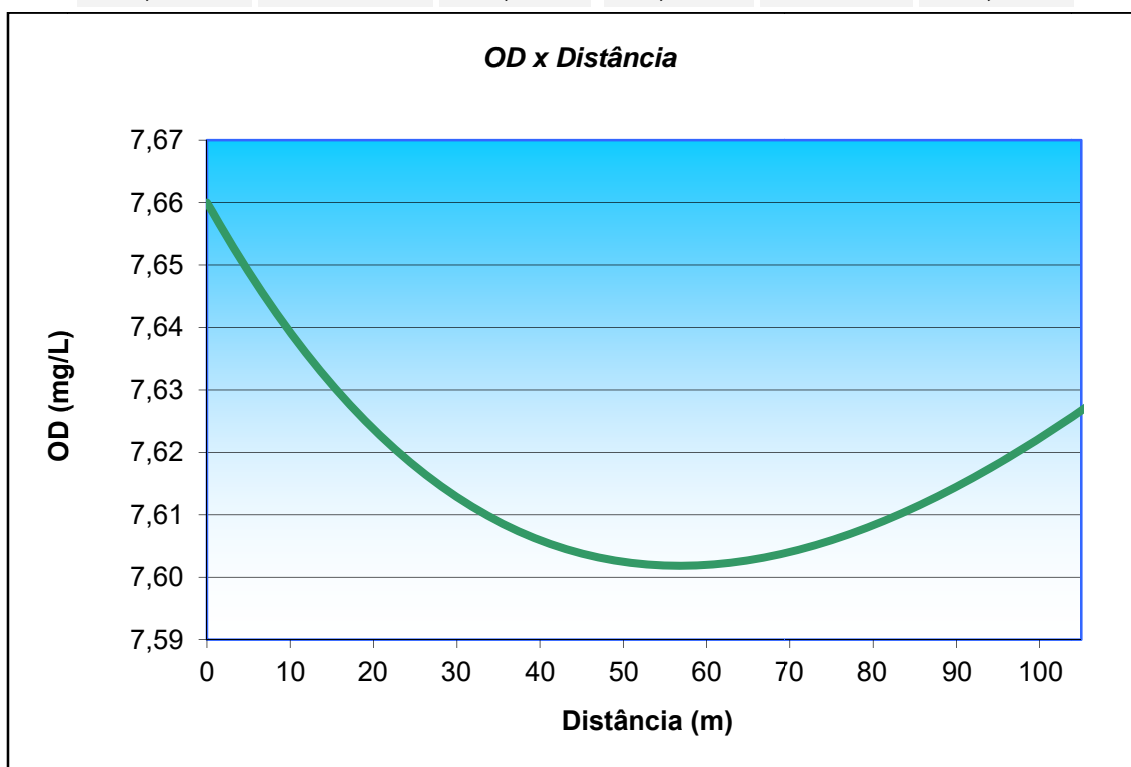
#### 5.3.7.7 Determinação do tempo e distância crítica

- Tempo crítico ..... 0,90 dias
- Distância crítica ..... 58,3 km

### 5.3.7.8 Perfil de oxigênio dissolvido

Tabela 11. Evolução do Oxigênio Dissolvido

| t (dias) | d (m) | OD(mg/L) | t (dias) | d (m)  | OD(mg/L) |
|----------|-------|----------|----------|--------|----------|
| 0,000    | 0     | 7,66     | 0,849    | 55000  | 7,60     |
| 0,077    | 5000  | 7,65     | 0,926    | 60000  | 7,60     |
| 0,154    | 10000 | 7,64     | 1,003    | 65000  | 7,60     |
| 0,231    | 15000 | 7,63     | 1,080    | 70000  | 7,60     |
| 0,309    | 20000 | 7,62     | 1,157    | 75000  | 7,60     |
| 0,386    | 25000 | 7,62     | 1,235    | 80000  | 7,60     |
| 0,463    | 30000 | 7,61     | 1,312    | 85000  | 7,61     |
| 0,540    | 35000 | 7,61     | 1,389    | 90000  | 7,61     |
| 0,617    | 40000 | 7,60     | 1,466    | 95000  | 7,61     |
| 0,694    | 45000 | 7,60     | 1,543    | 100000 | 7,62     |
| 0,772    | 50000 | 7,60     | 1,620    | 105000 | 7,62     |



### 5.3.7.9 Conclusão

Verifica-se que o ponto crítico, ou seja, o ponto de menor concentração de oxigênio dissolvido no curso d'água ocorrerá a 58,3 km do lançamento e o seu valor será de 7,60 mg/L, portanto, conclui-se que o curso d'água apresenta boa capacidade de autodepuração e que o lançamento do efluente tratado no corpo receptor ocorrerá dentro dos padrões prescritos pela legislação vigente.

## 5.4 Alternativa 02 – Reator UASB e Filtro Biológico Percolador

### 5.4.1 Descrição da alternativa

A segunda alternativa consiste em abandonar o sistema de lagoas parcialmente implantado e no local construída uma ETE com estrutura de concreto armado, compacta composta de Tratamento Preliminar, Elevatória Pós Tratamento Preliminar, Reator UASB, Filtro Biológico Percolador, Decantador Secundário, Elevatória de Recirculação, Leitos de Secagem e Sanitização através de fotorreator.

Esta modalidade de tratamento de esgotos é atualmente a mais utilizada por prefeituras e concessionárias de serviços de esgotos em cidades com população entre 10.000 e 100.000 habitantes, pois apresentam menores custos de implantação e operação, podem ser moduladas e consequentemente implantadas em etapas, além de comprovadamente apresentarem resultados coerentes com o prognóstico obtido através da modelagem matemática que equaciona os sistemas físicos, químicos e biológicos inerentes ao tratamento de esgotos em pauta.

Os reatores UASB têm por objetivo promover, simultaneamente, o tratamento físico, através da sedimentação dos sólidos em suspensão presentes na massa líquida, e o tratamento biológico, através da digestão anaeróbia da matéria orgânica solúvel e particulada presentes nos esgotos.

A biomassa cresce dispersa na massa líquida com a formação de pequenos grânulos, que tendem a servir de meio suporte para outras bactérias. O fluxo do líquido é ascendente e nas reações bioquímicas são formados gases dentre eles o metano e carbônico, resultantes do processo de fermentação anaeróbia.

Os Filtros Biológicos Percoladores têm a função de dar um refinamento ou polimento no efluente do reator UASB. Este objetivo é alcançado com a adoção de um meio suporte fixo (brita) no qual se desenvolvem aderidas em seus vazios uma película bacteriana capaz de reduzir a matéria orgânica dissolvida remanescente presente no efluente do reator UASB.

Esses filtros são dotados de distribuidores rotativos que garantem a aspersão do efluente sobre o meio suporte. O movimento de rotação do

distribuidor é garantido pelo impulso dos jatos aspergidos. O fluxo no meio suporte é descendente e o efluente é recolhido no fundo.

À medida que a biomassa cresce no meio suporte dos filtros essa vai preenchendo os vazios que reduzem a velocidade de escoamento do efluente nos poros e elevam a tensão de cisalhamento na película de lodo aderida que se descola do meio suporte. Esse lodo desprendido é então retido e sedimentado nos decantadores secundários e removido continuamente, por raspadores de aço e descarregado no poço central. A espuma formada na superfície é removida para um compartimento de recolhimento através de uma lâmina inclinada, que a exemplo dos raspadores, também é fixada na ponte.

O efluente entra nos decantadores, pelo centro, e se desloca uniformemente à periferia onde é recolhido em canaleta perimetral e direcionado à elevatória de recirculação.

A elevatória de recirculação tem a função de garantir a aspersão do efluente sobre o meio suporte nas horas do dia em que o aporte de esgotos à ETE for insuficiente para tal. Essa unidade é composta de calha Parshall que permite a leitura instantânea da vazão afluente a ETE em um dado momento, situada a montante do poço de sucção, que por sua vez estabelece condições hidráulicas para instalação e funcionamento dos conjuntos moto-bomba do tipo submersível. O poço de sucção conta com um extravassor através do qual o efluente tratado excedente é retirado do sistema e direcionado ao corpo receptor.

A sanitização tem por objetivo reduzir a concentração de coliformes fecais presentes nos esgotos tratados, para que seu lançamento não eleve no corpo receptor, esta mesma concentração, acima do limite superior estabelecido pela legislação vigente. No presente caso o corpo receptor será o Rio Paraíba do Sul, enquadrado na Classe II pela legislação vigente, que também estabelece o limite superior de 1000 NCF/100 mL.

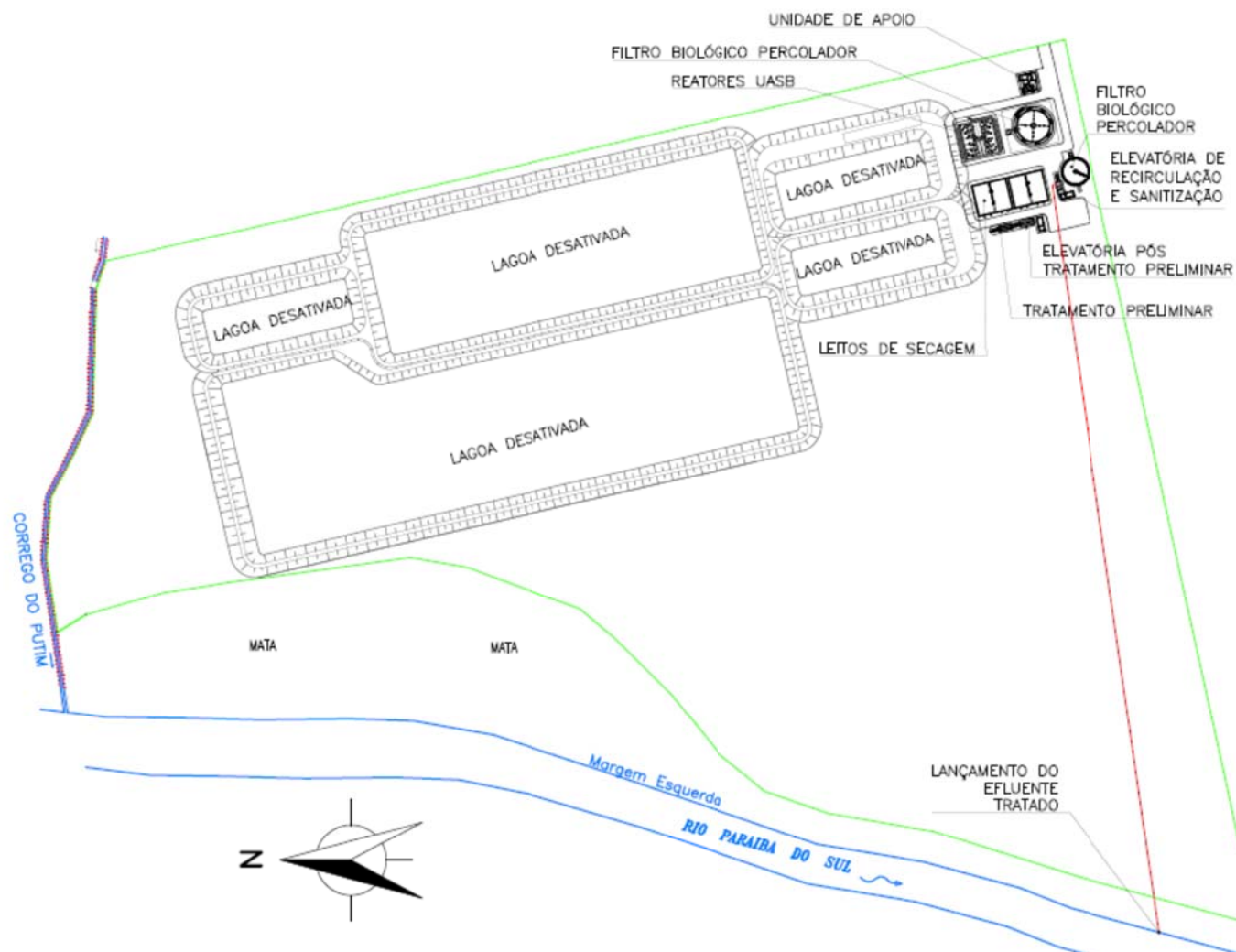
Os leitos de secagem têm a função de promover a desidratação dos lodos gerados na ETE provenientes do Reator. Os lodos gerados na ETE, retirados dos reatores UASB estarão digeridos e terão densidades menores que a da água, fato que contribui para a flutuação deste material durante o processo de

desidratação e permite o desprendimento do líquido intersticial pela parte inferior da camada de lodo onde um sistema de drenagem, composto de material drenante, disposto no fundo destas unidades facilitam a passagem de líquidos e retém em sua superfície superior o material sólido.

Apresentam-se nos subitens a seguir o pré-dimensionamento das unidades propostas nesta segunda alternativa.



AFASTAMENTO E TRATAMENTO DO ESGOTO SANITÁRIO DA SEDE DE POTIM – ESTUDO DE CONCEPÇÃO



**Figura 11. Croqui da Alternativa 02**

### 5.4.2 Tratamento preliminar

O tratamento preliminar proposto para essa alternativa é o mesmo apresentado para a primeira alternativa.

### 5.4.3 Elevatória pós tratamento preliminar

#### 5.4.3.1 Parâmetros para dimensionamento

- Vazão máxima ..... 64,51 L/s
- Vazão mínima ..... 15,59 L/s
- Altura geométrica estimada ..... 10,25 m
- Perda de carga total estimada ..... 2,453 m
- Altura manométrica estimada..... 12,703 m

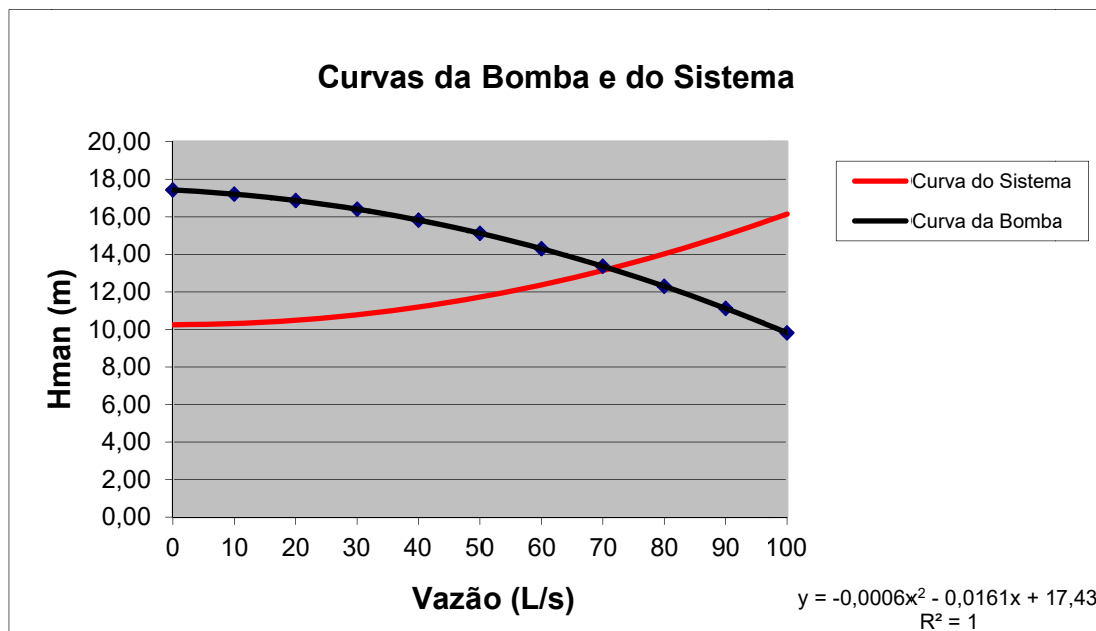
#### 5.4.3.2 Geometria proposta para o poço de sucção

- Comprimento..... 3,60 m
- Largura..... 2,50 m
- Altura útil ..... 1,00 m
- Volume ..... 9,00 m<sup>3</sup>
- Tempo de detenção ..... 10,58 min

#### 5.4.3.3 Especificação do conjunto moto-bomba estimado

- Marca/modelo ..... KSB – KRT K150-315
- Diâmetro do rotor ..... 295 mm
- Rotação..... 1.160 rpm
- Potência ..... 18 cv

#### 5.4.3.4 Obtenção gráfica do ponto de operação



#### 5.4.4 Reatores UASB

##### 5.4.4.1 Parâmetros para dimensionamento

- Vazão média ..... 39,57 L/s
- Vazão máxima ..... 64,51 L/s
- Concentração de DBO afluente ..... 309 mg/L
- Relação DBO/DQO ..... 0,60
- Concentração de DQO afluente ..... 515 mg/L
- Coeficiente de produção sólidos ..... 0,21 kg DQO Lodo/kg DQO aplicado
- Taxa de produção de lodo ..... 0,15 kg SST/kg DQO aplicado
- Concentração de lodo de descarte ..... 4%
- Carga orgânica afluente média de DQO ..... 1.761,22 kg DQO/dia
- Tempo de detenção hidráulico adotado (TDH) ..... 8 horas
- Volume útil mínimo necessário ..... 1.139,62 m³
- Velocidade média superficial recomendada ..... < 0,70 m/h
- Velocidade máxima superficial recomendada ..... < 1,11 m/h

##### 5.4.4.2 Geometria proposta para a unidade

- Número de unidades ..... 2
- Altura útil do reator ..... 4,50 m
- Comprimento de cada unidade ..... 16,80 m

- Largura de cada unidade ..... 7,80 m
- Área total..... 262,08 m<sup>2</sup>
- Volume total ..... 1.179,36 m<sup>3</sup>

#### 5.4.4.3 Verificação das condições operacionais

- Tempo de detenção hidráulico (TDH) .....8,28 horas
- Carga orgânica volumétrica ..... 1,49 kg DQO/(m<sup>3</sup>.dia)
- Carga hidráulica volumétrica..... 2,90 m<sup>2</sup>/(m<sup>2</sup>.dia)
- Velocidade superficial média .....0,54 m/h
- Velocidade superficial máxima .....0,89 m/h
- Estimativa de eficiência de remoção de DQO..... 67,55%
- Estimativa de eficiência de remoção de DBO ..... 75,67%
- Estimativa da concentração de DQO defluente .....167 mg/L
- Estimativa da concentração de DBO defluente.....75,20 mg/L
- Estimativa de produção de metano.....311,73 m<sup>3</sup>/dia
- Estimativa de produção de lodo ..... 264,18 kg SST/dia
- Estimativa de volume de lodo produzido.....6,48 m<sup>3</sup>/dia

#### 5.4.5 Filtro biológico percolador

##### 5.4.5.1 Parâmetros para dimensionamento

- Vazão média ..... 142,45 m<sup>3</sup>/h
- DBO média afluenta .....75,20 mg/L
- Carga DBO afluenta ..... 2557,10 kg DBO/dia
- Eficiência esperada par ao filtro ..... 65%
- Fator de recirculação ..... 0,50
- Vazão de recirculação.....19,79 L/s
- Faixa da taxa de aplicação hidráulica para vazão média ..... 15-18 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>.dia)
- Faixa da taxa de aplicação hidráulica para vazão máxima ...25-30 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>.dia)
- Faixa de carga orgânica volumétrica .....0,5 – 1,0 kg DBO/(m<sup>3</sup>.dia)
- Taxa de produção de lodo ..... 0,75 kgSST/kgDQO<sub>removida</sub>
- Relação lodo volátil / lodo total..... 0,75
- Área mínima necessária ..... 189,94 m<sup>2</sup>
- Volume mínimo necessário para o meio suporte ..... 467,45 m<sup>3</sup>

#### 5.4.5.2 Geometria proposta para a unidade

- Formato ..... cilíndrico
- Número de unidades ..... 1
- Diâmetro ..... 16,00 m
- Área total ..... 201,06 m<sup>2</sup>
- Altura do meio suporte ..... 2,20 m
- Altura do fundo falso ..... 0,90 m
- Altura livre ..... 0,50 m
- Altura total ..... 3,60 m
- Volume do meio suporte ..... 442,34 m<sup>3</sup>

#### 5.4.5.3 Verificação das condições operacionais

- Taxa de aplicação hidráulica média ..... 17,0 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>.dia)
- Taxa de aplicação hidráulica máxima ..... 27,7 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>.dia)
- Carga orgânica volumétrica ..... 0,6 kgDBO/(m<sup>3</sup>.dia)
- Eficiência estimada do filtro biológico ..... 67,70%
- Concentração estimada de DBO efluente final ..... 24,29 mg/L
- Eficiência estimada do sistema UASB+Filtro ..... 92%
- Carga de DBO<sub>removida</sub> ..... 174,05 kg/dia
- Produção de lodo ..... 130,54 kgSST/dia
- Produção de lodo volátil ..... 97,91 kgSSV/dia

### 5.4.6 Decantador secundário

#### 5.4.6.1 Parâmetros para dimensionamento

- Vazão média ..... 39,57 L/s
- Lodo total proveniente do filtro ..... 130,54 kgSST/dia
- Lodo volátil proveniente do filtro ..... 97,91 kgSSV/dia
- Concentração do lodo ..... 1%
- Faixa de taxa de aplicação superficial ..... ≤ 36 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>.dia)
- Taxa de aplicação superficial adotada ..... 26 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>.dia)
- Tempo de detenção hidráulico recomendado ..... ≥ 1,5 h

#### 5.4.6.2 Geometria proposta para a unidade

- Formato ..... cilíndrico de base cônica



- Número de unidades ..... 1
- Diâmetro ..... 12,50 m
- Altura ..... 2,90 m
- Área ..... 122,72 m<sup>2</sup>
- Taxa de aplicação superficial ..... 27,86 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>.dia)

#### 5.4.6.3 Verificação das condições operacionais

- Taxa de aplicação superficial ..... 27,86 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>.dia)
- Tempo de detenção hidráulico ..... 2,50 h

### 5.4.7 Elevatória recirculação

#### 5.4.7.1 Parâmetros para dimensionamento

- Vazão ..... 19,79 L/s
- Altura geométrica estimada ..... 9,560 m
- Perda de carga total estimada ..... 3,369 m
- Altura manométrica estimada ..... 12,929 m

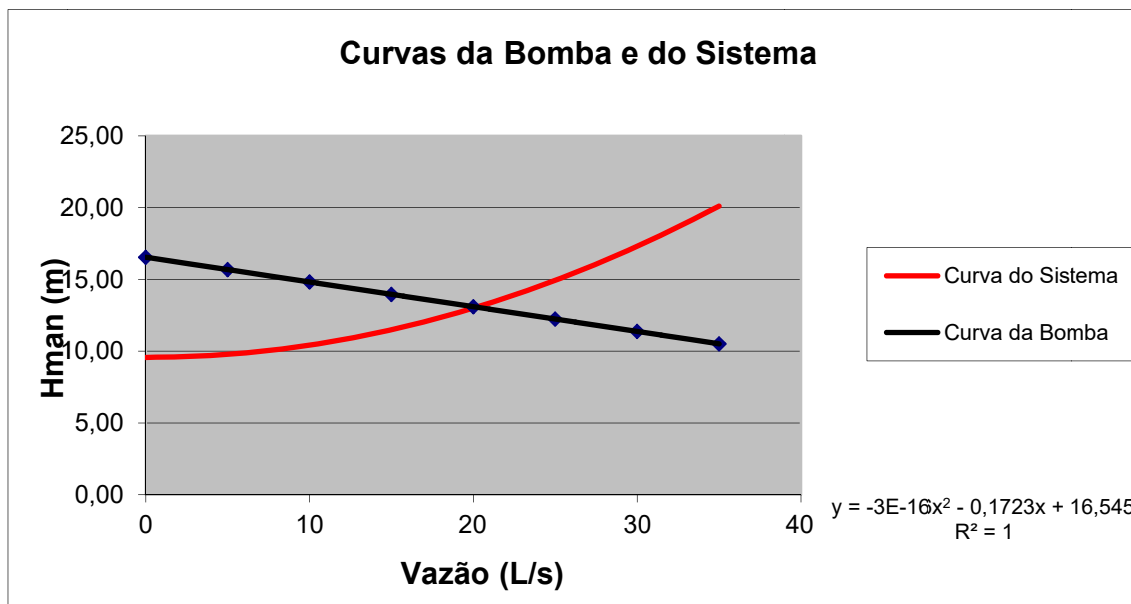
#### 5.4.7.2 Geometria proposta para o poço de sucção

- Comprimento ..... 2,90 m
- Largura ..... 2,80 m
- Altura útil ..... 1,00 m
- Volume ..... 8,120 m<sup>3</sup>

#### 5.4.7.3 Especificação do conjunto moto-bomba estimado

- Marca/modelo ..... KSB – KRT E 80-251/4
- Diâmetro do rotor ..... 270 mm
- Rotação ..... 1.160 rpm
- Potência ..... 6,5 cv

#### 5.4.7.4 Obtenção gráfica do ponto de operação



#### 5.4.8 Sanitização do efluente

##### 5.4.8.1 Parâmetros para dimensionamento

- População de final de plano ..... 19.569 habitantes
- Produção per capita de coliformes fecais .....  $4,00 \times 10^{10}$  org/dia
- Carga de coliformes fecais no efluente bruto .....  $7,83 \times 10^{14}$  org/dia
- Concentração de coliformes fecais no efluente bruto .....  $2,29 \times 10^7$  org/100 mL
- Remoção de coliformes no tratamento ..... 90%
- Concentração de coliformes fecais no efluente tratado ..  $2,29 \times 10^6$  org/100 mL
- Concentração desejada de coliformes após sanitização  $9,99 \times 10^2$  org/100 mL
- Vazão máxima horária .....  $5.573,66 \text{ m}^3/\text{dia}$
- Tempo de detenção no foto reator ..... 15 seg
- Potência das lâmpadas ..... 60 W
- Percentual de emissão de UV ..... 30%
- Perda por envelhecimento ..... 30%
- Perda no invólucro ..... 2%
- Potência útil de cada lâmpada ( $P_{254nm}$ ) ..... 12,35 W
- Comprimento de cada lâmpada ..... 1,20 m
- Coeficiente de extinção ..... 69,10

#### 5.4.8.2 Características do foto reator proposto

- Volume necessário do foto reator ..... 0,968 m<sup>3</sup>
- Número de lâmpadas..... 53
- Altura útil ..... 1,20 m
- Área útil necessária..... 0,81 m<sup>2</sup>
- Potência total ..... 3.180 W

#### 5.4.9 Leitos de secagem

##### 5.4.9.1 Parâmetros para dimensionamento

- Produção diária de lodo nos reatores ..... 264,18 kg SST/dia
- Produção diária de lodo no filtro ..... 110,96 kg SST/dia
- Período de descarte de lodo ..... 10 dias
- Massa de lodo a ser descartada ..... 3.751,39 kg SST
- Concentração do lodo descartado ..... 3%
- Volume de lodo descartado ..... 122,60 m<sup>3</sup>
- Taxa de aplicação de sólidos ..... 15 kg SST/m<sup>2</sup>
- Concentração de sólidos estimada do lodo desidratado ..... 50%
- Densidade do lodo desidratado..... 1.040 kg/m<sup>3</sup>
- Tempo estimado de secagem ..... 15 dias

##### 5.4.9.2 Geometria proposta para a unidade

- Formato..... retangular
- Número de unidades..... 2 (+2 reservas)
- Comprimento..... 15,00 m
- Largura..... 8,25 m
- Área de secagem disponível ..... 247,50 m<sup>2</sup>

##### 5.4.9.3 Verificação das condições operacionais

- Lâmina aplicada ..... 0,50 m

Para compatibilizar o período de descarte de lodo (10 dias) com o período estimado necessário para desidratação do lodo (15 dias) serão implantadas no total 4 células de secagem.

## 5.4.10 Estudo de autodepuração

### 5.4.10.1 Características do corpo receptor

|   |            |
|---|------------|
| ▪ Vazão mínima $Q_{7,10}$ (segundo DAEE) .....      | 39.465 L/s |
| ▪ Temperatura média (estiagem) .....                | 20° C      |
| ▪ Altitude .....                                    | 530 m      |
| ▪ OD de saturação .....                             | 8,52 mg/L  |
| ▪ Oxigênio dissolvido (90% do OD de saturação)..... | 7,67 mg/L  |
| ▪ DBO .....   | 6,00 mg/L* |
| ▪ Velocidade de fluxo (v) .....                     | 0,50 m/s   |
| ▪ Profundidade média do curso d'água (H).....       | 0,80 m     |

\*segundo dados Cetesb em Aparecida, ponto PARB 02600.

### 5.4.10.2 Considerações sobre a legislação ambiental

O Rio Paraíba do Sul, no município de Potim possui enquadramento Classe II. Apresenta-se a seguir os parâmetros de qualidade para cursos d'água Classe II de acordo com a legislação vigente.

|  |                  |
|--|------------------|
| ▪ Concentração mínima de oxigênio dissolvido .....         | $\geq 5,0$ mg/L  |
| ▪ Demanda bioquímica de oxigênio (DBO <sub>5</sub> ) ..... | $\leq 5,0$ mg/L  |
| ▪ Coliformes fecais .....                                  | 1.000 NMP/100 ml |

### 5.4.10.3 Características do efluente tratado

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| ▪ Vazão ( $Q_e$ ) .....     | 39,57 L/s  |
| ▪ Temperatura .....         | 21° C      |
| ▪ Oxigênio dissolvido ..... | 0,00 mg/L  |
| ▪ DBO .....                 | 24,29 mg/L |

### 5.4.10.4 Resumo dos coeficientes adotados

|  |                             |
|--|-----------------------------|
| ▪ Coeficiente de desoxigenação (efluentes secundários) ..... | $K_1 = 0,15 \text{ d}^{-1}$ |
| ▪ Coeficiente de aeração das águas .....                     | $K_2 = 0,82 \text{ d}^{-1}$ |
| ▪ Constante para correção de $K_1$ pela temperatura .....    | $\theta_1 = 1,047$          |
| ▪ Constante para correção de $K_2$ pela temperatura .....    | $\theta_2 = 1,024$          |

### 5.4.10.5 Características da mistura do efluente tratado com corpo receptor

|                    |               |
|--------------------|---------------|
| ▪ Vazão.....       | 39.504,57 L/s |
| ▪ Temperatura..... | 20°C          |

- Oxigênio dissolvido .....7,66 mg/L
- DBO .....3,02 mg/L
- Concentração de DBO última da mistura.....5,72 mg/L
- Déficit inicial de OD .....0,86 mg/L

#### 5.4.10.6 Coeficientes corrigidos para temperatura da mistura

- $K_1$  ..... 0,15 d<sup>-1</sup>
- $K_2$  ..... 0,82 d<sup>-1</sup>

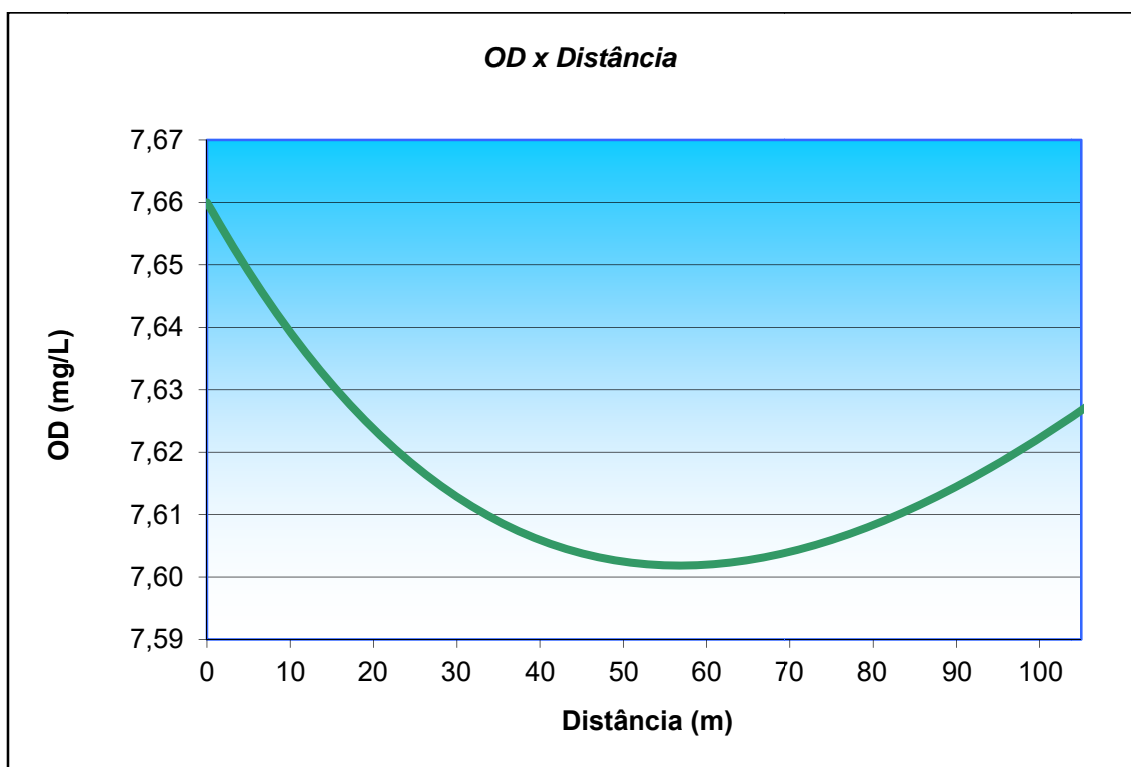
#### 5.4.10.7 Determinação do tempo e distância crítica

- Tempo crítico .....0,88 dias
- Distância crítica.....57 km

#### 5.4.10.8 Perfil de oxigênio dissolvido

Tabela 12. Evolução do Oxigênio Dissolvido

| t (dias) | d (m) | OD(mg/L) | t (dias) | d (m)  | OD(mg/L) |
|----------|-------|----------|----------|--------|----------|
| 0,000    | 0     | 7,66     | 0,849    | 55000  | 7,60     |
| 0,077    | 5000  | 7,65     | 0,926    | 60000  | 7,60     |
| 0,154    | 10000 | 7,64     | 1,003    | 65000  | 7,60     |
| 0,231    | 15000 | 7,63     | 1,080    | 70000  | 7,60     |
| 0,309    | 20000 | 7,62     | 1,157    | 75000  | 7,61     |
| 0,386    | 25000 | 7,62     | 1,235    | 80000  | 7,61     |
| 0,463    | 30000 | 7,61     | 1,312    | 85000  | 7,61     |
| 0,540    | 35000 | 7,61     | 1,389    | 90000  | 7,61     |
| 0,617    | 40000 | 7,61     | 1,466    | 95000  | 7,62     |
| 0,694    | 45000 | 7,60     | 1,543    | 100000 | 7,62     |
| 0,772    | 50000 | 7,60     | 1,620    | 105000 | 7,63     |



#### 5.4.10.9 Conclusão

Verifica-se que o ponto crítico, ou seja, o ponto de menor oxigênio dissolvido no curso d'água ocorrerá a 57,0 km do lançamento e o seu valor será de 7,60 mg/L, portanto, conclui-se que o curso d'água apresenta boa capacidade de autodepuração e que o lançamento do efluente tratado no corpo receptor ocorrerá segundo os padrões de lançamento estabelecidos pela legislação vigente.



## 6 ESTIMATIVAS DE CUSTOS DAS ALTERNATIVAS PROPOSTAS

Apresentam-se no anexo 02 as planilhas de estimativas orçamentárias referentes às duas alternativas técnicas de tratamento de esgotos apresentadas neste relatório. A alternativa 01 consiste no sistema de lagoas de estabilização e a alternativa 02 um sistema compacto composto basicamente por reatores UASB seguidos de filtros biológicos percoladores.

Resumidamente os valores estimados para implantação de cada uma das duas alternativas sugeridas são:

- Alternativa 01 ..... R\$ 3.658.107,46
- Alternativa 02 ..... R\$ 5.379.776,00

A estimativa orçamentária da alternativa 01 foi menor que a da alternativa 02, em razão do aproveitamento integral das obras já implantadas. Não fosse por este motivo a concepção técnica fundamentada em sistema de lagoas de estabilização certamente ficaria mais onerosa que a proposição 02.

## 7 COMPARAÇÃO E SELEÇÃO DA ALTERNATIVA

Comparativamente as duas alternativas atenderiam muito bem à situação de projeto que ora se apresenta, pois ambas proporcionam elevadas eficiências no tratamento de esgotos e produziram um efluente tratado em condições de atendimento aos padrões de lançamento no corpo receptor estabelecidos na Legislação Ambiental Vigente.

A partir das considerações de que a obra correspondente à alternativa 01 encontra-se parcialmente implantada, que esta será integralmente aproveitada, que este aproveitamento reduzirá o custo de implantação da obra e ainda que esta alternativa resulta em menor custo operacional, recomenda-se que a alternativa 01 seja a escolhida e por consequência projetada e implantada.

A diferença entre os valores das estimativas orçamentárias apresentadas, de R\$ 1.721.668,54 (um milhão, setecentos e vinte e um mil e seiscentos e sessenta e oito reais e cinquenta e quatro centavos), corresponde a 32% do valor atribuído ao custo da alternativa 02, ou seja, este percentual representa a economia alcançada ao se optar pela alternativa 01.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico de Potim** / Consórcio Plansan 123, Governo do Estado de São Paulo e Prefeitura Municipal de Potim;
2. **IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas** / Mapeamento de áreas de alto e muito alto risco a deslizamentos e inundações do município de Potim, SP;
3. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – Diagnóstico dos Recursos Hídricos – Relatório Final** / Fundação COPPTEC Laboratório;
4. **Lagoas de Estabilização** / Marcos von Sperling – Belo Horizonte – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996;
5. **Sistemas de Esgotos** / Patrício Gallegos Crespo - Belo Horizonte – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2001;
6. **IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE Cidades. 2010.** Disponível em [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br), acessado em 13 de janeiro de 2016;
7. **Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados – Portal de Estatísticas do Estado de São Paulo.** Disponível em [www.seade.gov.br](http://www.seade.gov.br); acessado em 12 de janeiro de 2016.
8. **Ministério das Cidades.** Disponível em [www.brasilemcidades.gov.br](http://www.brasilemcidades.gov.br), acessado em 12 de janeiro de 2016;
9. **Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo – Portal SigRH.** Disponível em [www.sigrh.sp.gov.br](http://www.sigrh.sp.gov.br), acessado em 20 de janeiro de 2016;
10. **Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAAE.** Disponível em [www.daee.sp.gov.br](http://www.daee.sp.gov.br), acessado em 20 de janeiro de 2016;
11. **Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAAE.** Disponível em [www.daee.sp.gov.br](http://www.daee.sp.gov.br), acessado em 20 de janeiro de 2016;
12. **Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. Infoaguas.**

Disponível em [www.cetesb.sp.gov.br/agua/infoaguas](http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/infoaguas), acessado em 22 de janeiro de 2016;

- 13. Portal da Saúde - Data SUS.** Disponível em [www.datasus.gov.br](http://www.datasus.gov.br), acessado em 12 de janeiro de 2016.

## ANEXOS

## **CADASTRO DA REDE COLETORA DE ESGOTOS EXISTENTE**



## **PLANILHA DE DIAGNÓSTICO DA COLETORA DE ESGOTOS EXISTENTE**

## **ESTIMATIVAS DE CUSTOS DAS ALTERNATIVAS**