



**SERVIÇO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO DE  
PIRACICABA  
-SEMAE-**

**PROJETO BÁSICO  
DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS  
BELA VISTA**

**VOLUME I**

**MEMORIAL DESCRITIVO**

**PROESPLAN**  
**Engenharia**

**MAIO/2011**

**CTR-177/11**

**REV-0**



## **APRESENTAÇÃO**

O presente trabalho constitui o Projeto Básico da Estação de Tratamento de Esgotos Bela Vista, no âmbito do contrato firmado entre a Proesplan Engenharia Ltda. e o Serviço Municipal de Água e Esgoto de Piracicaba (SEMAE).

Este trabalho é composto por 05 (cinco) volumes:

- Volume I: Memorial Descritivo;
- Volume II: Desenhos;
- Volume III: Desenhos;
- Volume IV: Especificações Técnicas;
- Volume V: Orçamento.



## ÍNDICE

<u>1 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE PROJETO</u>	<u>1.1</u>
1.1 - HISTÓRICO DO MUNICÍPIO	1.1
1.2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSOS	1.1
1.3 - HIDROGRAFIA	1.3
1.4 - TOPOGRAFIA E GEOLOGIA	1.8
1.5 - CLIMA	1.9
1.6 - INFRAESTRUTURA DE ÁGUA E ESGOTOS	1.10
1.6.1 - SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	1.10
1.6.1.1 - SISTEMA PRODUTOR PIRACICABA	1.10
1.6.1.2 - SISTEMA PRODUTOR CORUMBATAÍ	1.11
1.6.1.3 - RESERVAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO	1.13
1.6.2 - SISTEMA DE ESGOTOS SANITÁRIOS	1.16
<u>2 - CRITÉRIOS E PARÂMETROS DE PROJETO</u>	<u>2.1</u>
2.1 - HORIZONTE DE PROJETO	2.1
2.2 - COEFICIENTES DE VARIAÇÃO DE CONSUMO	2.1
2.3 - CONTRIBUIÇÃO “PER CAPITA”	2.1
2.4 - DEMAIS PARÂMETROS, ÍNDICES E COEFICIENTES	2.1
2.5 - POPULAÇÃO ATENDIDA	2.2
2.6 - VAZÕES E CARGAS ORGÂNICAS DE PROJETO	2.2
2.7 - PARÂMETROS DE PROJETO PARA O PROCESSO DE TRATAMENTO	2.3
2.8 - PERDA DE CARGA DISTRIBUÍDA EM CANAIS E CONDUTOS LIVRES	2.3
2.9 - PERDA DE CARGA DISTRIBUÍDA EM CONDUTOS FORÇADOS	2.4
2.10 - PERDA DE CARGA LOCALIZADA EM CONDUTOS FORÇADOS	2.4
<u>3 - CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO</u>	<u>3.1</u>
3.1 - INTRODUÇÃO	3.1
3.2 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO	3.1
3.2.1 - OPERAÇÃO BÁSICA DO SISTEMA DE TRATAMENTO	3.1
3.2.2 - CARACTERIZAÇÃO DAS UNIDADES	3.2
3.2.2.1 - TRATAMENTO PRELIMINAR	3.2
3.2.2.2 - CASA DOS SOPRADORES	3.3
3.2.2.3 - TANQUES DE AERAÇÃO	3.3
3.2.2.4 - DECANTADORES SECUNDÁRIOS	3.3
3.2.2.5 - ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE RECIRCULAÇÃO E DE DESCARTE DE EXCESSO DE LODO	3.4
3.2.2.6 - UNIDADE DE ADENSAMENTO E DESIDRATAÇÃO MECANIZADA DE LODO	3.4

3.2.2.7 - UNIDADE DE DESINFECÇÃO	3.6
3.2.2.8 - EMISSÁRIO DE EFLUENTE TRATADO	3.7
3.2.2.9 - SISTEMA DE ÁGUA POTÁVEL E DE SERVIÇO	3.8
3.2.2.10 - CASA DE OPERAÇÃO	3.9
3.2.2.11 - OFICINA E VESTIÁRIOS	3.10
3.2.2.12 - PORTARIA	3.10
3.3 - ETAPAS DE IMPLANTAÇÃO E GRAU DE TRATAMENTO	3.10

#### ANEXOS

---

ANEXO I - MEMORIAL DE CÁLCULO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS	A.1
ANEXO II - MEMORIAL DE CÁLCULO DAS TUBULAÇÕES DE INTERLIGAÇÃO	A.20
ANEXO III - MEMORIAL DE CÁLCULO DA ELEVATÓRIA DE RECIRCULAÇÃO DE LODO	A.31
ANEXO IV - MEMORIAL DE CÁLCULO DA ELEVATÓRIA DE DESCARTE DE EXCESSO DE LODO	A.39
ANEXO V - MEMORIAL DE CÁLCULO DA ETA DE SERVIÇO	A.47
ANEXO VI - MEMORIAL DE CÁLCULO DA ELEVATÓRIA DE ÁGUA PARA CLORADORES	A.56

## **1 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE PROJETO**

## **1 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE PROJETO**

### **1.1- HISTÓRICO DO MUNICÍPIO<sup>1</sup>**

A região do Rio Piracicaba começou a ser percorrida com o movimento das entradas e bandeiras. Entre fins do século XVII e meados do XVIII, as terras próximas do salto do rio sofreram as primeiras intervenções, fossem por meio da abertura de caminhos e estradas, fossem associadas a pedidos e doações de sesmarias. Tratava-se, inicialmente, do trânsito e do consequente povoamento deflagrado pelas tentativas de melhor explorar as minas de ouro, em Cuiabá ou Minas Gerais. A parte do território paulista que viria a constituir o futuro município recebeu, portanto, suas primeiras demarcações em função desse processo. Entre as referências oficiais relativas à formação do povoado, propriamente dito, destaca-se a incumbência dada, em 1766, ao Cap. Antônio Corrêa Barbosa pelo Capitão-General D. Luís Antônio de Souza Botelho Mourão, para fundar uma povoação na foz do Rio Piracicaba. O local escolhido, no entanto, situava-se à margem direita do salto, distante 90 quilômetros da foz. Considerou-se o lugar mais apropriado, uma vez que o núcleo seria ponto de apoio para as embarcações que desciam o Rio Tietê, além de servir como retaguarda ao abastecimento do Forte Iguatemi (fronteira, na época, com o território do Paraguai). Sua fundação oficial ocorreu em 1º de agosto de 1767, no termo da Vila de Itu.

Em 21 de junho de 1774, a povoação foi elevada à categoria de freguesia do município de Itu e, em 7 de julho de 1784, transferida para a margem esquerda do Rio Piracicaba. Em 31 de outubro de 1821, quando foi erguida a vila, recebeu o nome Vila Nova da Constituição. A partir de 1836, a vila ganhou impulso, tornando-se importante centro abastecedor. Com o predomínio do sistema de pequenas propriedades, eram cultivados, além do café, arroz, feijão, milho, algodão e fumo. Ainda havia pastagens destinadas à criação de gado. Em 24 de abril de 1856, a vila recebeu foros de cidade, mas a denominação de Piracicaba (em tupi, “lugar onde ajunta peixe” ou “lugar onde o peixe pára”) apenas seria oficializada em 13 de abril de 1877. O município adquiriu novo estímulo quando, nesse mesmo ano, começou o tráfego no ramal da estrada de ferro que ligava Piracicaba a Itu.

### **1.2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSOS**

Pertencente a Região Administrativa de Campinas, Piracicaba constitui um dos principais municípios da região, sendo, inclusive, sede de Região de Governo, a qual é composta pelos seguintes municípios:

- |                       |                      |                         |
|-----------------------|----------------------|-------------------------|
| - Águas de São Pedro; | - Mombuca;           | - Saltinho;             |
| - Capivari;           | - <b>Piracicaba;</b> | - Santa Maria da Serra; |
| - Elias Fausto;       | - Rafard;            | - São Pedro.            |
| - Charqueada;         | - Rio das Pedras;    |                         |

Localizado na porção leste do Estado de São Paulo e ocupando uma área de 1.353 km<sup>2</sup>, o município de Piracicaba faz divisa com os seguintes municípios:

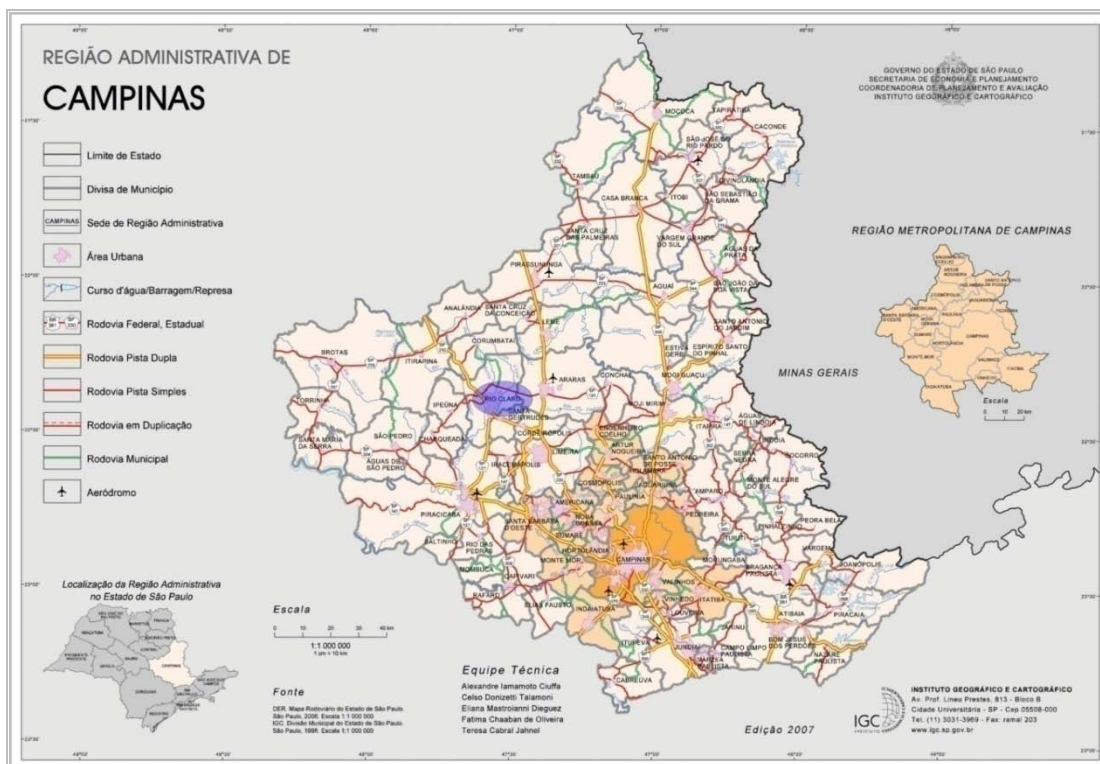
- Ao sul: Rio das Pedras, Saltinho, Laranjal Paulista e Conchas;

---

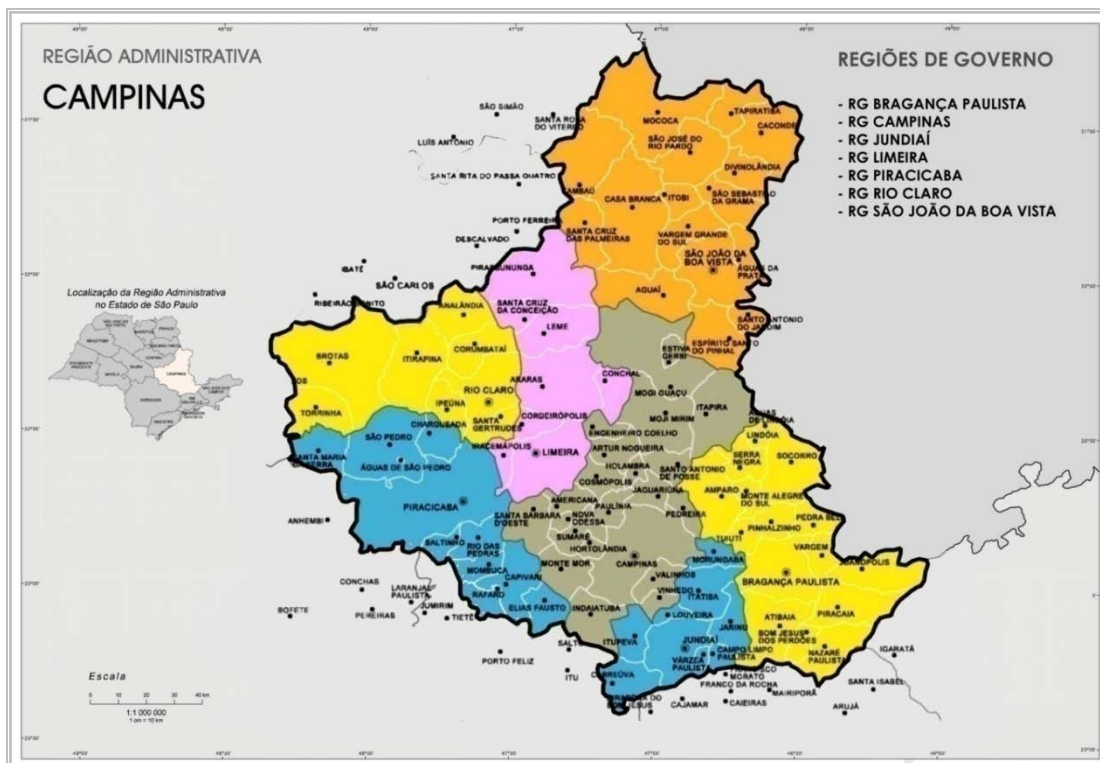
<sup>1</sup> Fonte: SEADE - Perfil Municipal



- Ao norte: São Pedro, Charqueada, Santa Maria da Serra e Rio Claro;
- A leste: Itacemópolis, Limeira e Santa Bárbara d'Oeste;
- A oeste: Anhembí.



**Figura 1 - Região Administrativa de Campinas - Principais vias de acesso.**



**Figura 2 - Região Administrativa de Campinas - Regiões de Governo.**

Distante cerca de 162 km da capital do Estado e à cerca de 71 km de Campinas, tem como principais vias de acesso: Rodovia Anhanguera (SP-330); Rodovia Luiz de Queiroz/Geraldo de Barros (SP-304); Rodovia Cornélio Pires (SP-127); Rodovia Deputado Laércio Corte (SP-147) e Rodovia do Açúcar (SP-308).

### 1.3 - HIDROGRAFIA

A sede do município de Piracicaba está inserida na UGRHI-5 - Piracicaba, Capivari e Jundiaí, localizada a leste do Estado de São Paulo. Esta UGRHI se estende desde a divisa com o Estado de Minas Gerais até o Reservatório Barra Bonita, localizado no Rio Tietê.

A bacia conjunta dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí estende-se por uma área de aproximadamente 14.000 km<sup>2</sup>, no Estado de São Paulo, distribuída da seguinte forma:

- Bacia do Rio Piracicaba: 11.300 km<sup>2</sup>;
- Bacia do Rio Capivari: 1.600 km<sup>2</sup>;
- Bacia do Rio Jundiaí: 1.100 km<sup>2</sup>.

Além dos rios supracitados, a UGRHI-5 é composta pelos seguintes cursos-d'água principais: Rio Jaguari, Rio Atibaia, Rio Camanducaia, Rio Corumbataí, Rio Passa Cinco, Ribeirão Anhumas, Ribeirão Pinheiros, Ribeirão Quilombo, Rio Capivari-Mirim, Córrego São Vicente e Rio Jundiaí-Mirim.

Desses cursos-d'água, o município de Piracicaba é drenado pelos rios Corumbataí e Piracicaba, os quais constituem os principais mananciais destinados ao abastecimento público de água da cidade.

Além de Piracicaba, a UGRHI-5 engloba os seguintes municípios:

- |                          |                        |                               |
|--------------------------|------------------------|-------------------------------|
| - Águas de São Pedro;    | - Iracemápolis;        | - Piracaia;                   |
| - Americana;             | - Itatiba;             | - Piracicaba (parcial - parte |
| - Amparo (parcial);      | - Itirapina;           | do território inserido na     |
| - Analândia (parcial);   | - Itu;                 | UGRHI-10);                    |
| - Anhembi (parcial);     | - Itupeva;             | - Rafard (parcial);           |
| - Artur Nogueira;        | - Jaguariúna;          | - Rio Claro (parcial);        |
| - Atibaia;               | - Jarinu;              | - Rio das Pedras;             |
| - Bom Jesus dos Perdões; | - Joanópolis;          | - Saltinho (parcial);         |
| - Bragança Paulista;     | - Jundiaí;             | - Salto (parcial);            |
| - Cabreúva (parcial);    | - Limeira (Parcial);   | - Santa Bárbara d'Oeste;      |
| - Campinas;              | - Louveira;            | - Santa Gertrudes;            |
| - Campo Limpo Paulista;  | - Mairiporã;           | - Santa Maria da Serra;       |
| - Capivari;              | - Mineiros do Tietê;   | - Santo Antônio da Posse;     |
| - Charqueada;            | - Mogi Mirim           | - São Pedro;                  |
| - Cordeirópolis;         | - Mombuca;             | - Serra Negra;                |
| - Corumbataí (Parcial);  | - Monte Alegre do Sul; | - Socorro;                    |
| - Cosmópolis;            | - Monte Mor;           | - Sumaré;                     |

- |                           |                              |                    |
|---------------------------|------------------------------|--------------------|
| - Dois Córregos;          | - Morungaba;                 | - Tietê;           |
| - Elias Fausto (parcial); | - Nazaré Paulista (parcial); | - Torrinha;        |
| - Engenheiro Coelho;      | - Nova Odessa;               | - Tuiuti;          |
| - Holambra;               | - Paulínia;                  | - Valinhos;        |
| - Hortolândia;            | - Pedra Bela;                | - Vargem;          |
| - Indaiatuba (parcial);   | - Pedreira;                  | - Várzea Paulista; |
| - Ipeúna;                 | - Pinhalzinho;               | - Vinhedo.         |

Conforme se pode constatar na figura 4, parte do município de Piracicaba está inserida na UGRHI-10 - Tietê/Sorocaba. Entretanto, a área em questão é constituída apenas pela zona rural do município, enquanto a área urbana se concentra totalmente na UGRHI-5.

Dentro do contexto municipal, os principais cursos de água que passam pela cidade de Piracicaba (vide figura 5) são:

- Rio Piracicaba;
- Ribeirão das Palmeiras;
- Ribeirão Cachoeira;
- Córrego Capim Fino;
- Ribeirão Guamium;
- Córrego Godinho;
- Rio Corumbataí;
- Córrego das Ondas;
- Córrego Itapocu;
- Ribeirão Tijuco Preto;
- Córrego Recanto;
- Ribeirão Dois Córregos;
- Córrego Figueira;
- Córrego Bela Vista;
- Ribeirão Piracicamirim;
- Ribeirão do Enxofre;
- Ribeirão dos Marins;
- Ribeirão Pau-d'Alhinho;
- Ribeirão Granal.

De acordo com o enquadramento dos corpos de água estabelecido pela legislação ambiental vigente, os cursos de água supracitados pertencem à Classe 2.

Nas figuras a seguir, apresenta-se a localização da UGRHI-5 em relação ao Estado de São Paulo, os municípios inseridos na mesma e os principais cursos de água que atravessam a cidade de Piracicaba.

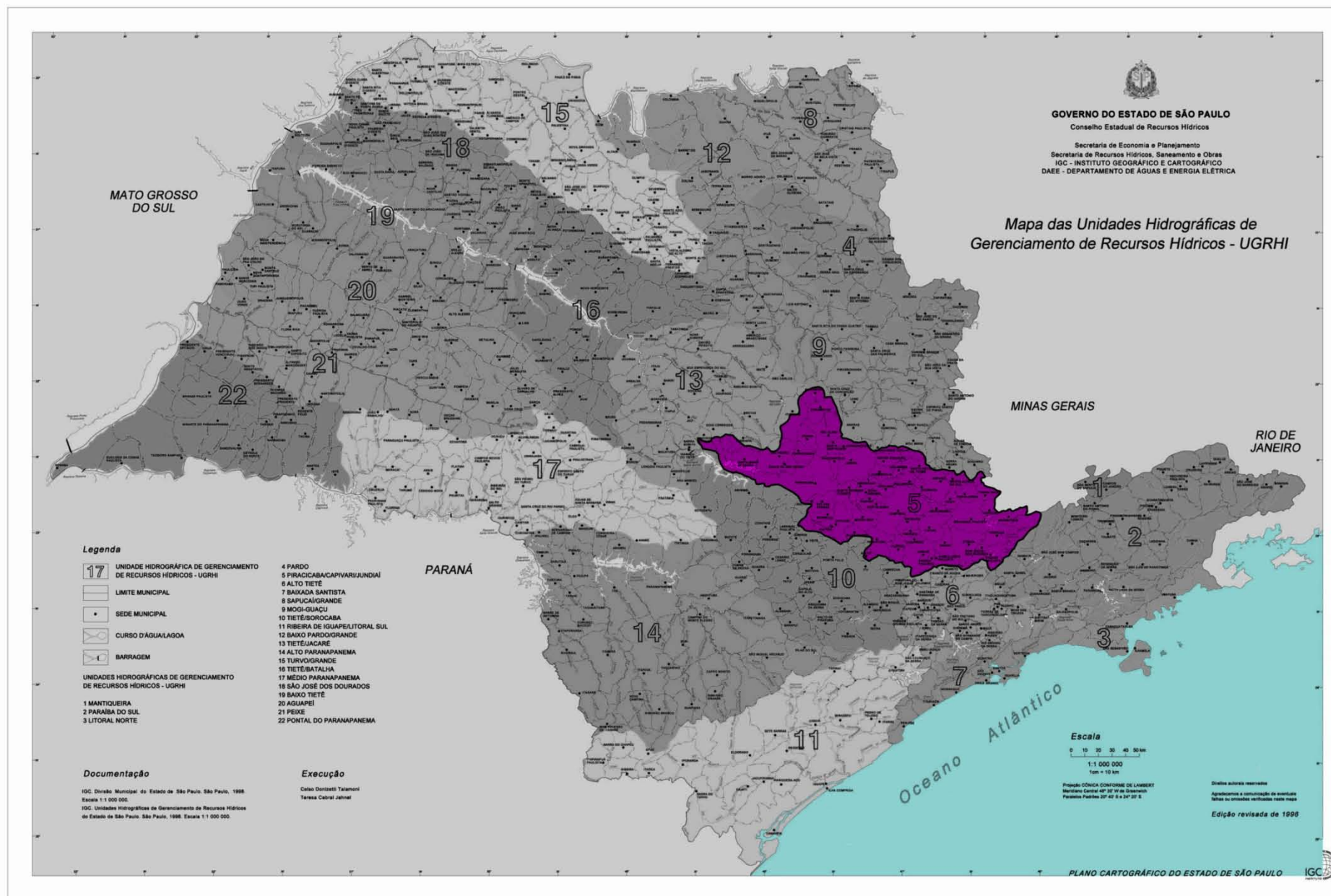
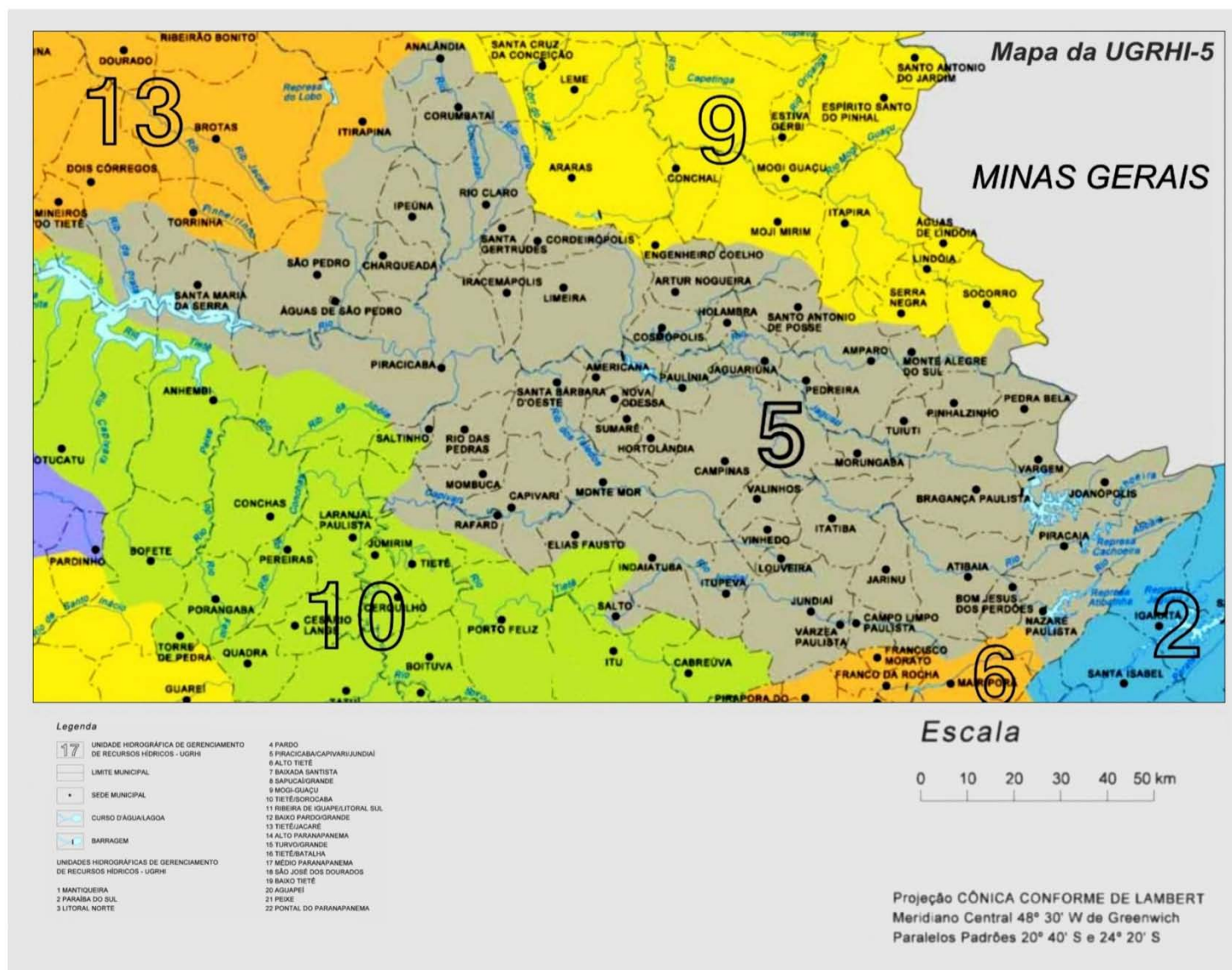


Figura 3 - Localização da UGRHI-5.





**Figura 4 - Municípios inseridos na UGRHI-5.**



### Principais Cursos de Água



**Figura 5 - Principais Cursos de Água de Piracicaba.**

Sendo o Rio Piracicaba o corpo receptor de todos os efluentes do município e considerando sua importância como manancial e tributário da Represa de Barra Bonita, conclui-se que o equacionamento dos sistemas de esgotamento da cidade Piracicaba, bem como de outros grandes municípios da região (Campinas, Limeira, Americana, Sumaré, Santa Bárbara d'Oeste, Rio Claro entre outros) é de vital importância no contexto de saúde pública do Estado de São Paulo, especialmente no que tange a influência da UGRHI-5.

#### **1.4 - TOPOGRAFIA E GEOLOGIA**

Piracicaba localiza-se na Depressão Periférica, onde predominam colinas baixas, cujas cotas altimétricas oscilam entre 500 m (no vale do Piracicaba) e 680 a 700 m. no relevo predominam colinas de formas suavizadas, separadas por vales e sem planícies aluviais importantes.

O município, assim como toda UGRHI-5 onde se encontra, está localizado na borda centro leste da Bacia Sedimentar do Paraná, formada por grande variedade de litologias que podem ser classificadas em 4 grandes domínios geológicos: rochas metamórficas e graníticas; rochas sedimentares mesozóicas e paleozóicas; rochas efusivas e corpos intrusivos básicos; coberturas sedimentares Cenozóicas.

O grupo de rochas metamórficas e graníticas é caracterizado, em geral, por comportamento resistente e pela presença de estruturas orientadas (xistosas, migmatíticas e gnáissicas).

O grupo das rochas sedimentares constitui-se de rochas brandas, com baixa resistência mecânica. Entretanto, quando cimentadas, apresentam maior resistência.

O grupo de rochas efusivas e os corpos intrusivos possuem bom comportamento geomecânico, sendo homogêneas, maciças e isotrópicas e apresentando alta resistência mecânica e coesão.

As coberturas sedimentares Cenozóicas são constituídas por rochas brandas e sedimentos não consolidados. Incluem-se também neste grupo, as rochas cataclásticas antigas e mais jovens, formadas pelos esforços de cisalhamento em zonas de falhamentos.

O domínio do embasamento cristalino engloba os Metamorfitos do Grupo São Roque, Complexo Paraíba do Sul e Complexo Amparo.

No domínio das Rochas Sedimentares Mesozóica e Paleozóica destacam-se o Grupo Tubarão (Formação Itararé e Tatuí), Grupo Passa Dois (Formação Irati e Corumbataí), Grupo São Bento (Pirambóia e Botucatu) e sedimentos da Formação Itaquari.



## 1.5 - CLIMA

O clima do município, segundo a classificação climática de Koeppen para o Estado de São Paulo, é do tipo Cwa, caracterizado pelo clima tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno, com a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C.

As temperaturas variam de 10,0° C (mínima média) a 30,0° C (máxima média), sendo a média anual de 21,6° C. No quadro a seguir apresenta-se o perfil de temperaturas médias ao longo do ano:

Mês	Temperatura do Ar (°C)		
	Mínima Média	Máxima Média	Média
<b>Jan</b>	19,0	30,0	25,0
<b>Fev</b>	19,0	30,0	25,0
<b>Mar</b>	18,0	30,0	24,0
<b>Abr</b>	15,0	28,0	22,0
<b>Mai</b>	12,0	26,0	19,0
<b>Jun</b>	10,0	25,0	18,0
<b>Jul</b>	10,0	25,0	17,0
<b>Ago</b>	11,0	27,0	19,0
<b>Set</b>	13,0	28,0	21,0
<b>Out</b>	16,0	29,0	22,0
<b>Nov</b>	17,0	30,0	23,0
<b>Dez</b>	18,0	30,0	24,0
<b>Ano</b>	<b>14,8</b>	<b>28,2</b>	<b>21,6</b>
<b>Min</b>	<b>10,0</b>	<b>25,0</b>	<b>17,0</b>
<b>Max</b>	<b>19,0</b>	<b>30,0</b>	<b>25,0</b>

Fonte: Cepagri UNICAMP.

A precipitação anual de Piracicaba é de 1.328,1 mm, com mínima mensal de 28,4 mm e máxima mensal de 229,7 mm, conforme pode ser observado no quadro a seguir:

Mês	Chuva ( mm)		Mês	Chuva ( mm)
<b>Jan</b>	229,7		<b>Jul</b>	30,1
<b>Fev</b>	200,2		<b>Ago</b>	28,4
<b>Mar</b>	150,6		<b>Set</b>	60,3
<b>Abr</b>	76,2		<b>Out</b>	121,5
<b>Mai</b>	61,7		<b>Nov</b>	125,9
<b>Jun</b>	45,0		<b>Dez</b>	198,5

Fonte: Cepagri UNICAMP.



## **1.6 - INFRAESTRUTURA DE ÁGUA E ESGOTOS**

### **1.6.1 - Sistema de Abastecimento de Água**

O sistema de abastecimento de água de Piracicaba é composto por dois sistemas produtores principais: Piracicaba e Corumbataí.

#### **1.6.1.1 - Sistema Produtor Piracicaba**

Este subsistema conta com duas estações de tratamento de água, denominadas ETA-1 e ETA-2.

A ETA-1 é alimentada por duas captações. A primeira captação está localizada junto à margem esquerda do Rio Piracicaba, na Av. Bandeirantes, e é constituída por uma tomada de água direta no rio formada por canal e poço de reunião que alimenta uma estação elevatória. A adução para a ETA-1 é feita através de uma tubulação de ferro fundido com diâmetro de 700 mm. A segunda captação está localizada no Rio Corumbataí, sendo responsável também pela alimentação da ETA Capim Fino (Sistema Produtor Corumbataí) e cujas características são apresentadas no próximo capítulo.

A ETA-2, segundo informações do SEMAE, está parada há 9 anos. Entretanto, esta estação poderá entrar em operação se necessário. Neste caso, seria abastecida pelas captações do Rio Piracicaba e Rio Corumbataí.

A qualidade da água captada neste subsistema é analisada e controlada pelo SEMAE, em laboratório próprio.

As duas ETA's estão localizadas na mesma área, na Rua Luiz de Queiroz, porém com instalações independentes entre si, exceto quanto à casa de química que é comum às duas unidades. A capacidade da ETA-1 é de 500 l/s e da ETA-2, 350 l/s.

As ETA's são do tipo convencional, constituídas pelas seguintes unidades básicas:

- Calha Parshall;
- Floculadores;
- Decantadores;
- Filtros;
- Casa de Química (comum às duas ETA's).

### **1.6.1.2 - Sistema Produtor Corumbataí**

Neste subsistema, como o próprio nome diz, a captação é feita no Rio Corumbataí, junto à margem esquerda do mesmo, nas coordenadas 7.494,75 km NS e 224,93 km EW, Meridiano Central 45°, em uma área de aproximadamente 10.000 m<sup>2</sup>.

A bacia de contribuição no ponto de captação tem, aproximadamente, 1.650 km<sup>2</sup> e a precipitação pluviométrica média é de 1420 mm/ano. Pela metodologia de regionalização hidrológica do DAEE do Estado de São Paulo, a vazão mínima anual de 7 dias com período de retorno de 10 anos (Q7,10) nesse ponto é igual a 4,88 m<sup>3</sup>/s.

Em linhas gerais, a captação é composta pelas seguintes unidades principais:

- Barreira flutuante;
- Gradeamento;
- Caixas de areia;
- Poço de sucção;
- Estação elevatória de água bruta;
- Subestação de energia.

A água captada no Rio Corumbataí segue para a ETA Capim Fino, cuja capacidade nominal é de 1,50 m<sup>3</sup>/s.

A barreira flutuante, instalada na entrada da captação, tem como função evitar a entrada de detritos de grandes dimensões (galhos, garrafas plásticas, etc) no canal de gradeamento, reduzindo significativamente a quantidade de resíduos retida nas grades.

Esse dispositivo é composto basicamente por um tubo circular vedado nas suas extremidades, funcionando como flutuante, e por uma tela soldada na parte inferior, mergulhada na água, para evitar a passagem de detritos por baixo da barreira. Para mantê-la no lugar, a barreira é fixada em argolas que deslizam livremente através de duas colunas verticais instaladas nas extremidades do dispositivo. Tem aproximadamente 11 m de largura útil.

O gradeamento atual é composto por uma grade média, de limpeza manual, com espaçamento entre barras em torno de 20 mm. Essa grade tem uma largura útil de 3,00 m e altura total de 3,80 m.

Na entrada do canal da grade há três guias para a instalação de “stop-log” caso seja necessário fechar a entrada da captação. O canal tem 3,00 m de comprimento útil, sendo que a entrada possui um alargamento assimétrico junto à margem do rio com cerca de 5,00 m de largura e 2,30 m de comprimento.

A captação conta com três caixas de areia gravitacionais retangulares operando em paralelo, desprovidas de qualquer equipamento para retirada mecanizada de detritos.

Toda a retirada é feita mediante uso de uma draga de areia, levada ao local por ocasião da limpeza da unidade.

Cada caixa de areia possui as seguintes dimensões básicas:

- |                       |          |
|-----------------------|----------|
| - Comprimento útil:   | 18,00 m; |
| - Largura útil:       | 2,50 m;  |
| - Profundidade útil:  | 4,20 m;  |
| - Profundidade total: | 4,40 m.  |

O isolamento das caixas de areia é feito por meio de comportas instaladas nas entradas e saídas das mesmas. O acionamento dessas comportas é manual e feito por meio de pedestais de haste ascendente.

As caixas de areia desembocam em um canal de largura variável, interligando-se ao poço de sucção da estação elevatória de água bruta.

O poço de sucção constitui-se basicamente de um canal retangular onde estão instaladas as sucções (oito ao todo) dos conjuntos de recalque da elevatória de água bruta. Tem as seguintes dimensões básicas:

- |                       |          |
|-----------------------|----------|
| - Comprimento útil:   | 32,00 m; |
| - Largura útil:       | 2,50 m;  |
| - Profundidade útil:  | 4,70 m;  |
| - Profundidade total: | 4,90 m.  |

A entrada da água é feita pela parte central do poço, o qual pode ser isolado mediante a operação de duas comportas de acionamento manual instaladas em seu interior, dispostas em lados opostos da entrada. Com essa configuração é possível isolar uma das metades do poço de sucção por vez, evitando-se a parada total da elevatória de água bruta durante a operação de limpeza ou manutenção do mesmo.

A estação elevatória é do tipo poço seco com bombas centrífugas de eixo horizontal, bipartidas, com sucção acima do nível de captação. A estação possui 08 (oito) conjuntos de recalque que podem operar simultaneamente. As bombas estão instaladas em um poço de 5,20 m de largura, 34,00 m de comprimento e 8,00 m de profundidade. Este poço, por sua vez, está confinado em uma edificação de 7,80 m de largura, 34,00 m de comprimento e 3,50 m de altura útil. Anexa a edificação, mas com estrutura integrada a mesma, encontra-se a sala do operador com 3,00 m de largura, 5,80 m de comprimento e 3,50 m de altura útil.

Os barriletes de recalque das bombas são interligados a uma única tubulação de 800 mm, de onde saem 04 (quatro) adutoras que abastecem a ETA Capim Fino. As adutoras possuem as seguintes características:

- |                   |          |
|-------------------|----------|
| - Adutoras 1 e 3: |          |
| • Extensão:       | 5.320 m; |

- Diâmetro: 600 mm;
- Material: ferro fundido.
- Adutora 2:
  - Trecho 1:
    - Extensão: 3.820 m;
    - Diâmetro: 700 mm;
    - Material: ferro fundido.
  - Trecho 2:
    - Extensão: 1.500 m;
    - Diâmetro: 500 mm;
    - Material: ferro fundido.
- Adutoras 4:
  - Extensão: 5.320 m;
  - Diâmetro: 700 mm;
  - Material: ferro fundido.

Segundo informações cadastrais, algumas dessas adutoras estão interligadas entre si ao longo do traçado das tubulações. Na chegada da ETA Capim Fino, todas as adutoras se interligam a uma única tubulação que segue para a entrada do tratamento (calha Parshall).

A ETA Capim Fino é do tipo convencional, constituída pelas seguintes unidades básicas:

- Calha Parshall;
- Floculadores;
- Decantadores;
- Filtros;
- Casa de Química.

#### **1.6.1.3 - Reservação e Distribuição**

Quanto à rede de distribuição de água potável, Piracicaba apresenta um índice de atendimento igual a 99,38% (ano 2000 - Fonte: SEADE) e os volumes de reservação de água potável são da ordem de 65.000 m<sup>3</sup>, distribuídos pelos seguintes centros de reservação:

Centro de Reservação	Tipo	Material	Volume (m³)
ANHUMAS	ELEVADO	FIBRA DE VIDRO	100
	SEMIENTERRADO	CONCRETO ARMADO	100
SANTANA	ELEVADO	FIBRA DE VIDRO	50
	ELEVADO	CHAPA DE AÇO	50
SANTA OLÍMPIA	APOIADO	CHAPA DE AÇO	50
MONTE ALEGRE	APOIADO	CONCRETO ARMADO	277,8
CONCEIÇÃO	ELEVADO	FIBRA DE VIDRO	50
BARTIRA	ELEVADO	CHAPA DE AÇO	100
PEÓRIA	APOIADO	FIBRA DE VIDRO	100
TANQUINHO	ELEVADO	FIBRA DE VIDRO	100
TUPI	APOIADO	CHAPA DE AÇO	10
VILA BRIEDA	ELEVADO	FIBRA DE VIDRO	50
VILA NOVA	ELEVADO	FIBRA DE VIDRO	20
AGRONOMIA	ELEVADO	CONCRETO ARMADO	500
VILA REZENDE	SEMIENTERRADO	CONCRETO ARMADO	1.000
	ELEVADO	CONCRETO ARMADO	550
LAGO AZUL	APOIADO	CONCRETO ARMADO	700
	ELEVADO	FIBRA DE VIDRO	125
	ELEVADO	FIBRA DE VIDRO	125
BALBO	ENTERRADO	CONCRETO ARMADO	1.000
	ENTERRADO	CONCRETO ARMADO	2.300

<b>Centro de Reservação</b>	<b>Tipo</b>	<b>Material</b>	<b>Volume (m³)</b>
BOA ESPERANÇA	ELEVADO	CONCRETO ARMADO	500
	ELEVADO	FIBRA DE VIDRO	250
	APOIADO	CONCRETO ARMADO	4.800
C.L.Q	ELEVADO	CONCRETO ARMADO	500
CAPIM FINO	ENTERRADO	CONCRETO ARMADO	2.000
	SEMIENTERRADO	CONCRETO ARMADO	2.000
	SEMIENTERRADO	CONCRETO ARMADO	2.000
	SEMIENTERRADO	CONCRETO ARMADO	11.000
CECAP	ELEVADO	CONCRETO ARMADO	500
	N/I	N/I	250
NOVA SUIÇA 1 E 2	ELEVADO	CHAPA DE AÇO	50
	ELEVADO	FIBRA DE VIDRO	50
PARK MOTEL	ELEVADO	CONCRETO ARMADO	10
JUPIÁ	ELEVADO	CONCRETO ARMADO	500
TAKAKI	ELEVADO	CONCRETO ARMADO	500
SANTA TEREZINHA	ELEVADO	CONCRETO ARMADO	500
DOIS CÓRREGOS	SEMIENTERRADO	CONCRETO ARMADO	1.000
	SEMIENTERRADO	CONCRETO ARMADO	1.000
	ELEVADO	FIBRA DE VIDRO	250
	ELEVADO	FIBRA DE VIDRO	250
MARECHAL	APOIADO	CONCRETO ARMADO	4.200
	APOIADO	CONCRETO ARMADO	1.000
	SEMIENTERRADO	ALVENARIA DE TIJOLOS	2.000
	SEMIENTERRADO	ALVENARIA DE TIJOLOS	1.100
PAULICÉIA	APOIADO	CONCRETO ARMADO	5.200
	ELEVADO	CONCRETO ARMADO	550
	ELEVADO	FIBRA DE VIDRO	250
	ELEVADO	FIBRA DE VIDRO	250
TORRE DE TV	APOIADO	FIBRA DE VIDRO	100
	APOIADO	FIBRA DE VIDRO	100
	ELEVADO	FIBRA DE VIDRO	200
UNIFICADA PAULICÉIA	ENTERRADO	CONCRETO ARMADO	1.250
	SEMIENTERRADO	CONCRETO ARMADO	3.000
UNILESTE	SEMIENTERRADO	CONCRETO ARMADO	1.000
	SEMIENTERRADO	CONCRETO ARMADO	2.400

<b>Centro de Reservação</b>	<b>Tipo</b>	<b>Material</b>	<b>Volume (m³)</b>
XV DE NOVENBRO	SEMIENTERRADO	CONCRETO ARMADO	1.680
	SEMIENTERRADO	CONCRETO ARMADO	4.000
	ELEVADO	CONCRETO ARMADO	550
CAMPESTRE	APOIADO	FIBRA DE VIDRO	100
	ELEVADO	FIBRA DE VIDRO	100
KOBAYAT LÍBANO	ELEVADO	FIBRA DE VIDRO	250
	ELEVADO	FIBRA DE VIDRO	250
NOVA REPÚBLICA	ELEVADO	CONCRETO ARMADO	50
PAU D'ALINHO	ELEVADO	FIBRA DE VIDRO	50
TIJUCO PRETO	ELEVADO	CHAPA DE AÇO	26
VEREDAS DE ARTEMIS	ELEVADO	FIBRA DE VIDRO	25
<b>Total</b>			<b>64.948,8</b>

### 1.6.2 - Sistema de Esgotos Sanitários

As condições atuais do sistema de esgotos de Piracicaba são bastante razoáveis ao que se refere à coleta e ao afastamento dos efluentes. Praticamente toda a cidade conta com rede coletora de esgotos e a maior parte dos fundos de vale já possui coletores-tronco, com exceção do próprio Rio Piracicaba, onde ainda falta construir quase todos os interceptores da margem direita. Os interceptores da margem esquerda do Rio Piracicaba, entretanto, já foram implantados.

Quanto ao tratamento de esgotos, a cidade conta com algumas ETE's de pequeno porte pulverizadas pelo sistema e uma de maior porte, a ETE Piracicamirim. Essas estações tratam cerca de 36% dos esgotos gerados. O restante permanece sendo lançado "in natura", no Rio Piracicaba e alguns afluentes. Atualmente, encontra-se em construção a ETE Ponte do Caixão, com capacidade para tratar os esgotos de 150.000 habitantes.

Em função das condições topográficas de Piracicaba foram identificadas 19 bacias de esgotamento, compreendendo a chamada sede do município, e mais quatro áreas isoladas a saber:

- Bacias de Esgotamento da Margem Esquerda do Rio Piracicaba:
  - Dois Córregos;
  - Cortume;
  - Figueira;
  - Bela Vista;
  - Piracicaba 1;
  - Monte Olimpo;
  - Piracicamirim;
  - Itapeva;
  - Enxofre;
  - Piracicaba 3;
  - Piracicaba 5;
  - Marins.
  
- Bacias de Esgotamento da Margem Direita do Rio Piracicaba:
  - Capim Fino;
  - Guamium;
  - Piracicaba 2;
  - Corumbataí;
  - Ondas;
  - Vale do Sol;
  - Gran Park.
  
- Áreas Isoladas:
  - Bartira/Tupi (margem esquerda do Rio Piracicaba);
  - Artemis (margem direita do Rio Piracicaba);
  - Tanquinho;
  - Ibitiruna/Anhumas.



## **2 - CRITÉRIOS E PARÂMETROS DE PROJETOS**

## **2 - CRITÉRIOS E PARÂMETROS DE PROJETO**

### **2.1 - HORIZONTE DE PROJETO**

O presente trabalho considera um horizonte de projeto compreendendo o período de 2010 a 2040.

### **2.2 - COEFICIENTES DE VARIAÇÃO DE CONSUMO**

Os coeficientes de variação de consumo foram definidos junto com serviço de água e esgoto do município, tendo como base as normas da ABNT.

- Coeficiente de máxima vazão diária:  $K1 = 1,20$ ;
- Coeficiente de máxima vazão horária:  $K2 = 1,50$ ;
- Coeficiente de mínima vazão horária:  $K3 = 0,50$ ;
- Coeficiente de retorno:  $C = 0,80$ .

### **2.3 - CONTRIBUIÇÃO “PER CAPITA”**

A contribuição “per capita” de esgoto sanitário considerada é a mesma já estabelecida no Plano Diretor de Esgotos de Piracicaba e no Plano de Saneamento Básico do município, ou seja, 200 l/hab.dia.

### **2.4 - DEMAIS PARÂMETROS, ÍNDICES E COEFICIENTES**

- Taxa de infiltração nos coletores: 0,10 a 0,20 l/s.km;
- Extensão de rede coletora, coletores-tronco, interceptores e emissários:
  - Ano 2010: 410 km;
  - Ano 1015: 430 km;
  - Ano 2020: 450 km;
  - Ano 2025: 458 km;
  - Ano 2030: 464 km;
  - Ano 2035: 469 km;
  - Ano 2040: 473 km.

## 2.5 - POPULAÇÃO ATENDIDA

A população a ser atendida pela estação de tratamento é a mesma estabelecida no Plano de Saneamento Básico de Piracicaba, desenvolvido em 2010.

A ETE Bela Vista receberá e tratará os esgotos provenientes das seguintes bacias: Piracicaba 2; Guamium; Corumbataí; Ondas; Ondas; Vale do Sol e Gran Park.

O quadro a seguir resume a população a ser atendida pela estação de tratamento ao longo do horizonte de projeto:

**Quadro 2.1 - População Atendida no Horizonte de Projeto**

Ano	População Atendida (hab)
2010	122.905
2015	130.956
2020	139.350
2025	146.945
2030	152.234
2035	156.287
2040	160.233

## 2.6 - VAZÕES E CARGAS ORGÂNICAS DE PROJETO

Em função dos dados e parâmetros apresentados, a ETE Bela Vista deverá atender ao perfil de vazões e cargas orgânicas apresentado no quadro a seguir:

**Quadro 2.2 - Vazões e Cargas Orgânicas de Projeto**

Ano	Contribuição Sanitária Domiciliar (l/s)				Vazão de Inf. (l/s)	Contribuição Sanitária Total (l/s)				Carga Orgânica (kg DBO <sub>5</sub> /dia)
	Mínima	Média	Máx. Diária	Máx. Horária		Mínima	Média	Máx. Diária	Máx. Horária	
2010	142,26	284,50	426,76	512,11	46,15	188,41	330,65	472,91	558,26	6.637
2015	151,57	303,14	454,72	545,64	49,21	200,78	352,35	503,93	594,85	7.072
2020	161,29	322,56	483,85	580,63	52,37	213,66	374,93	536,22	633,00	7.525
2025	170,07	340,16	510,23	612,28	55,24	225,31	395,40	565,47	667,52	7.935
2030	176,19	352,39	528,59	634,32	55,72	231,91	408,11	584,31	690,04	8.221
2035	180,88	361,78	542,66	651,19	56,26	237,14	418,04	598,92	707,45	8.439
2040	185,46	370,91	556,37	667,64	56,73	242,19	427,64	613,10	724,37	8.653

## 2.7 - PARÂMETROS DE PROJETO PARA O PROCESSO DE TRATAMENTO

- Taxa de aplicação na caixa de areia: 850 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia;
- Fator de carga no tanque de aeração (TA): 0,075 kg DBO/kg SS.dia;
- Concentração de sólidos em suspensão no TA: 6,0 kg/m<sup>3</sup>;
- Necessidade de oxigênio: 2,2 kg O<sub>2</sub>/kg DBO;
- OD de saturação para T=30°C e H=1000 m (Cos): 7,02 mg/l;
- Concentração de OD no tanque de aeração (Cta): 2,0 mg/l;
- Produção de excesso de lodo: 0,65 kg SS/ kg DBO;
- Teor de sólidos que entra no sistema de adensamento/desidratação de lodo: 0,60%;
- Teor de sólidos na saída do sistema de desidratação de lodo: 18,0 a 20,0 %;
- Consumo de polieletrólito: 4,0 a 8,0 kg/t de sólido seco;
- Concentração da solução de polieletrólito: 0,1 %.

## 2.8 - PERDA DE CARGA DISTRIBUÍDA EM CANAIS E CONDUTOS LIVRES

Para o cálculo de perda de carga em condutos livres e canais foi empregada a Fórmula de Chèzy:

$$Q = C \times S \times \sqrt{Rh \times I}$$

Onde:

Q = vazão de escoamento, em m<sup>3</sup>/s;

C = coeficiente de Chèzy;

S = área da seção transversal molhada do canal ou conduto, em m<sup>2</sup>;

Rh = raio hidráulico, em m;

I = declividade do canal, em m/m.

Sendo:

$$C = \frac{1}{n} \times Rh^{1/6} \text{ (Fórmula de Manning)}$$

Onde:

n = coeficiente de Ganguillet e Kutter.

Para o presente projeto adotou-se o valor de n igual a 0,015 (superfície de concreto com bom acabamento).

## 2.9 - PERDA DE CARGA DISTRIBUÍDA EM CONDUTOS FORÇADOS

Para o cálculo da perda de carga distribuída em condutos forçados foi utilizada a Fórmula Universal:

$$\Delta H_d = \frac{8 \times f \times L \times Q^2}{g \times \pi^2 \times D^5}$$

Onde:

L = extensão da tubulação, em m;

Q = vazão, em m<sup>3</sup>/s;

g = aceleração da gravidade, em m/s<sup>2</sup>;

D = diâmetro da tubulação, em m;

f = coeficiente de perda de carga (adimensional).

O valor de “f” é dado pela equação de Colebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \times \log \left( \frac{k}{3,7 \times D} + \frac{2,51}{\Re \times \sqrt{f}} \right)$$

Onde:

k = rugosidade uniforme equivalente, em m;

D = diâmetro da tubulação, em m;

ℜ = número de Reynolds (adimensional).

## 2.10 - PERDA DE CARGA LOCALIZADA EM CONDUTOS FORÇADOS

Para a perda de carga localizada empregou-se a seguinte equação:

$$\lambda = \frac{8 \times K \times Q^2}{g \times \pi^2 \times D^4}$$

Onde:

K = coeficiente de perda de carga da singularidade (adimensional);

Q = vazão, em m<sup>3</sup>/s;

g = aceleração da gravidade, em m/s<sup>2</sup>;

D = diâmetro da tubulação, em m.

### **3 - CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO**

### **3 - CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO**

#### **3.1 - INTRODUÇÃO**

A estação de tratamento de esgotos irá ocupar um terreno localizado na margem direita do Rio Piracicaba, junto à Rua Nº 44 do bairro Bela Vista, nas coordenadas aproximadas de 22°41'48" de latitude Sul e 47°42'44" de longitude Oeste. Cabe ressaltar que o local de implantação da futura estação encontra-se totalmente fora da área de preservação permanente (APP) do Rio Piracicaba.

O processo de tratamento a ser empregado é o de lodos ativados com aeração prolongada de fluxo contínuo, conforme o Plano de Saneamento Básico de Piracicaba, elaborado pela Proesplan Engenharia Ltda. em 2010.

#### **3.2 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO**

O sistema proposto terá capacidade para atender toda a população urbana das bacias de esgotamento supracitadas, ou seja, cerca de 165.000 habitantes no final de plano e contará com as seguintes unidades principais:

- Tratamento preliminar;
- Casa de sopradores;
- Tanques de aeração;
- Decantadores secundários;
- Estações elevatórias de recirculação e de descarte de excesso de lodo;
- Unidade de adensamento e desidratação mecanizada de lodo;
- Unidade de desinfecção;
- Emissário de efluente tratado;
- Sistema de água potável e de serviço;
- Casa de operação;
- Oficina e vestiários;
- Portaria;
- Subestação de energia.

##### **3.2.1 - Operação Básica do Sistema de Tratamento**

O processo de lodos ativados com aeração prolongada de fluxo contínuo não constitui um sistema de tratamento complexo, onde há a necessidade de rotinas e procedimentos especializados. Pelo contrário, o processo é relativamente simples e linear, podendo a operação ser resumida como se segue:

1. Ao chegar na ETE, o esgoto bruto entra na unidade de tratamento preliminar, passando por uma calha Parshall, cuja finalidade é medir a vazão afluente e por caixas de areia, onde é desarenado. O esgoto afluente ao tratamento preliminar é previamente gradeado da estação elevatória de esgoto bruto final (EEEF-2);
2. Nos tanques de aeração, onde ocorre a síntese biológica, a matéria orgânica presente no esgoto é digerida por microorganismos e incorporada à massa celular dos mesmos, que se agrupam formando os chamados flocos biológicos. Em seguida, o efluente com os flocos formados segue para os decantadores secundários;
3. Nos decantadores secundários, os flocos sedimentam e o líquido clarificado, coletado na parte superior por meio de vertedores, segue para uma unidade de desinfecção (tanque de contato e casa de cloração);
4. Na unidade de desinfecção, o efluente é clorado, sendo finalmente lançado no corpo receptor. A cloração tem por objetivo a eliminação de coliformes, pois o tratamento com lodos ativados é pouco eficiente na remoção desses microorganismos;
5. Os flocos sedimentados nos decantadores, por sua vez, constituem o chamado “lodo ativado”, sendo que parte deste retorna para os tanques de aeração, com o objetivo de equilibrar a relação alimento/microorganismos nos mesmos e, assim, aumentar a eficiência do processo. Esse retorno de lodo é feito através das elevatórias de recirculação. O restante de lodo (excesso de lodo) é descartado, seguindo para a unidade de adensamento e desidratação mecanizada com o auxílio das elevatórias de descarte de lodo;
6. Na unidade de adensamento, o lodo é espessado por ação mecânica para, em seguida, ser encaminhado à unidade de desidratação mecanizada com a ajuda da estação elevatória de lodo adensado. O líquido remanescente dos processos de adensamento e desidratação, também conhecido como filtrado, retorna para a entrada a EEEB Final. Estima-se que o lodo chegue aos adensadores com um teor de sólidos na faixa de 0,5% e saia com teor entre 2% e 4%;
7. O lodo adensado, conduzido à unidade de desidratação mecanizada, passa por “decanters” centrífugos que promovem a separação forçada de água presente no mesmo. O lodo “desidratado”, com teor de sólidos em torno de 18%, é então depositado em caçambas e transportado até a destinação final.

No desenho 177-HID-ETE-003, apresenta-se o fluxograma do processo de tratamento proposto.

### **3.2.2 - Caracterização das Unidades**

#### **3.2.2.1 - Tratamento Preliminar**

O tratamento preliminar será composto por duas estruturas distintas, a saber: calha Parshall e desarenadores.



A calha Parshall será responsável pela medição de vazão de esgoto afluente à ETE. Para isso, a calha contará com um medidor ultra-sônico de nível que enviará informações em tempo real para o centro de operação da ETE. A calha empregada terá uma garganta (W) de 3 pés (91,5 cm).

Os desarenadores serão compostos por duas caixas de areia gravitacionais de tanque quadrado, equipadas com removedores circulares de areia. Os desarenadores irão reter areia com até 0,2 mm de diâmetro e  $\rho = 2,65$ . Cada caixa de areia apresentará as seguintes dimensões básicas:

- Largura/comprimento: 6,10 m;
- Profundidade útil: 1,14 m.

Cabe ressaltar que o gradeamento do esgoto será feito previamente na estação elevatória de esgoto bruto final EEEF-2, antes de chegar ao tratamento preliminar.

### 3.2.2.2 - Casa dos Sopradores

A casa dos sopradores será composta por uma edificação de 10 m x 15 m que abrigará 4 conjuntos sopradores tipo “root” ou centrífugos (1 reserva) com capacidade nominal unitária de 12.500 Nm<sup>3</sup> ar/h e potência unitária de 400 cv.

### 3.2.2.3 - Tanques de Aeração

Os tanques de aeração terão formato retangular (relação 3:1) e empregarão sistema de aeração por ar difuso com difusores de fundo de bolha média. A seguir, apresentam-se as principais características dos tanques:

- Número de tanques: 3 un;
- Dimensões de cada tanque:
  - Largura útil: 26,00 m;
  - Comprimento útil: 78,00 m;
  - Profundidade útil: 6,00 m;
  - Volume útil: 12.168 m<sup>3</sup>;
  - Profundidade total: 6,50 m;
- Número de difusores por tanque: 1.728 un.

### 3.2.2.4 - Decantadores Secundários

Os decantadores secundários terão formato circular, com remoção mecanizada de lodo através de raspadores de fundo com acionamento periférico. Em linhas gerais essas unidades apresentarão as seguintes características:

- Número de decantadores: 3 un;
- Diâmetro útil: 35,00 m;
- Profundidade útil: 3,20 m;
- Volume útil de cada decantador: 3.078,76 m<sup>3</sup>.

### 3.2.2.5 - Estações Elevatórias de Recirculação e de Descarte de Excesso de Lodo

Na sua configuração final, a ETE contará com três estações elevatórias de recirculação e descarte, que recalcarão o lodo acumulado no fundo dos decantadores secundários para os tanques de aeração. Na concepção proposta, cada conjunto tanque de aeração/decantador/elevatória de recirculação poderá operar de forma independente dos demais.

Cada estação elevatória foi concebida de forma que o descarte e a recirculação operem de forma independente, embora todas as instalações hidromecânicas permaneçam em uma única edificação.

Em linhas gerais, cada estação elevatória apresentará as seguintes características:

- Unidade de descarte de excesso de lodo:
  - Tipo de bomba: centrífuga de eixo horizontal;
  - Número de bombas: 2 un (1+1 reserva);
  - Características de cada bomba:
    - Vazão: 10,00 l/s;
    - Altura manométrica: 3,41 m.c.a.;
- Unidade de recirculação para tanques de aeração:
  - Tipo de bomba: centrífuga de eixo horizontal;
  - Número de bombas: 2 un (1+1 reserva);
  - Características de cada bomba:
    - Vazão: 165,00 l/s;
    - Altura manométrica: 6,66 m.c.a..

Resumindo, a ETE terá capacidade total de 30 l/s para descarte de excesso de lodo e 495 l/s para a recirculação de lodo dos decantadores para os tanques de aeração.

### 3.2.2.6 - Unidade de Adensamento e Desidratação Mecanizada de Lodo

Esta unidade terá como função desidratar o excesso de lodo descartado no processo de tratamento antes do mesmo ser levado ao seu destino final (aterro sanitário). Na concepção proposta, o lodo deverá ser adensado mecanicamente antes do processo de desidratação propriamente dito.

Em linhas gerais, o processo de desidratação de lodo pode ser assim descrito:

1. O excesso de lodo descartado será conduzido a um tanque (tanque de lodo nº 1) cuja função será homogeneizar o material e equalizar as vazões;
2. O lodo armazenado no tanque nº 1 será recalcado para o adensador mecânico por meio de bomba helicoidal, onde o lodo descartado será espessado, atingindo um teor de sólidos da ordem de 6%;
3. O lodo adensado seguirá para um segundo tanque (tanque de lodo nº 2) cuja função será equalizar as vazões de alimentação do equipamento de desidratação (centrífuga). Deste tanque, o lodo será recalcado para a centrífuga por meio de bomba helicoidal, onde o mesmo será desaguado. Após o desaguamento, o lodo deverá formar uma torta com teor de sólidos variando entre 18% e 20%, já sendo possível dispô-lo em aterro sanitário;
4. Para auxiliar nos processos de adensamento e de desaguamento, o sistema de desidratação contará com unidades de preparo e dosagem de polieletrólito compostas por tanques e bombas helicoidais dosadoras, que aplicarão o produto nas entradas do adensador e da centrífuga. Estão previstas duas unidades de preparo e dosagem, uma para cada tipo de equipamento.

A seguir, apresentam-se as principais características da unidade de adensamento e desidratação:

- Adensador mecânico:
  - Número de equipamentos: 2 un;
  - Capacidade: 60,00 m³/h;
  - Tipo: adensador rotativo;
  - Teor de sólidos na entrada: 0,50 %;
  - Teor de sólidos na saída: 6,00%;
- Desaguadora de lodo:
  - Número de equipamentos: 2 un;
  - Capacidade: 11 m³/h;
  - Tipo de equipamento: “decanter” centrífugo;
  - Teor de sólidos na entrada: 4% a 6% %;
  - Teor de sólidos na saída (torta de lodo desidratado): 18% a 20%;
- Tanque de equalização/homogeneização de lodo nº 1 (para lodo descartado do decantador secundário):
  - Largura útil: 5,00 m;
  - Comprimento útil: 5,00 m;
  - Altura útil: 3,15 m;
- Tanque de equalização/homogeneização de lodo nº 2 (para armazenamento de lodo adensado):
  - Largura útil: 3,50 m;
  - Comprimento útil: 3,50 m;

- Altura útil: 2,35 m;
- Elevatória do tanque de lodo nº 1:
  - Tipo de bomba: bomba helicoidal;
  - Número de bombas: 4 un (2 + 2 reserva);
  - Vazão unitária: 60 m<sup>3</sup>/h;
- Elevatória do tanque de lodo nº 2:
  - Tipo de bomba: bomba helicoidal;
  - Número de bombas: 4 un (2 + 2 reserva);
  - Vazão unitária: 11 m<sup>3</sup>/h;
- Unidade dosadora de polieletrólito para adensador mecânico:
  - Tanques de preparo de polímero:
  - Número de tanques: 2 un;
  - Largura útil de 1 tanque: 1,80 m;
  - Comprimento útil de 1 tanque: 1,80 m;
  - Altura útil: 0,90 m;
  - Bombas dosadoras helicoidais:
    - Número de bombas: (2 + 2 reservas);
    - Vazão unitária: 4,00 m<sup>3</sup>/h;
- Unidade dosadora de polieletrólito para “decanter” centrífugo:
  - Tanques de preparo de polímero:
  - Número de tanques: 2 un;
  - Largura útil de 1 tanque: 1,80 m;
  - Comprimento útil de 1 tanque: 1,80 m;
  - Altura útil: 0,90 m;
  - Bombas dosadoras helicoidais:
    - Número de bombas: (2 + 2 reservas);
    - Vazão unitária: 4,00 m<sup>3</sup>/h.

A instalação ficará confinada em uma edificação pré-fabricada de 15,00 m de largura, 25,00 m de comprimento e 8,00 m de altura, com os adensadores e centrífugas instalados em um mezanino situado a 3,50 m do piso da edificação. O lodo desidratado será conduzido até caçambas estacionárias colocadas na entrada do prédio por meio de rosca transportadora colocada sob o mezanino.

### 3.2.2.7 - Unidade de Desinfecção

A unidade de desinfecção deverá ter capacidade atender uma vazão média de 427,64 l/s e máxima de 724,37 l/s dentro do horizonte de projeto estabelecido para a ETE Bela Vista. A concepção desta unidade segue a linha tradicional de instalações com cloro

gás, onde este é retirado dos cilindros e incorporado, por meio de cloradores e ejetores, a uma certa quantidade de água que, por sua vez, é conduzida à entrada de um tanque de contato. A água clorada é, então, misturada ao efluente ETE, que percorre uma série de chicanas antes de ser lançado no corpo receptor (Rio Piracicaba). O tempo mínimo de detenção do efluente no tanque de contato é de 30 minutos.

Em linhas gerais, a unidade será constituída pelas seguintes instalações:

- Sala de cilindros (unidade de cloração):
  - Armazenamento:
    - Tipo: cilindros de cloro gás;
    - Capacidade unitária: de 900 kg;
    - Número de cilindros: 6 cilindros;
    - Dados operacionais:
      - Pressão máxima de trabalho: 7 kgf/cm<sup>2</sup>;
      - Temperatura: ambiente.
- Sala de cloradores (unidade de cloração):
  - Tipo: clorador automático;
  - Capacidade de cada clorador: 10 kg Cl<sub>2</sub>/h;
  - Número de cloradores: 3 un.
- Estação elevatória de água para cloradores (EEAC):
  - Tipo de bomba: bombas submersíveis de poço úmido;
  - Número de bombas: 2 cj (1b+1r);
  - Vazão de cada conjunto: 3,60 l/s;
  - Altura manométrica: 4,62 mca;
  - Diâmetro da linha de recalque: 100 mm.
- Tanque de contato:
  - Largura útil: 15,00 m;
  - Comprimento útil: 35,00 m (32,00 m efetivo);
  - Altura útil: 3,00 m;
  - Altura total: 5,50 m;
  - Volume útil: 1.440 m<sup>3</sup>;
  - Largura útil das chicanas: 2,00 m;
  - Largura da passagem entre chicanas: 1,00 m;
  - Número total de chicanas: 16 chicanas;
  - Largura do vertedor de saída: 5,00 m.

Na saída do tanque de contato será construído um canal com medidor Parshall (W=3pés) para medição da vazão de saída da ETE.

### 3.2.2.8 - Emissário de Efluente Tratado

Será composto por uma tubulação com as seguintes características:

- Diâmetro: 1000 mm;
- Material:
  - Concreto armado, aplicação em esgotos sanitários (A-2): 218,05 m;
  - Ferro fundido: 5,00 m.

### 3.2.2.9 - Sistema de Água Potável e de Serviço

#### A) Estação de Tratamento de Água de Serviço

O projeto da ETE prevê a instalação de uma ETA para produção de água de serviço, aproveitando o efluente final tratado. A ETA será composta por uma instalação de filtração direta, com dosagem de cloro na saída e armazenamento em reservatório elevado (vide Reservatório de Água Potável e de Serviço).

A ETA terá capacidade para tratar 30 m<sup>3</sup>/h, com pressão de até 50 mca, sendo a captação feita no final do tanque de contato da unidade de desinfecção.

O sistema de filtração será do tipo ascendente ("Up Flow"), com diâmetro de 2,00 m e 4,00 m de altura<sup>2</sup>, preenchido de material granular com granulometria decrescente no sentido de fluxo de filtração:

- Camada Suporte composta de:
  - Camada de pedregulho com granulometria de 1/8" a 1/4" com altura de 200mm;
  - Camada de pedregulho com granulometria de 1/4" a 1/2" com altura de 200mm;
  - Camada de pedregulho com granulometria de 1/2" a 3/4" com altura de 200mm;
  - Camada de pedregulho com granulometria de 3/4" a 1" com altura de 200mm;
- Camada de Elementos Filtrantes composta de:
  - Camada de areia grossa com granulometria de 1,7 a 3,2 mm com altura de 300mm;
  - Camada de areia fina com granulometria de 0,7 a 1,7 mm com altura de 1200mm.

A captação será composta por dois conjuntos de recalque, instalados no tanque de contato, com as seguintes características:

- Tipo de bomba: submersível de poço úmido;
- Número de bombas: 2 cj (1+1reserva);
- Vazão unitária: 8,0 l/s;
- Hman: 47,45 mca;
- Diâmetro do barrilete: 100 mm;
- Diâmetro do recalque: 100 mm.

---

<sup>2</sup> As dimensões do filtro e características do enchimento podem variar conforme o fornecedor

Para a desinfecção adicional da água de serviço será empregado hipoclorito de sódio a 12% de concentração, armazenado em bombonas de 100 litros. A aplicação será feita por um conjunto de bombas dosadoras com capacidade unitária variando de 1 a 10 l/h e pressão de serviço até 50 mca.

## **B) Reservatório de Água Potável e de Serviço**

A estação de tratamento contará com um reservatório elevado para armazenamento de água utilizada nas diversas etapas do processo. Basicamente, deverá ser instalado um reservatório cilíndrico em concreto armado, composto por duas câmaras: uma superior, para reservação de água potável e outra inferior, para água de serviço. Em linhas gerais, o reservatório apresentará as seguintes dimensões:

- |  |                        |
|--|------------------------|
| - Diâmetro:                                | 4,00 m;                |
| - Altura total:                            | 33,00 m.               |
| - Volume de reservação de água potável:    | 37,70 m <sup>3</sup> ; |
| - Volume de reservação de água de serviço: | 50,27 m <sup>3</sup> . |

As redes de água de serviço e água potável serão compostas por tubulações independentes de PVC DEF<sup>o</sup>F<sup>o</sup> com 100 mm de diâmetro.

### **3.2.2.10 - Casa de Operação**

A casa de operação será constituída por uma edificação térrea com 10,60 m x 23,00 m, a qual abrigará as seguintes dependências:

- Recepção;
- Sala de operação;
- Sala de automação;
- Sala da gerência;
- Sala de reunião;
- Laboratório;
- Sala de microbiologia;
- Recepção do laboratório;
- Cozinha;
- Refeitório;
- Banheiros (masculino e feminino);
- Almoxarifados (laboratório e produtos de limpeza);
- Hall e área de maquete.

#### **3.2.2.11 - Oficina e Vestiários**

A oficina e os vestiários serão reunidos em edificação térrea de 8,20 m x 13,80 m a ser implantada junto à unidade de adensamento e desidratação de lodo.

#### **3.2.2.12 - Portaria**

A portaria será constituída por uma edificação térrea com 4,80 m x 5,20 m, a qual abrigará as seguintes dependências:

- Portaria propriamente dita;
- Sala de espera;
- Banheiro/Vestiário.

### **3.3 - ETAPAS DE IMPLANTAÇÃO E GRAU DE TRATAMENTO**

A ETE Bela Vista será implantada em etapa única.

Estima-se que o tratamento, em sua configuração final, tenha uma eficiência na remoção de carga orgânica ( $DBO_{5,20^{\circ}C}$ ) da ordem de 95%, podendo atingir 98%. Apesar do elevado grau de tratamento, o processo é pouco eficiente na remoção de coliformes. Por este motivo, foi prevista a instalação de uma unidade de desinfecção composta por instalação de cloração com cloro gás e tanque de contato. A dosagem deverá ser suficiente para a eliminação de coliformes, sem deixar residual de cloro, atendendo aos padrões de lançamento estabelecidos pela legislação ambiental.



**PROESPLAN**  
**Engenharia**

**ANEXOS**

**ANEXO I - MEMORIAL DE CÁLCULO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE  
ESGOTOS**

## **MEMORIAL DE CÁLCULO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS**

### **1 - Tratamento Preliminar de Esgotos**

#### **1.1 - Escolha da Calha Parshall**

Características da calha Parshall:

$$W = 3 \text{ polegadas}$$

$$k = 2.182$$

$$n = 1.566$$

$$Q_{\text{mín}} = 17.260 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{máx}} = 1426.300 \text{ l/s}$$

Sendo

$$Q_p = k \cdot H^n \quad (\text{vazão na calha Parshall} - H \text{ em m e } Q_p \text{ em m}^3/\text{s})$$

tem-se:

$$H = \left( \frac{Q_p}{k} \right)^{\frac{1}{n}}$$

Desta maneira, encontram-se os valores de  $H_{\text{mín}}$  e  $H_{\text{máx}}$  na calha Parshall:

$$H_{\text{mín}} := \left( \frac{Q_{\text{mín}_i}}{k \cdot 1000} \right)^{\frac{1}{n}}$$

$$Q_{\text{mín}_i} = 185.280 \text{ l/s} \quad (\text{vazão mínima de início de plano})$$

$$k = 2.182$$

$$n = 1.566$$

Portanto:

$$H_{\min} = 0.207$$

$$H_{\max} := \left( \frac{Q_{\max\_f}}{k \cdot 1000} \right)^{\frac{1}{n}}$$

$$Q_{\max\_f} = 724.370 \text{ l/s (vazão máxima de fim de plano)}$$

$$k = 2.182$$

$$n = 1.566$$

Portanto:

$$H_{\max} = 0.495 \text{ m}$$

### **1.2 - Cálculo do Rebaixo z**

Sendo:

$$\frac{Q_{\min\_i}}{Q_{\max\_f}} = \frac{H_{\min} - z}{H_{\max} - z}$$

tem-se:

$$z := \frac{Q_{\max\_f} \cdot H_{\min} - Q_{\min\_i} \cdot H_{\max}}{Q_{\max\_f} - Q_{\min\_i}}$$

$$z = 0.1082 \text{ m}$$

Adota-se:

$$z = 0.11 \text{ m}$$

### **1.3 - Cálculo da Caixa de Areia**

- Cálculo da área da caixa (A)

$$A := \frac{Q_{\max\_f} \cdot 86.4}{T_{\text{areia}}} \cdot \frac{1}{2} \quad \text{(área de 1 cx. de areia. O sistema contará com 2 caixas quadradas, com raspador circular, operando em paralelo)}$$

$$Q_{\text{máx\_f}} = 724.370 \text{ l/s (vazão afluyente na caixa de areia)}$$

$$T_{\text{areia}} = 850.000 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia (taxa de aplicação da caixa de areia)}$$

Portanto:

$$A = 36.815 \text{ m}^2$$

Serão duas caixas de areia quadradas de lado.

$$L := \sqrt{A}$$

$$L = 6.07 \text{ m (dimensão de um lado da caixa)}$$

Será adotada caixa de 6,10 m x 6,10 m (dimensão comercial), portanto a área projetada de cada caixa será:

$$A := 6.1 \cdot 6.1$$

$$A = 37.210 \text{ m}^2$$

- Taxa de escoamento superficial ( $T_{\text{es}}$ )

**Condição de operação normal (2 caixas em paralelo)**

$$T_{\text{es}} := \frac{Q_{\text{máx\_f}} \cdot 86.4}{A \cdot 2}$$

$$T_{\text{es}} = 841 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia} \quad (600 < T_{\text{es}} < 1300 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia} \quad \therefore \text{OK!})$$

**Condição de operação eventual (1 caixa de areia operando)**

$$T_{\text{es}} := \frac{Q_{\text{máx\_f}} \cdot 86.4}{A}$$

$$T_{\text{es}} = 1682 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia (condição transitória, de ocorrência eventual e breve.} \therefore \text{OK!)}$$

## 2 - Tanque de Aeração (TA)

### 2.1 - Determinação do Volume do Tanque de Aeração

- Carga orgânica afluyente ao tanque de aeração (DBO<sub>ta</sub>)

$$DBO_{ta} := DBO_f$$

$$DBO_{ta} = 8653.000 \text{ kg DBO/dia}$$

- Fator de Carga (f)

$$f = 0.075 \text{ kg DBO/kg SS.dia}$$

- Concentração de SS no tanque de aeração (X)

$$X_t = 3.200 \text{ kg/m}^3$$

- Volume do tanque de aeração (V<sub>ta</sub>)

Sabe-se que:

$$f = \frac{Q_{med} \cdot S_o}{V \cdot X_t} \quad \text{ou} \quad f = \frac{DBO_{ta}}{V_{ta} \cdot X_t}$$

Portanto:

$$V_{ta} := \frac{DBO_{ta}}{f \cdot X_t}$$

$$V_{ta} = 36054.167 \text{ m}^3 \text{ (volume total do tanque de aeração)}$$

### 2.2 - Sistema de Aeração

- Necessidade de oxigênio (NecO<sub>2</sub>)

$$NecO_2 = 2.200 \text{ kg O}_2/\text{kg DBO}$$

$$\text{DBOta} = 8653.000 \text{ kg DBO/dia}$$

$$\text{NechO}_2 := \frac{\text{NecO}_2 \cdot \text{DBOta}}{24} \quad (\text{necessidade de O}_2 \text{ por hora})$$

$$\text{NechO}_2 = 793.192 \text{ kg O}_2/\text{h}$$

- Sistema de aeração por ar difuso

Sendo:

$$\rho_{\text{ar}} = 1.200 \text{ kg/m}^3 \text{ ("peso específico do ar")}$$

$$\eta = 0.080 \text{ (rendimento do soprador)}$$

$$\text{Hu\_ardifuso} = 6.000 \text{ m (profundidade útil do tanque de aeração para ar difuso)}$$

$$\Delta H = 0.800 \text{ m.c.a. (perda de carga nas tubulações do sistema de ar difuso)}$$

tem-se:

$$\text{Qar} := \frac{\text{NechO}_2}{\rho_{\text{ar}} \cdot 0.232 \cdot \eta} \quad (\text{vazão de ar requerida})$$

$$\text{Qar} = 35613.850 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Hman} := \text{Hu\_ardifuso} + \Delta H \quad (\text{altura manométrica requerida})$$

$$\text{Hman} = 6.800 \text{ m.c.a.}$$

$$P := \frac{\text{Qar} \cdot \text{Hman} \cdot \rho_{\text{ar}} \cdot 9.81}{0.95 \cdot 1000 \cdot 3.6}$$

$$P = 833.589 \text{ kW (potência total consumida - média)}$$

ou

$P = 1134.135 \text{ cv}$  (potência total consumida - média)

Em condições de pico, admite-se um acréscimo de até 40% em relação a média, logo:

$Q_{ar\_max} := Q_{ar} \cdot 1.4$

$$P_{max} := \frac{Q_{ar\_max} \cdot H_{man} \cdot \rho_{ar} \cdot 9.81}{0.95 \cdot 1000 \cdot 3.6}$$

$Q_{ar\_max} = 49859.390 \text{ Nm}^3/\text{h}$

$P_{max} = 1167.025 \text{ kW}$  (potência total consumida - máxima)

ou

$P_{max} = 1587.789 \text{ cv}$  (potência total consumida - máxima)

### **2.3 - Dimensões dos Tanques de Aeração**

$H_{u\_ardifuso} = 6.000 \text{ m}$  (profundidade útil do tanque de aeração)

$N_{ta\_f} = 3$  (número de tanques de aeração no final de plano)

$V_{ta} = 36054.167 \text{ m}^3$  (volume total dos tanques de aeração)

$$A_{1ta} := \frac{V_{ta}}{H_{u\_ardifuso} \cdot N_{ta\_f}}$$

$A_{1ta} = 2003.009 \text{ m}^2$  (área de 1 tanque de aeração)

Adotando-se uma relação C/L de 3/1 tem-se:

$A_{1ta} = l_a \cdot 3l_a$

$$l_a := \sqrt{\frac{A_{1ta}}{3}}$$

$l_a = 25.84 \text{ m}$  (largura de 1 tanque de aeração)

adota-se:

$l_a = 26.00 \text{ m}$  (largura de 1 tanque de aeração)



$$ca := 3la$$

$$ca = 78.00 \text{ m (comprimento de 1 tanque de aeração)}$$

## **2.4 - Verificação da Densidade de Potência (dP)**

$$la = 26.00 \text{ m (largura de 1 tanque de aeração)}$$

$$ca = 78.00 \text{ m (comprimento de 1 tanque de aeração)}$$

$$Hu_{ardifuso} = 6.000 \text{ m (profundidade útil do tanque de aeração)}$$

$$dP := \frac{P \cdot 1000}{0.735 \cdot Nta\_f} \cdot \frac{1}{la \cdot ca \cdot Hu_{ardifuso}}$$

$$dP = 42.270 \text{ W/m}^3 \text{ (OK!)}$$

## **2.5 - Verificação da 1ª Etapa**

$$DBO\_int = 7495.00 \text{ kg DBO/dia (carga orgânica da 1ª Etapa)}$$

$$DBOta\_int := DBO\_int \text{ (carga orgânica afluyente ao TA)}$$

$$DBOta\_int = 7495.000 \text{ kg DBO/dia}$$

### **- Verificação de f**

$$Nta\_int = 3 \text{ tanques (número de tanques p/ atender a 1ª Etapa)}$$

$$la = 26.00 \text{ m (largura de 1 tanque de aeração)}$$

$$ca = 78.00 \text{ m (comprimento de 1 tanque de aeração)}$$

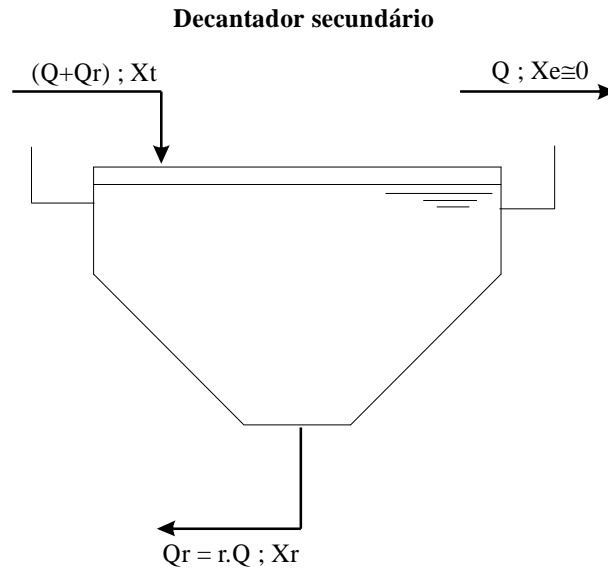
$$Hu_{ardifuso} = 6.00 \text{ m (profundidade útil de 1 tanque de aeração)}$$

$$Xt1 = 3.000 \text{ kg/m}^3 \text{ (concentração de SS no tanque de aeração)}$$

$$f := \frac{DBOta\_int}{Nta\_int \cdot la \cdot ca \cdot Hu_{ardifuso} \cdot Xt}$$

$$f = 0.06 \text{ kg DBO/kg SS.dia (OK!)}$$

### 3 - Retorno de Lodo



Sabe-se que:

$$Q \cdot (1 + r) \cdot X_t = X_r \cdot r \cdot Q$$

Logo:

$$r := \frac{X_t}{X_r - X_t}$$

$$X_t = 3.200 \text{ kg/m}^3 \text{ (concentração de SS no TA)}$$

$$X_r = 6.000 \text{ kg/m}^3 \text{ (concentração de SS que sai do decantador secundário)}$$

Portanto:

$$r = 1.143 \quad (\text{fator de recirculação})$$

A vazão de recirculação ( $Q_r$ ) será:

$$Q_r := r \cdot Q_{\text{méd}_f}$$

$$Q_r = 488.731 \text{ l/s}$$

Adota-se:

$$Q_r = 489.000 \text{ l/s}$$

#### 4 - Decantador Secundário

Sendo dados:

$G_a = 3.750 \text{ kg SS/m}^2\cdot\text{h}$  (taxa de aplicação de

$N_{ds\_f} = 3.000$  (número de decantadores secundários de final de plano)

$$A_{ds} := \frac{(Q_{méd\_f} + Q_r) \cdot 3.6 \cdot X_t}{G_a}$$

Tem-se:

$$A_{ds} = 2815.918 \text{ m}^2 \quad (\text{área total dos decantadores secundários})$$

O diâmetro de cada decantador secundário será:

$$\phi_{ds} := \sqrt{\frac{A_{ds} \cdot 4}{N_{ds\_f} \cdot \pi}}$$

$\phi_{ds} = 34.570 \text{ m}$  (diâmetro de 1 decantador secundário)

Adota-se:

$$\phi_{ds} = 35.000 \text{ m}$$

- Verificação da taxa de escoamento superficial resultante ( $q_{ds}$ )

$$q_{ds} := \frac{Q_{méd\_f} \cdot 86.4}{N_{ds\_f} \cdot \left( \frac{\phi_{ds}^2 \cdot \pi}{4} \right)}$$

$q_{ds} = 12.801 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{dia}$  ( para  $X_t = 3.200 \text{ kg/m}^3$ ,  $q_{ds} \leq 24 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{dia} \therefore$  OK!).

- Verificação da taxa de escoamento dos vertedores de saída ( $T_{ev}$ )

$$T_{ev} := \frac{Q_{méd\_f} \cdot 3.6}{N_{ds\_f} \cdot \phi_{ds} \cdot \pi}$$

$$T_{ev} = 4.667 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{h} \quad (T_{ev} \leq 12 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{h} \therefore \text{OK!})$$

- Verificação do tempo de detenção

Hu\_ds = 3.200 m (profundidade útil do decantador secundário)

$$Volds := Hu\_ds \cdot Nds\_f \cdot \left( \frac{\phi ds^2 \cdot \pi}{4} \right) \quad (\text{volume total dos dec. secundários})$$

$$Volds = 9236.282 \text{ m}^3$$

Logo:

$$tdméd := \frac{Volds}{Qméd\_f \cdot 3.6} \quad \text{onde} \quad Qméd\_f = 427.640 \text{ l/s}$$

$$tdméd = 6.0 \text{ hora(s)} \quad (tdméd > 1,5 \text{ horas} \therefore \text{OK!})$$

**Verificação para a 1ª Etapa**

- Verificação da taxa de escoamento superficial resultante (qds1)

$$qds1 := \frac{Qméd\_int \cdot 86.4}{Nds\_int \cdot \left( \frac{\phi ds^2 \cdot \pi}{4} \right)} \quad \begin{array}{l} Nds\_int = 3.000 \quad (\text{n}^\circ \text{ de DS na 1ª Etapa}) \\ Qméd\_int = 373.500 \text{ l/s (Qméd da 1ª Etapa)} \end{array}$$

$$qds1 = 11.180 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia} \quad (\text{para } Xt = 3.200 \text{ kg/m}^3, qds \leq 24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia} \setminus \text{OK!})$$

- Verificação da taxa de escoamento dos vertedores de saída (Tev1)

$$Tev1 := \frac{Qméd\_int \cdot 3.6}{Nds\_int \cdot \phi ds \cdot \pi}$$

$$Tev1 = 4.076 \text{ m}^3/\text{m.h} \quad (Tev \leq 12 \text{ m}^3/\text{m.h} \therefore \text{OK!})$$

- Verificação do tempo de detenção

Hu\_ds = 3.200 m (profundidade útil do decantador secundário)

$$Volds := Hu\_ds \cdot Nds\_int \cdot \left( \frac{\phi ds^2 \cdot \pi}{4} \right) \quad (\text{volume total dos dec. secundários})$$

$$Volds = 9236.282 \text{ m}^3$$

Logo:

$$tdméd := \frac{Volds}{Qméd\_int \cdot 3.6} \quad \text{onde}$$

$$tdméd = 6.9 \text{ hora(s)} \quad (tdméd > 1,5 \text{ horas} \therefore \text{OK!})$$

## 5 - Excesso de Lodo

$$\Delta X = 0.65 \text{ kg SS/kg DBO} \quad (\text{excesso de lodo})$$

$$\text{DBO}_{\text{ta}} = 8653.0 \text{ kg DBO/dia} \quad (\text{carga orgânica})$$

$$\Delta X_t := \Delta X \cdot \text{DBO}_{\text{ta}}$$

$$\Delta X_t = 5624.4 \text{ kg SS/dia} \quad (\text{excesso de lodo})$$

- Idade do lodo ( $\theta_c$ )

$$\text{Nta}_f = 3.000 \quad (\text{número de TA no final de plano})$$

$$l_a = 26.000 \text{ m} \quad (\text{largura de 1 TA})$$

$$c_a = 78.000 \text{ m} \quad (\text{comprimento de 1 TA})$$

$$\text{Hu}_{\text{ardifuso}} = 6.000 \text{ m} \quad (\text{profundidade útil de 1 TA})$$

$$\text{Vol}_d := \text{Nta}_f \cdot l_a \cdot c_a \cdot \text{Hu}_{\text{ardifuso}}$$

$$\text{Vol}_d = 36504.000 \text{ m}^3 \quad (\text{volume total dos tanques de aeração})$$

$$X_t = 3.200 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{concentração de lodo no TA})$$

Portanto:

$$\theta_c := \frac{\text{Vol}_d \cdot X_t}{\Delta X_t}$$

$$\theta_c = 20.769 \text{ dias} \quad (20 < \theta_c < 30 \text{ dias} \therefore \text{OK!})$$

## 6 - Adensador de Lodo

- Vazão de Lodo Afluyente ao Adensador ( $Q_1$ )

Sendo:

$$\Delta X_t = 5624.450 \text{ kg SS/dia}$$

$$\%SS_1 = 0.006 \text{ (teor de SS no lodo que chega ao adensador)}$$

$$\rho_1 = 1020.000 \text{ kg/m}^3 \text{ (massa específica do lodo que chega ao adensador)}$$

Tem-se que a vazão de lodo que chega nos adensadores ( $Q_1$ ) é:

$$Q_1 := \frac{\Delta X_t}{\%SS_1 \cdot \rho_1}$$

$$Q_1 = 919.028 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Admitindo um tempo de operação  $T_{ad} = 8.0$  horas/dia, a vazão afluyente aos adensadores será:

$$Q_{ad} := \frac{Q_1}{T_{ad}}$$

$$Q_{ad} = 114.878 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Vazão de Lodo Adensado ( $Q_2$ ) e Vazão de Recirculação ( $Q_r$ )

Sendo:

$$\Delta X_t = 5624.450 \text{ kg SS/dia}$$

$$\%SS_2 = 0.040 \text{ (teor de SS no lodo que sai do adensador)}$$

$$\rho_2 = 1030.000 \text{ kg/m}^3 \text{ (massa específica do lodo que sai dos adensadores)}$$

Tem-se que a vazão de lodo que sai dos adensadores ( $Q_2$ ) é:

$$Q_2 := \frac{\Delta X_t}{\%SS_2 \cdot \rho_2}$$

$$Q_2 = 136.516 \text{ m}^3/\text{dia}$$

A vazão de recirculação será:

$$Q_r := Q_1 - Q_2$$

$$Q_r = 782.512 \text{ m}^3/\text{dia}$$

## 7 - Sistema de Secagem de Lodo

### 7.1 - Centrífugas

$Q_2 = 136.516 \text{ m}^3/\text{dia}$  (vazão de lodo que alimenta as centrífugas)

$N_{\text{cent}} = 1.000$  (total de centrífugas operando no fim de plano)

$Q_{\text{cent}} = 11.000 \text{ m}^3/\text{h}$  (vazão de alimentação de 1 centrífuga)

$$\text{Operação} := \frac{Q_2}{Q_{\text{cent}} \cdot N_{\text{cent}}}$$

Operação = 12.411 horas/dia (tempo de operação da(s) centrífuga(s) por dia)

#### - Volume de lodo seco

Admitindo-se captura de sólidos da ordem de 10%, o volume de lodo seco será:

$$V_{\text{lodo seco}} := \frac{(1 - 0.1) \cdot \Delta X_t}{\%SSs \cdot \rho_s}$$

Onde:

$\%SSs = 0.200$  (teor de SS no lodo "seco")

$\rho_s = 1060.000 \text{ kg/m}^3$  (peso específico do lodo seco)

Logo:

$V_{\text{lodo seco}} = 23.877 \text{ m}^3/\text{dia}$

#### - Condicionamento do lodo para secagem

Para condicionamento do lodo será empregado polieletrólito, cujo consumo será:

- máximo: 8 kg de polieletrólito/1000 kg de SS

- médio: 6 kg de polieletrólito / 1000 kg de SS

Portanto, os consumos diários serão:

$$\text{médio} := \frac{\Delta X_t}{1000} \cdot 6 \quad \text{médio} = 33.747 \text{ kg/dia}$$

$$\text{máximo} := \frac{\Delta X_t}{1000} \cdot 8 \quad \text{máximo} = 44.996 \text{ kg/dia}$$

- Vazão de recirculação de filtrado ( $Q_r$ )

A vazão de filtrado, resultante da secagem do lodo ( $Q_r$ ) será:

$$Q_r := Q_2 - V_{\text{ldosec}}$$

$$Q_r = 112.638 \text{ m}^3/\text{dia}$$

- Aplicação do polieletrólito

O polieletrólito será dosado na entrada da centrífuga ou na linha de sucção ou de recalque de alimentação da centrífuga.

Considerando-se a solução de polieletrólito preparada a 0,1% e tempo de Operação = 12.411 horas , a vazão máxima da solução será:

$$Q_{\text{sol}} := \frac{\text{máximo}}{1000 \cdot 0.001 \cdot \text{Operação}} \quad Q_{\text{sol}} = 3.63 \text{ m}^3/\text{h}$$

Deverá ser empregada bomba de deslocamento positivo tipo nemo ou similar, acoplada a motor de rotação variável.

- Sistema de preparo de polieletrólito

O consumo médio esperado é de 6 kg de polieletrólito por 1000 kg de sólidos. Desta forma:

$$\text{Consumo} := \frac{\Delta X_t}{1000} \cdot 6 \quad \text{Consumo} = 33.75 \text{ kg de polieletrólito/dia}$$

$$V_{\text{sol}} := \frac{\text{Consumo}}{1000 \cdot 0.001}$$

$$V_{\text{sol}} = 33.75 \text{ m}^3/\text{dia} \text{ (volume diário de solução a 0,1\% - fim de plano)}$$

$$N_p = 6.00 \text{ vez(es)/dia} \text{ (preparo diário da solução de polieletrólito- fim de plano)}$$

$$N_{\text{poli}} = 2.00 \text{ (número de tanques - fim de plano)}$$

As dimensões de cada tanque são apresentadas a seguir:

$$\text{borda\_livre} = 0.20 \text{ m}$$



profundidade = 0.90 m

$$\text{lado} := \sqrt{\frac{V_{\text{sol}}}{\text{profundidade}} \cdot \frac{1}{N_p} \cdot \frac{1}{N_{\text{poli}}}}$$

lado = 1.77 m

adota-se

lado = 1.80 m

## 8 - Remoção de Coliformes

$Q_{\text{méd}_f} = 427.640 \text{ l/s}$  (vazão média da ETE)

$Q_{\text{rio}} := 18864 \text{ l/s}$  ( $Q_{7,10}$  do Rio Piracicaba)

$\text{Coliforme\_Fecal1} := 10^6 \text{ NMP/100 ml}$  (no esgoto bruto)

$\text{Coliforme\_Fecal2} := 10^5 \text{ NMP/100 ml}$  (no efluente tratado - saída do decantador)

Estimativa de Coliformes no Rio Piracicaba, admitindo-se que todos os efluentes lançados ao longo de seu curso serão tratados:

$\text{Pop\_atendida} := 1558786 \text{ hab}$  (população contribuinte na bacia)

$\text{Vazão\_sanitária} := \text{Pop\_atendida} \cdot 200 \cdot \frac{0.8}{86400}$

$\text{Vazão\_sanitária} = 2886.641 \text{ l/s}$  (média diária)

$Q_{\text{rio}} := 18846 \text{ l/s}$  ( $Q_{7,10}$  do Rio Piracicaba)

$\text{Fecal\_sanitária} := 10^5 \text{ NMP/100 ml}$  (no efluente tratado da região)

$\text{Fecal\_rio} := 250 \text{ NMP/100 ml}$  (no rio sem poluição)

$\text{Coliforme\_Fecal3} := \frac{\text{Fecal\_rio} \cdot Q_{\text{rio}} + \text{Fecal\_sanitária} \cdot \text{Vazão\_sanitária}}{\text{Vazão\_sanitária} + Q_{\text{rio}}}$

Coliforme\_Fecal3 = 13499 NMP/100 ml (no Rio Piracicaba após tratamento dos esgotos na bacia)

$$\text{Coliforme\_Fecal4} := \frac{\text{Coliforme\_Fecal2} \cdot Q_{\text{méd\_f}} + \text{Coliforme\_Fecal3} \cdot Q_{\text{rio}}}{Q_{\text{méd\_f}} + Q_{\text{rio}}}$$

Coliforme\_Fecal4 = 15419 NMP / 100 ml (médio, na mistura rio + efluente da ETE Ponte do Caixão)

Observa-se que, mesmo com tratamento em nível secundário, a carga remanescente de coliformes fecais extrapola os limites da legislação para curso-d'água Classe 2 (NMP/100 ml < 1000). Em tese, todas as estações de tratamento da bacia irão requerer desinfecção, inclusive a ETE Ponte do Caixão.

## 9 - DESINFECÇÃO

Para a desinfecção serão avaliadas duas opções: desinfecção com hipoclorito de sódio e desinfecção com cloro gás.

A dosagem de cloro deverá ficar na faixa de 5 a 10 mgCl<sub>2</sub>/l, dependendo da qualidade do efluente.

A capacidade de dosagem de cloro do sistema de desinfecção instalado será para atender até 10 mgCl<sub>2</sub>/l, para uma vazão máxima de Q<sub>máx\_f</sub> = 724.370 l/s, para 24 horas de operação da ETE. Para a opção com hipoclorito de sódio será empregada solução com concentração de 12% (ρ=1250 kg/m<sup>3</sup>)

$$\text{Dosagem\_med} := \frac{Q_{\text{méd\_f}} \cdot 3600 \cdot 7.5}{1000000} \quad \text{onde} \quad Q_{\text{méd\_f}} = 427.64 \text{ l/s}$$

$$\text{Dosagem\_máx} := \frac{Q_{\text{máx\_f}} \cdot 3600 \cdot 10}{1000000} \quad Q_{\text{máx\_f}} = 724.37 \text{ l/s}$$

$$\text{Dosagem\_med} = 11.5 \text{ kg Cl}_2/\text{h}$$

$$\text{Dosagem\_máx} = 26.1 \text{ kg Cl}_2/\text{h}$$

$$Q_{\text{d\_méd\_hipo}} := \frac{\text{Dosagem\_med}}{0.12 \cdot 1.25}$$

$$Q_{\text{d\_máx\_hipo}} := \frac{\text{Dosagem\_máx}}{0.12 \cdot 1.25}$$

$$Q_{\text{d\_méd\_hipo}} = 77.0 \text{ l/h}$$

$$Q_{\text{d\_máx\_hipo}} = 173.8 \text{ l/h}$$

No caso do hipoclorito devem ser empregadas duas bombas dosadoras com capacidade unitária de dosagem de 70 a 200 l/h.

No caso de cloro gás devem ser empregados 3 cloradores com capacidade unitária de 10 kg Cl<sub>2</sub>/h

Para a aplicação de cloro gás será necessária a sua dissolução em água para aplicação. Admitindo uma concentração de 0,20%, a vazão de bombeamento será

$$Qd\_méd\_gás := \frac{Dosagem\_med}{0.002 \cdot 1 \cdot 3600}$$

$$Qd\_méd\_gás = 1.6 \text{ l/s}$$

$$Qd\_máx\_gás := \frac{Dosagem\_máx}{0.002 \cdot 1 \cdot 3600}$$

$$Qd\_máx\_gás = 3.6 \text{ l/s}$$

Para o armazenamento de hipoclorito devem ser utilizados tanques de fibra de vidro, cuja capacidade é determinada a seguir:

$$Consumo := Qd\_méd\_hipo \cdot \frac{24}{1000}$$

$$Consumo = 1.8 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Recomenda-se que o volume de armazenado de hipoclorito seja suficiente para 15 dias de operação do sistema, logo:

$$Vol := Consumo \cdot 15$$

$$Vol = 27.71 \text{ m}^3 \text{ (volume requerido para o tanque de armazenamento)}$$

No caso de cloro gás devem ser empregados cilindros de 900 kg de Cl<sub>2</sub>, logo o número de cilindros necessários para 15 dias de operação será:

$$Cilindros := Dosagem\_med \cdot 24 \cdot \frac{15}{900}$$

$$Cilindros = 5.000$$

Independente do tipo de desinfecção empregado, será necessária a construção de um tanque de contato com tempo de detenção hidráulico mínimo de 30 minutos:

$$Volume := \frac{Q_{máx\_f} \cdot 30 \cdot 60}{1000} \text{ond} \quad Q_{máx\_f} = 724.37 \text{ l/s}$$

$$Volume = 1303.9 \text{ m}^3 \text{ (volume total do tanque de contato)}$$

Adotando profundidade útil de 3,0 m e relação comprimento:largura igual a 2:1, tem-se

$$\text{Área} = \frac{\text{Volume}}{2.00}$$

$$\text{Área} = \text{Comprimento} \cdot \text{Largura} = 2 \cdot \text{Largura} \cdot \text{Largura}$$

$$\text{Largura} := \sqrt{\frac{\text{Volume}}{3.00} \cdot \frac{1}{2}}$$

$$\text{Largura} = 14.74 \text{ m (largura útil de um tanque)}$$

Adota-se

$$\text{Largura} = 15.00 \text{ m (largura útil do tanque)}$$

$$\text{Comprimento} := 2 \cdot \text{Largura}$$

$$\text{Comprimento} = 30.00 \text{ m (comprimento útil mínimo do tanque)}$$

**ANEXO II - MEMORIAL DE CÁLCULO DAS TUBULAÇÕES DE  
INTERLIGAÇÃO**

## MEMORIAL DE CÁLCULO DAS TUBULAÇÕES DE INTERLIGAÇÃO

### 1 - Perda de Carga na Interligação Tratamento Preliminar - Tanques de Aeração (Perda 1)

#### 1.1 - Dados

$Q := 0.724 \text{ m}^3/\text{s}$  (vazão máxima que chega aos tanques de aeração)

$N_{ta} := 3$  (número de tanques de aeração)

$L1 := 79.45 \text{ m}$  (extensão da tubulação de interligação)

$D1 := 0.600 \text{ m}$  (diâmetro da tubulação de interligação)

#### 1.2 - Perda de Carga na Interligação

- Perda de Carga Localizada:

Singularidades:

- 1 entrada de tubulação:	$K = 1,00$
- 7 curvas de 90°:	$K = 2,80$
- 1 saída de tubulação:	$K = 1,00$
Total:	$K1 := 4.80$

$$Q_{1n} := \frac{Q}{N_{ta}} \quad Q_{1n} = 0.241 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (condição normal)}$$

$$Q_{1s} := \frac{Q}{N_{ta} - 1} \quad Q_{1s} = 0.362 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (condição com 1 tanque parado)}$$

$$\lambda_{1n} := \frac{8 \cdot K1 \cdot Q_{1n}^2}{\pi^2 \cdot D1^4 \cdot 9.81} \quad \lambda_{1n} = 0.178 \text{ m}$$

$$\lambda_{1s} := \frac{8 \cdot K1 \cdot Q_{1s}^2}{\pi^2 \cdot D1^4 \cdot 9.81} \quad \lambda_{1s} = 0.401 \text{ m}$$

- Perda de Carga Distribuída

$$R1n := \frac{4 \cdot Q1n}{\pi \cdot D1 \cdot 10^{-6}} \quad R1s := \frac{4 \cdot Q1s}{\pi \cdot D1 \cdot 10^{-6}}$$

$$f1n := \left( \frac{1}{-2 \cdot \log \left( \frac{5.62}{R1n^{0.9}} + \frac{0.0002}{3.71 \cdot D1} \right)} \right)^2 \quad f1s := \left( \frac{1}{-2 \cdot \log \left( \frac{5.62}{R1s^{0.9}} + \frac{0.0002}{3.71 \cdot D1} \right)} \right)^2$$

$$\Delta h1n := \frac{8 \cdot f1n \cdot L1 \cdot Q1n^2}{9.81 \cdot \pi^2 \cdot D1^5} \quad \Delta h1s := \frac{8 \cdot f1s \cdot L1 \cdot Q1s^2}{9.81 \cdot \pi^2 \cdot D1^5}$$

$$\Delta h1n = 0.081 \text{ m}$$

$$\Delta h1s = 0.179 \text{ m}$$

- Perda de Carga Total

$$\Delta H1n := \lambda 1n + \Delta h1n$$

$$\Delta H1n = 0.260 \text{ m (perda de carga em condição normal)}$$

$$\Delta H1s := \lambda 1s + \Delta h1s$$

$$\Delta H1s = 0.580 \text{ m (perda de carga com um tanque parado)}$$

## **2 - Perda de Carga na Interligação Tanque de Aeração - Decantador Secundário (Perda 2)**

### **2.1 - Dados**

$$Q := 0.724 \text{ m}^3/\text{s (vazão máxima que chega aos decantadores)}$$

$$Nds := 3 \text{ (número de decantadores)}$$

$$L2 := 47.00 \text{ m (extensão da tubulação de interligação)}$$

$$D2 := 0.600 \text{ m (diâmetro da tubulação de interligação)}$$

## 2.2 - Perda de Carga

- Perda de Carga Localizada:

Singularidades:

- 1 entrada de tubulação:	K	= 1,00
- 3 curvas de 45°:	K	= 0,60
- 2 curvas de 90°:	K	= 0,80
- 1 tê passagem direta:	K	= 0,60
- 1 registro de gaveta:	K	= 0,20
- 1 saída de tubulação:	K	= 1,00
Total:	K <sub>2</sub>	:= 4.20

$$Q_{2n} := \frac{Q}{N_{ds}} \quad Q_{2n} = 0.241 \text{ m}^3/\text{s (condição normal)}$$

$$Q_{2s} := \frac{Q}{N_{ds} - 1} \quad Q_{2s} = 0.362 \text{ m}^3/\text{s (condição com 1 tanque parado)}$$

$$\lambda_{2n} := \frac{8 \cdot K_2 \cdot Q_{2n}^2}{\pi^2 \cdot D_2^4 \cdot 9.81} \quad \lambda_{2n} = 0.156 \text{ m}$$

$$\lambda_{2s} := \frac{8 \cdot K_2 \cdot Q_{2s}^2}{\pi^2 \cdot D_2^4 \cdot 9.81} \quad \lambda_{2s} = 0.351 \text{ m}$$

- Perda de Carga Distribuída

$$R_{2n} := \frac{4 \cdot Q_{2n}}{\pi \cdot D_2 \cdot 10^{-6}} \quad R_{2s} := \frac{4 \cdot Q_{2s}}{\pi \cdot D_2 \cdot 10^{-6}}$$

$$f_{2n} := \left( \frac{1}{-2 \cdot \log \left( \frac{5.62}{R_{2n}^{0.9}} + \frac{0.0002}{3.71 \cdot D_2} \right)} \right)^2 \quad f_{2s} := \left( \frac{1}{-2 \cdot \log \left( \frac{5.62}{R_{2s}^{0.9}} + \frac{0.0002}{3.71 \cdot D_2} \right)} \right)^2$$

$$\Delta h_{2n} := \frac{8 \cdot f_{2n} \cdot L_2 \cdot Q_{2n}^2}{9.81 \cdot \pi^2 \cdot D_2^5} \quad \Delta h_{2s} := \frac{8 \cdot f_{2s} \cdot L_2 \cdot Q_{2s}^2}{9.81 \cdot \pi^2 \cdot D_2^5}$$

$$\Delta h_{2n} = 0.048 \text{ m}$$

$$\Delta h_{2s} = 0.106 \text{ m}$$



- Perda de Carga Total

$$\Delta H_{2n} := \lambda_{2n} + \Delta h_{2n}$$

$$\Delta H_{2n} = 0.204 \text{ m (perda de carga em condição normal)}$$

$$\Delta H_{2s} := \lambda_{2s} + \Delta h_{2s}$$

$$\Delta H_{2s} = 0.457 \text{ m (perda de carga com um tanque parado)}$$

### **3 - Perda de Carga na Interligação Decantador Secundário - PV (Perda 3)**

#### **3.1 - Dados**

$$Q := 0.724 \text{ m}^3/\text{s (vazão máxima que chega aos decantadores)}$$

$$N_{ds} := 3 \text{ (número de decantadores)}$$

$$L_3 := 5.80 \text{ m (extensão da tubulação de interligação)}$$

$$D_3 := 0.600 \text{ m (diâmetro da tubulação de interligação)}$$

#### **3.2 - Perda de Carga**

- Perda de Carga Localizada:

Singularidades:

$$\begin{array}{ll} \text{- 1 entrada de tubulação:} & K = 1,00 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \text{- 2 curvas de 90°:} & K = 0,80 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \text{- 1 saída de tubulação:} & K = 1,00 \end{array}$$

$$\text{Total:} \quad K_3 := 2.80$$

$$Q_{3n} := \frac{Q}{N_{ds}} \quad Q_{3n} = 0.241 \text{ m}^3/\text{s (condição normal)}$$

$$Q_{3s} := \frac{Q}{N_{ds} - 1} \quad Q_{3s} = 0.362 \text{ m}^3/\text{s (condição com 1 tanque parado)}$$

$$\lambda_{3n} := \frac{8 \cdot K_3 \cdot Q_{3n}^2}{\pi^2 \cdot D_3^4 \cdot 9.81} \quad \lambda_{3n} = 0.104 \text{ m}$$

$$\lambda_{3s} := \frac{8 \cdot K_3 \cdot Q_{3s}^2}{\pi^2 \cdot D_3^4 \cdot 9.81} \quad \lambda_{3s} = 0.234 \text{ m}$$

- Perda de Carga Distribuída

$$R_{3n} := \frac{4 \cdot Q_{3n}}{\pi \cdot D_3 \cdot 10^{-6}}$$

$$R_{3s} := \frac{4 \cdot Q_{3s}}{\pi \cdot D_3 \cdot 10^{-6}}$$

$$f_{3n} := \left( \frac{1}{-2 \cdot \log \left( \frac{5.62}{R_{3n}^{0.9}} + \frac{0.0002}{3.71 \cdot D_3} \right)} \right)^2$$

$$f_{3s} := \left( \frac{1}{-2 \cdot \log \left( \frac{5.62}{R_{3s}^{0.9}} + \frac{0.0002}{3.71 \cdot D_3} \right)} \right)^2$$

$$\Delta h_{3n} := \frac{8 \cdot f_{3n} \cdot L_3 \cdot Q_{3n}^2}{9.81 \cdot \pi^2 \cdot D_3^5}$$

$$\Delta h_{3s} := \frac{8 \cdot f_{3s} \cdot L_3 \cdot Q_{3s}^2}{9.81 \cdot \pi^2 \cdot D_3^5}$$

$$\Delta h_{3n} = 5.949 \times 10^{-3}$$

m

$$\Delta h_{3s} = 0.013$$

m

- Perda de Carga Total

$$\Delta H_{3n} := \lambda_{3n} + \Delta h_{3n}$$

$$\Delta H_{3n} = 0.110 \text{ m (perda de carga em condição normal)}$$

$$\Delta H_{3s} := \lambda_{3s} + \Delta h_{3s}$$

$$\Delta H_{3s} = 0.247 \text{ m (perda de carga com um tanque parado)}$$

## **6 - Níveis de Água nas Unidades**

### **6.1 - Caixa Distribuidora de Vazão**

$$CTF_{ta} := 476.00 \quad \text{m (cota de fundo do tanque de aeração)}$$

$$H_u := 6.000 \quad \text{m (altura útil do tanque de aeração)}$$

$$Chegada_{ta} := 0.000 \quad \text{m (desnível entre o eixo da tubulação de chegada e o NA do tanque de aeração)}$$

$$NA1n := CTF\_ta + Hu + Chegada\_ta + \Delta H1n$$

NA1n = 482.260 m (cota do NA na saída da caixa de distribuição - condição normal)

$$NA1s := CTF\_ta + Hu + Chegada\_ta + \Delta H1s$$

NA1s = 482.580 m (cota do NA na saída da caixa de distribuição - condição 1 TA parado)

$$Ct2 := NA1s + 0.25$$

Ct2 = 482.830 m (cota da crista do vertedor da caixa divisora)

$$Ct2 = 483.00 \quad \text{m (valor adotado)}$$

Q := 0.724 m<sup>3</sup>/s (vazão máxima que chega na caixa de distribuição)

Lvn := 4.50 m (largura total de vertedor - condição normal)

Lvs := 3.00 m (largura total de vertedor - condição 1 célula vertedora fechada)

$$Hvn := \left( \frac{Q}{1.71 \cdot Lvn} \right)^{\frac{2}{3}} \quad Hvs := \left( \frac{Q}{1.71 \cdot Lvs} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Hvn = 0.207 m (altura do NA sobre a crista do vertedor - condição normal)

Hvs = 0.271 m (altura do NA sobre a crista do vertedor - condição 1 célula vertedora fechada)

$$NA2n := Ct2 + Hvn$$

NA2n = 483.207 m (cota do NA na crista do vertedor - condição normal)

$$NA2s := Ct2 + Hvs$$

NA2s = 483.271 m (cota do NA na crista do vertedor - condição 1 célula vertedora fechada)

$$\Delta H_{pass} := \frac{2.3}{2.9.81} \cdot \left( \frac{Q}{0.30 \cdot 4.9} \right)^2 \quad \Delta H_{pass} = 0.028 \quad \text{m (perda de carga sob a cortina)}$$

$$NA3n := \Delta H_{pass} + NA2n$$

NA3n = 483.235 m (cota do NA na entrada da caixa distribuidora - condição normal)

$$NA3s := \Delta H_{pass} + NA2s$$

NA3s = 483.300 m (cota do NA na entrada da caixa distribuidora - condição 1 célula fechada)

$$\Delta H_{pass} := \frac{2.3}{2 \cdot 9.81} \cdot \left( \frac{Q \cdot 4}{1.00^2 \cdot \pi} \right)^2$$

$\Delta H_{pass}$  = 0.100 m (perda de carga na passagem TP - caixa distribuidora)

$$NA4n := \Delta H_{pass} + NA3n$$

NA4n = 483.335 m (cota do NA na saída do TP - condição normal)

$$NA4s := \Delta H_{pass} + NA3s$$

NA4s = 483.399 m (cota do NA na saída do TP - condição 1 célula vertedora fechada)

## 7 - Verificação da Interligação Tanque de Aeração - Decantador Secundário

$$Cargadisp := 480.7 - 477.50$$

Cargadisp = 3.200 m (carga disponível entre TA e DS)

$\Delta H_{2n}$  = 0.204 m (perda de carga em condição normal)

$\Delta H_{2s}$  = 0.457 m (perda de carga com um tanque parado)

Cargadisp >>  $\Delta H_{2n}$  e  $\Delta H_{2s}$  ∴ OK!

## 8 - Verificação da Interligação Decantador Secundário - PV

$$Cargadisp := 477.5 - 475.5$$

Cargadisp = 2.000 m (carga disponível entre TA e DS)

$\Delta H_{3n}$  = 0.110 m (perda de carga em condição normal)

$\Delta H_{3s}$  = 0.247 m (perda de carga com um tanque parado)

Cargadisp >>  $\Delta H_{3n}$  e  $\Delta H_{3s}$  ∴ OK!

PLANILHA DE CÁLCULO DE COLETOR							TÍTULO: REDE DE ESGOTAMENTO DA ETE LOCAL: ETE BELA VISTA EMPRESA: PROESPLAN ENGENHARIA LTDA										DATA: 05/2011	
Trecho	Extensão (m)	Taxa de Contribuicão Linear (l/s.km)	Vazão de Contribuicão do Trecho (l/s)	Vazão Montante (l/s)	Vazão Jusante (l/s)	Ø (mm)	Declividade (m/m)	Cota Terreno (m)	Cota Coletor (m)	Prof. Coletor (m)	Lâmina Líquida (Y/D)	Profundidade Singularidade Jusante (m)	Vi (m/s)	Tensão Trativa (Pa)	Veloc. Crítica (m/s)	Observações		
		Inicial - Final	Inicial - Final	Inicial - Final	Inicial - Final			Montante - Jusante	Montante - Jusante	Montante - Jusante	Inicial - Final		Vf (m/s)					
CX - 7 a PV - 10	51,30	0,00 0,00	0,00 0,00	1,00 1,00	1,00 1,00	150	0,0050	476,500 476,500	475,700 475,444	0,800 1,057	0,25 0,25	1,06	0,43 0,43	1,1	2,79	LANÇAMENTO Qi = 1,00 l/s Qf = 1,00 l/s		
PV - 10 a PV - 11	25,20	0,00 0,00	0,00 0,00	6,00 6,00	6,00 6,00	150	0,0050	476,500 476,500	475,444 475,318	1,057 1,183	0,53 0,53	1,18	0,63 0,63	2,0	3,71	LANÇAMENTO Qi = 5,00 l/s Qf = 5,00 l/s		
PV - 11 a PV - 12	57,90	0,00 0,00	0,00 0,00	6,00 6,00	6,00 6,00	150	0,0050	476,500 476,500	475,318 475,028	1,183 1,472	0,53 0,53	1,57	0,63 0,63	2,0	3,71			
PV - 12 a PV - 17	48,45	0,00 0,00	0,00 0,00	40,00 40,00	40,00 40,00	250	0,0100	476,500 476,500	474,928 474,444	1,572 2,057	0,60 0,60	0,00	1,30 1,30	7,0	4,96	LANÇAMENTO Qi = 34,00 l/s Qf = 34,00 l/s		
PV - 13 a PV - 14	42,60	0,00 0,00	0,00 0,00	10,00 10,00	10,00 10,00	250	0,0050	476,500 476,500	475,000 474,787	1,500 1,713	0,34 0,34	1,71	0,71 0,71	2,3	4,07	LANÇAMENTO Qi = 10,00 l/s Qf = 10,00 l/s		
PV - 14 a PV - 15	42,60	0,00 0,00	0,00 0,00	10,00 10,00	10,00 10,00	250	0,0050	476,500 476,500	474,787 474,574	1,713 1,926	0,34 0,34	1,93	0,71 0,71	2,3	4,07			
PV - 15 a PV - 16	26,80	0,00 0,00	0,00 0,00	10,00 10,00	10,00 10,00	250	0,0050	476,500 476,500	474,574 474,440	1,926 2,060	0,34 0,34	2,06	0,71 0,71	2,3	4,07			
PV - 16 a PV - 17	7,15	0,00 0,00	0,00 0,00	10,00 10,00	10,00 10,00	250	0,0050	476,500 476,500	474,440 474,404	2,060 2,096	0,34 0,34	2,10	0,71 0,71	2,3	4,07			
PV - 17 a PV - 23	37,10	0,00 0,00	0,00 0,00	50,00 50,00	50,00 50,00	250	0,0100	476,500 476,500	474,404 474,033	2,096 2,467	0,71 0,71	0,00	1,36 1,36	7,4	5,12			
PV - 18 a PV - 19	35,10	0,00 0,00	0,00 0,00	5,00 5,00	5,00 5,00	150	0,0055	476,500 476,500	475,000 474,807	1,500 1,693	0,46 0,46	1,69	0,62 0,62	2,0	3,55	LANÇAMENTO Qi = 5,00 l/s Qf = 5,00 l/s		

PLANILHA DE CÁLCULO DE COLETOR							TÍTULO: REDE DE ESGOTAMENTO DA ETE LOCAL: ETE BELA VISTA EMPRESA: PROESPLAN ENGENHARIA LTDA										DATA: 05/2011	
Trecho	Extensão (m)	Taxa de Contribuiçã Linear (l/s.km)	Vazão de Contribuiçã do Trecho (l/s)	Vazão Montante (l/s)	Vazão Jusante (l/s)	Ø (mm)	Declividade (m/m)	Cota Terreno (m)	Cota Coletor (m)	Prof. Coletor (m)	Lâmina Líquida (Y/D)	Profundidade Singularidade Jusante (m)	Vi (m/s)	Tensão Trativa (Pa)	Veloc. Crítica (m/s)	Observações		
		Inicial - Final	Inicial - Final	Inicial - Final	Inicial - Final			Montante - Jusante	Montante - Jusante	Montante - Jusante	Inicial - Final		Vf (m/s)					
PV - 19 a	17,40	0,00	0,00	5,00	5,00	150	0,0055	476,500	474,807	1,693	0,46	1,79	0,62	2,0	3,55			
PV - 20		0,00	0,00	5,00	5,00			476,500	474,711	1,789	0,46		0,62					
PV - 20 a	55,00	0,00	0,00	10,00	10,00	150	0,0055	476,500	474,711	1,789	0,73	2,09	0,72	2,5	3,99	LANÇAMENTO Qi = 5,00 l/s Qf = 5,00 l/s		
PV - 21 a	20,00	0,00	0,00	10,00	10,00	150	0,0055	476,500	474,409	2,091	0,73	2,20	0,72	2,5	3,99			
PV - 22 a	12,30	0,00	0,00	10,00	10,00	150	0,0055	476,500	474,299	2,201	0,73	2,47	0,72	2,5	3,99			
PV - 23 a	29,00	0,00	0,00	60,00	60,00	250	0,0184	476,500	474,033	2,467	0,65	2,50	1,80	13,2	5,04			
PV - 24 a	78,20	0,00	0,00	60,00	60,00	250	0,0486	476,000	473,500	2,500	0,47	1,50	2,60	29,2	4,61			
PV - 25 a	70,25	0,00	0,00	60,00	60,00	250	0,0883	471,200	469,700	1,500	0,40	2,06	3,24	47,2	4,35			
PV - 26 a	24,50	0,00	0,00	60,00	60,00	250	0,0204	465,000	463,500	1,500	0,62	2,10	1,88	14,4	5,00			
PV - Int		0,00	0,00	60,00	60,00			465,000	463,000	2,000	0,62		1,88					

PLANILHA DE CÁLCULO DE COLETOR							TÍTULO: LINHA DE EFLUENTE TRATADO LOCAL: ETE BELA VISTA EMPRESA: PROESPLAN ENGENHARIA LTDA									DATA: 05/2011
Trecho	Extensão (m)	Taxa de Contribuição Linear (l/s.km)	Vazão de Contribuição do Trecho (l/s)	Vazão Montante (l/s)	Vazão Jusante (l/s)	Ø (mm)	Declividade (m/m)	Cota Terreno (m)	Cota Coletor (m)	Prof. Coletor (m)	Lâmina Líquida (Y/D)	Profundidade Singulardade Jusante (m)	Vi (m/s)	Tensão Trativa (Pa)	Veloc. Crítica (m/s)	Observações
		Inicial - Final	Inicial - Final	Inicial - Final	Inicial - Final			Montante - Jusante	Montante - Jusante	Montante - Jusante	Inicial - Final		Vf (m/s)			
PV - 1	42,60	0,00	0,00	463,24	463,24	1000	0,0030	476,500	474,500	2,000	0,41	2,13	1,52	6,5	9,47	LANÇAMENTO Qi = 463,24 l/s Qf = 687,16 l/s
a																
PV - 2	42,60	0,00	0,00	687,16	687,16	1000	0,0030	476,500	474,373	2,127	0,51	2,25	1,69	6,5	9,47	
a																
PV - 3	20,00	0,00	0,00	463,24	463,24	1000	0,0030	476,500	474,246	2,254	0,51	2,31	1,52	6,5	9,47	
a																
PV - 4	24,00	0,00	0,00	687,16	687,16	1000	0,0030	476,500	474,186	2,314	0,51	2,39	1,69	6,5	9,47	
a																
PV - 5	4,75	0,00	0,00	463,24	463,24	1000	0,0030	476,500	474,114	2,386	0,41	4,30	1,52	6,5	9,47	
a																
TC	3,65	0,00	0,00	687,16	687,16	1000	0,0030	476,500	474,100	2,400	0,51	4,31	1,69	6,5	9,47	
a																
PV - 6	34,40	0,00	0,00	463,24	463,24	1000	0,0030	476,500	472,200	4,300	0,41	4,41	1,52	6,5	9,47	
a																
PV - 7	100,00	0,00	0,00	687,16	687,16	1000	0,0030	476,500	472,189	4,311	0,51	1,50	1,69	36,9	7,56	
a																
PV - 8	80,00	0,00	0,00	463,24	463,24	1000	0,0269	476,500	472,086	4,414	0,23	1,50	3,36	112,6	6,51	
a																
PV - 9	5,00	0,00	0,00	687,16	687,16	1000	0,1113	470,900	469,400	1,500	0,28	0,00	3,74	304,1	5,66	
a																
Lançamento		0,00	0,00	463,24	463,24	1000	0,4000	462,000	460,500	1,500	0,12		5,57			
								462,000	460,500	1,500	0,12		6,25			
								460,000	458,500	1,500	0,15		8,73			
													9,82			

**ANEXO III - MEMORIAL DE CÁLCULO DA ELEVATÓRIA DE  
RECIRCULAÇÃO DE LODO**



## 1 - MEMORIAL DE CÁLCULO DA ELEVATÓRIA DE RECIRCULAÇÃO DE LODO

### 1.1 - Dados de Projeto:

- Vazão média de início de plano:

$$Q_i = 165.00 \text{ l/s}$$

- Vazão máxima horária de final de plano:

$$Q_f = 165.00 \text{ l/s}$$

- Desnível geométrico ( $\Delta H_g$ ):

$$\text{Cota da chegada do recalque: } C_t = 472.700 \text{ m}$$

$$\text{Cota do NAmín no poço de sucção: } N_{Amín} = 468.000 \text{ m}$$

$$\text{Cota do NAmáx no poço de sucção: } N_{Amáx} = 468.000 \text{ m}$$

$$\Delta H_{gmín} := C_t - N_{Amáx}$$

$$\Delta H_{gmín} = 4.700 \text{ m}$$

$$\Delta H_{gmáx} := C_t - N_{Amín}$$

$$\Delta H_{gmáx} = 4.700 \text{ m}$$

- Extensão das tubulações

$$\text{Sucção: } L_s = 27.50 \text{ m}$$

$$\text{Barrilete1: } L_{b1} = 2.40 \text{ m}$$

$$\text{Linha de recalque: } L_r = 122.80 \text{ m}$$

- Número de conjuntos de recalque operando simultaneamente:

$$N_{bombas} = 1 \text{ cj } (1b + 1r)$$

## 1.2 - Determinação dos Diâmetros da Linha de Recalque e do Barrilete

$$\begin{aligned}
 Q &:= Q_f & Q &= 165.00 \text{ l/s} \\
 \phi_s = 400 \text{ mm} &\Rightarrow V_s := \frac{\frac{Q}{N_{\text{bombas}}} \cdot 4}{\pi \cdot \left(\frac{\phi_s}{1000}\right)^2 \cdot 1000} \Rightarrow V_s = 1.313 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
 &&& 0,60 < V_s < 1,60 \therefore \text{OK!} \\
 \phi_b = 400 \text{ m} &\Rightarrow V_b := \frac{\frac{Q}{N_{\text{bombas}}} \cdot 4}{\pi \cdot \left(\frac{\phi_b}{1000}\right)^2 \cdot 1000} \Rightarrow V_b = 1.313 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
 \text{m} &&& 0,60 < V_b < 3,00 \therefore \text{OK!} \\
 \phi_r = 400 \text{ mm} &\Rightarrow V_r := \frac{Q \cdot 4}{\pi \cdot \left(\frac{\phi_r}{1000}\right)^2 \cdot 1000} \Rightarrow V_r = 1.313 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
 &&& 0,60 < V_r < 3,00 \therefore \text{OK!}
 \end{aligned}$$

## 1.3 - Seleção do Conjunto Motor-Bomba

### 1.3.1 - Curva Característica do Sistema

#### 1.3.1.1 - Cálculo das Perdas de Carga ( $\Delta H_l$ )

As perdas de carga serão calculadas pela Fórmula Universal onde:

$k = 0.0002 \text{ m}$  (rugosidade uniforme equivalente para tubos de ferro fundido com revestimento interno de argamassa de cimento e areia)

#### - Perdas de Carga Localizadas ( $\lambda_l$ )

##### - Na Sucção ( $\lambda_s$ )

Entrada de tubulação:	Tê Saída Unilateral:	Válvula Gaveta:	Redução Excêntrica :
$n_1 = 1$	$n_2 = 1$	$n_3 = 1$	$n_4 = 1$
$j_1 := 1.00$	$j_2 := 0.90$	$j_3 := 0.20$	$j_4 := 0.15 \cdot \left(\frac{\phi_s}{\phi_{\text{entrada\_da\_bomba}}}\right)^4$
$K_1 := n_1 \cdot j_1$	$K_2 := n_2 \cdot j_2$	$K_3 := n_3 \cdot j_3$	$K_4 := n_4 \cdot j_4$
$K_1 = 1$	$K_2 = 0.9$	$K_3 = 0.2$	$K_4 = 0.983$

Curva 90°:      Curva 45°:      Junção Saída  
Unilateral:

$n_5 = 1$	$n_6 = 1$	$n_7 = 1$
$j_5 := 0.40$	$j_6 := 0.20$	$j_7 := 0.40$
$K_5 := n_5 \cdot j_5$	$K_6 := n_6 \cdot j_6$	$K_7 := n_7 \cdot j_7$
$K_5 = 0.4$	$K_6 = 0.2$	$K_7 = 0.4$

Desta maneira, tem-se:

$$K_s := \sum_{i=1}^7 K_i \quad K_s = 4.083$$

$$\lambda_s(Q) := \frac{K_s \cdot \left[ \frac{\frac{Q}{\text{Nbombas}}}{1000} \cdot \frac{4}{\pi \cdot \left( \frac{\phi_s}{1000} \right)^2} \right]^2}{2 \cdot 9.81}$$

- No Barrilete 1 ( $\lambda b1$ )

Ampliação Concêntrica:

$$\phi_{\text{saída\_da\_bomba}} = 250$$

$$\begin{aligned} n_8 &= 1 \\ j_8 &:= 0.30 \cdot \left( \frac{\phi_b}{\phi_{\text{saída\_da\_bomba}}} \right)^4 \\ K_8 &:= n_8 \cdot j_8 \\ K_8 &= 1.966 \end{aligned}$$

Válvula Gaveta:

$$\begin{aligned} n_{11} &= 1 \\ j_{11} &:= 0.20 \\ K_{11} &:= n_{11} \cdot j_{11} \\ K_{11} &= 0.2 \end{aligned}$$

Válvula de  
Retenção:

$$\begin{aligned} n_9 &= 1 \\ j_9 &:= 2.5 \\ K_9 &:= n_9 \cdot j_9 \\ K_9 &= 2.5 \end{aligned}$$

Tê Saída  
Unilateral

$$\begin{aligned} n_{10} &= 1 \\ j_{10} &:= 0.90 \\ K_{10} &:= n_{10} \cdot j_{10} \\ K_{10} &= 0.9 \end{aligned}$$

Tê Passagem Direta:

$$\begin{aligned} n_{12} &= 1 \\ j_{12} &:= 0.60 \\ K_{12} &:= n_{12} \cdot j_{12} \\ K_{12} &= 0.6 \end{aligned}$$

Desta maneira, tem-se:

$$K_{b1} := \sum_{i=8}^{12} K_i \quad K_{b1} = 6.166$$

$$\lambda_{b1}(Q) := \frac{K_{b1} \cdot \left[ \frac{\frac{Q}{N_{bombas}}}{1000} \cdot \frac{4}{\pi \cdot \left( \frac{\phi_b}{1000} \right)^2} \right]^2}{2 \cdot 9.81}$$

- Na Linha de Recalque ( $\lambda_r$ )

Curva 90°:

$$\begin{aligned} n_{13} &= 5 \\ j_{13} &:= 0.20 \\ K_{13} &:= n_{13} \cdot j_{13} \\ K_{13} &= 1 \end{aligned}$$

Curva 45°:

$$\begin{aligned} n_{14} &= 1 \\ j_{14} &:= 0.10 \\ K_{14} &:= n_{14} \cdot j_{14} \\ K_{14} &= 0.1 \end{aligned}$$

Saída de tubulação:

$$\begin{aligned} n_{15} &= 1 \\ j_{15} &:= 1.00 \\ K_{15} &:= n_{15} \cdot j_{15} \\ K_{15} &= 1 \end{aligned}$$

Desta maneira, tem-se:

$$K_r := \sum_{i=13}^{15} K_i \quad K_r = 2.1$$

$$\lambda_r(Q) := \frac{K_r \cdot \left[ \frac{\frac{Q}{1000}}{\pi \cdot \left( \frac{\phi_r}{1000} \right)^2} \right]^2}{2 \cdot 9.81}$$

Portanto, a perda de carga localizada total é dada por:

$$\lambda_t(Q) := \lambda_s(Q) + \lambda_{b1}(Q) + \lambda_r(Q)$$

- Perdas de Carga Distribuídas ( $\Delta h_t$ )

- Perdas de Carga Distribuídas na Sucção ( $\Delta h_s$ )

$$\Delta h_s(Q) := \frac{8 \cdot f_s(Q) \cdot L_s \cdot \left( \frac{Q}{\frac{Nbombas}{1000}} \right)^2}{9.81 \cdot \pi^2 \cdot \left( \frac{\phi_s}{1000} \right)^5}$$

onde:

$$f_s = \frac{64}{R_s} \quad (R < 2000)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_s}} = -2 \cdot \log \left( \frac{k}{3.7 \cdot \phi_s} + \frac{2.51}{R_s \cdot \sqrt{f_s}} \right) \quad (R > 5 \times 10^3)$$

- Perdas de Carga Distribuídas no Barrilete ( $\Delta h_b$ )

$$\Delta h_b(Q) := \frac{8 \cdot f_b(Q) \cdot L_b \cdot \left( \frac{Q}{\frac{Nbombas}{1000}} \right)^2}{9.81 \cdot \pi^2 \cdot \left( \frac{\phi_b}{1000} \right)^5}$$

onde:

$$f_b = \frac{64}{R_b} \quad (R < 2000)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_b}} = -2 \cdot \log \left( \frac{k}{3.7 \cdot \phi_b} + \frac{2.51}{R_b \cdot \sqrt{f_b}} \right) \quad (R > 5 \times 10^3)$$

- Perdas de Carga Distribuídas no Recalque ( $\Delta h_r$ )

$$\Delta h_r(Q) := \frac{8 \cdot f_r(Q) \cdot L_r \cdot \left( \frac{Q}{1000} \right)^2}{9.81 \cdot \pi^2 \cdot \left( \frac{\phi_r}{1000} \right)^5}$$

onde:

$$f_r = \frac{64}{R_r} \quad (R < 2000)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_r}} = -2 \cdot \log \left( \frac{k}{3.7 \cdot \phi} + \frac{2.51}{R_r \cdot \sqrt{f_r}} \right) \quad (R > 5 \times 10^3)$$

A perda de carga distribuída total é dada por:

$$\Delta h_t(Q) := \Delta h_b(Q) + \Delta h_r(Q) + \Delta h_s(Q)$$

A perda de carga total é expressa por:

$$\Delta H_t(Q) := \Delta h_t(Q) + \lambda_t(Q)$$

Logo as curvas do sistema serão:

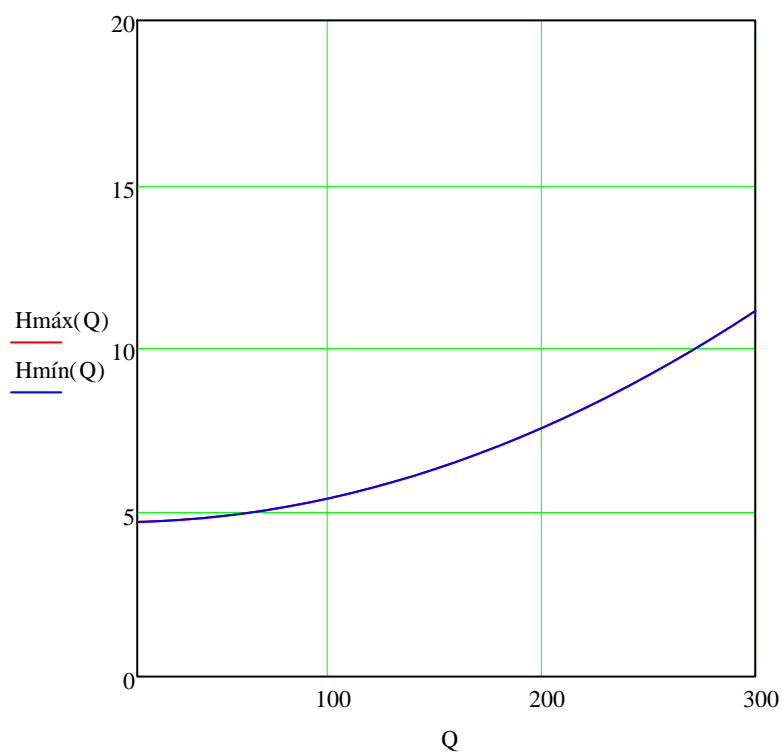
$$H_{\max}(Q) := \Delta H_{g\max} + \Delta H_t(Q) \cdot 1.17$$

$$H_{\min}(Q) := \Delta H_{g\min} + \Delta H_t(Q) \cdot 1.17$$

$$Q := 10, 20 \dots 300$$

Q =      H<sub>máx</sub>(Q)    H<sub>mín</sub>(Q) =

10	4.71	4.71
20	4.73	4.73
30	4.77	4.77
40	4.82	4.82
50	4.89	4.89
60	4.97	4.97
70	5.06	5.06
80	5.17	5.17
90	5.29	5.29
100	5.43	5.43
110	5.58	5.58
120	5.75	5.75
130	5.92	5.92
140	6.12	6.12
150	6.33	6.33
160	6.55	6.55
170	6.78	6.78
180	7.03	7.03
190	7.30	7.30
200	7.58	7.58
210	7.87	7.87
220	8.18	8.18
230	8.50	8.50
240	8.83	8.83
250	9.18	9.18
260	9.55	9.55
270	9.92	9.92
...	...	...



### 1.3.2 - Pontos Operacionais do Conjunto Motor-Bomba

Os conjuntos motor-bomba deverão operar dentro dos seguintes pontos operacionais:

$Q1 = 165.00 \text{ l/s}$	(conjuntos em paralelo)	$Q2 = 181.50 \text{ l/s}$
$H_{\text{máx}}(Q1) = 6.66 \text{ m.c.a}$		$H_{\text{mín}}(Q2) = 7.07 \text{ m.c.a}$
$\eta_1 = 0.7$		$\eta_2 = 0.70$
$P1 := \frac{Q1 \cdot H_{\text{máx}}(Q1) \cdot \gamma}{\eta_1 \cdot 1 \cdot 10^6}$		$P2 := \frac{Q2 \cdot H_{\text{mín}}(Q2) \cdot \gamma}{\eta_2 \cdot 1 \cdot 10^6}$
$P1 = 15.71 \text{ kW}$	(conjuntos em paralelo)	$P2 = 18.34 \text{ kW}$

### 1.3.2 - Cálculo do NPSH Disponível

$$\Sigma \Delta H_s := \lambda_s(Q_{\text{oper}}) + \Delta h_s(Q_{\text{oper}}) \quad (\text{perda de carga na sucção})$$

$$\Sigma \Delta H_s = 0.56 \text{ m.c.a.}$$

$$H_{g\_s} = 0.50 \text{ m.c.a.} \quad (\text{desnível entre o NA do poço de sucção e o eixo da bomba})$$

$$P_{\text{atm}} = 9.50 \text{ m.c.a.} \quad (\text{pressão atmosférica na área da captação})$$

$$P_{\text{vapor}} = 0.323 \text{ m.c.a.} \quad (\text{pressão de vapor para } 25^\circ\text{C})$$

$$\text{NPSH}_{\text{disp}} := H_{g\_s} + P_{\text{atm}} - P_{\text{vapor}} - \Sigma \Delta H_s$$

$\text{NPSH}_{\text{disp}} = 9.11 \text{ m.c.a.}$  **(a bomba escolhida deverá requerer valores de NPSH inferiores ao  $\text{NPSH}_{\text{disp}}$ )**

**ANEXO IV - MEMORIAL DE CÁLCULO DA ELEVATÓRIA DE DESCARTE  
DE EXCESSO DE LODO**



## 1 - MEMORIAL DE CÁLCULO DA ELEVATÓRIA DE DESCARTE DE EXCESSO DE LODO

### 1.1 - Dados de Projeto:

- Vazão média de início de plano:

$$Q_i = 10.00 \text{ l/s}$$

- Vazão máxima horária de final de plano:

$$Q_f = 10.00 \text{ l/s}$$

- Desnível geométrico ( $\Delta H_g$ ):

$$\text{Cota da chegada do recalque: } C_t = 470.400 \text{ m}$$

$$\text{Cota do NAmín no poço de sucção: } N_{Amín} = 468.000 \text{ m}$$

$$\text{Cota do NAmáx no poço de sucção: } N_{Amáx} = 468.000 \text{ m}$$

$$\Delta H_{gmín} := C_t - N_{Amáx}$$

$$\Delta H_{gmín} = 2.400 \text{ m}$$

$$\Delta H_{gmáx} := C_t - N_{Amín}$$

$$\Delta H_{gmáx} = 2.400 \text{ m}$$

- Extensão das tubulações

$$\text{Sucção: } L_s = 29.50 \text{ m}$$

$$\text{Barrilete1: } L_{b1} = 0.94 \text{ m}$$

$$\text{Linha de recalque: } L_r = 196.70 \text{ m}$$

- Número de conjuntos de recalque operando simultaneamente:

$$N_{bombas} = 1 \text{ } c_j \text{ } (1b + 1r)$$

## 1.2 - Determinação dos Diâmetros da Linha de Recalque e do Barrilete

$$\begin{aligned}
 Q &:= Q_f & Q &= 10.00 \text{ l/s} \\
 \phi_s = 150 \text{ mm} &\Rightarrow V_s := \frac{\frac{Q}{N_{\text{bombas}}} \cdot 4}{\pi \cdot \left(\frac{\phi_s}{1000}\right)^2 \cdot 1000} \Rightarrow V_s = 0.6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
 &&& 0,60 < V_s < 1,60 \therefore \text{OK!} \\
 \phi_b = 150 \text{ m} &\Rightarrow V_b := \frac{\frac{Q}{N_{\text{bombas}}} \cdot 4}{\pi \cdot \left(\frac{\phi_b}{1000}\right)^2 \cdot 1000} \Rightarrow V_b = 0.6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
 \text{m} &&& 0,60 < V_b < 3,00 \therefore \text{OK!} \\
 \phi_r = 150 \text{ mm} &\Rightarrow V_r := \frac{Q \cdot 4}{\pi \cdot \left(\frac{\phi_r}{1000}\right)^2 \cdot 1000} \Rightarrow V_r = 0.6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
 &&& 0,60 < V_r < 3,00 \therefore \text{OK!}
 \end{aligned}$$

## 1.3 - Seleção do Conjunto Motor-Bomba

### 1.3.1 - Curva Característica do Sistema

#### 1.3.1.1 - Cálculo das Perdas de Carga ( $\Delta H_l$ )

As perdas de carga serão calculadas pela Fórmula Universal onde:

$k = 0.0002 \text{ m}$  (rugosidade uniforme equivalente para tubos de ferro fundido com revestimento interno de argamassa de cimento e areia)

#### - Perdas de Carga Localizadas ( $\lambda$ )

##### - Na Sucção ( $\lambda_s$ )

Entrada de tubulação:	Tê Saída Unilateral:	Válvula Gaveta:	Redução Excêntrica :
$n_1 = 1$	$n_2 = 1$	$n_3 = 1$	$n_4 = 1$
$j_1 := 1.00$	$j_2 := 0.90$	$j_3 := 0.20$	$j_4 := 0.15 \cdot \left(\frac{\phi_s}{\phi_{\text{entrada\_da\_bomba}}}\right)^4$
$K_1 := n_1 \cdot j_1$	$K_2 := n_2 \cdot j_2$	$K_3 := n_3 \cdot j_3$	$K_4 := n_4 \cdot j_4$
$K_1 = 1$	$K_2 = 0.9$	$K_3 = 0.2$	$K_4 = 2.4$

Curva 90°:      Curva 45°:      Junção Saída  
Unilateral:

$n_5 = 1$	$n_6 = 1$	$n_7 = 1$
$j_5 := 0.40$	$j_6 := 0.20$	$j_7 := 0.40$
$K_5 := n_5 \cdot j_5$	$K_6 := n_6 \cdot j_6$	$K_7 := n_7 \cdot j_7$
$K_5 = 0.4$	$K_6 = 0.2$	$K_7 = 0.4$

Desta maneira, tem-se:

$$K_s := \sum_{i=1}^7 K_i \quad K_s = 5.5$$

$$\lambda_s(Q) := \frac{K_s \cdot \left[ \frac{\frac{Q}{N_{bombas}}}{1000} \cdot \frac{4}{\pi \cdot \left( \frac{\phi_s}{1000} \right)^2} \right]^2}{2 \cdot 9.81}$$

- No Barrilete 1 ( $\lambda b1$ )

Ampliação Concêntrica:

$$\phi_{saída\_da\_bomba} = 75$$

$$\begin{aligned} n_8 &= 1 \\ j_8 &:= 0.30 \cdot \left( \frac{\phi_b}{\phi_{saída\_da\_bomba}} \right)^4 \\ K_8 &:= n_8 \cdot j_8 \\ K_8 &= 4.8 \end{aligned}$$

Válvula Gaveta:

$$\begin{aligned} n_{11} &= 1 \\ j_{11} &:= 0.20 \\ K_{11} &:= n_{11} \cdot j_{11} \\ K_{11} &= 0.2 \end{aligned}$$

Válvula de  
Retenção:

$$\begin{aligned} n_9 &= 1 \\ j_9 &:= 2.5 \\ K_9 &:= n_9 \cdot j_9 \\ K_9 &= 2.5 \end{aligned}$$

Tê Saída  
Unilateral

$$\begin{aligned} n_{10} &= 1 \\ j_{10} &:= 0.90 \\ K_{10} &:= n_{10} \cdot j_{10} \\ K_{10} &= 0.9 \end{aligned}$$

Tê Passagem Direta:

$$\begin{aligned} n_{12} &= 1 \\ j_{12} &:= 0.60 \\ K_{12} &:= n_{12} \cdot j_{12} \\ K_{12} &= 0.6 \end{aligned}$$

Desta maneira, tem-se:

$$K_{b1} := \sum_{i=8}^{12} K_i \quad K_{b1} = 9$$

$$\lambda_{b1}(Q) := \frac{K_{b1} \cdot \left[ \frac{\frac{Q}{N_{bombas}}}{1000} \cdot \frac{4}{\pi \cdot \left( \frac{\phi_b}{1000} \right)^2} \right]^2}{2 \cdot 9.81}$$

- Na Linha de Recalque ( $\lambda_r$ )

Curva 90°:

$$\begin{aligned} n_{13} &= 8 \\ j_{13} &:= 0.20 \\ K_{13} &:= n_{13} \cdot j_{13} \\ K_{13} &= 1.6 \end{aligned}$$

Curva 45°:

$$\begin{aligned} n_{14} &= 0 \\ j_{14} &:= 0.10 \\ K_{14} &:= n_{14} \cdot j_{14} \\ K_{14} &= 0 \end{aligned}$$

Saída de tubulação:

$$\begin{aligned} n_{15} &= 1 \\ j_{15} &:= 1.00 \\ K_{15} &:= n_{15} \cdot j_{15} \\ K_{15} &= 1 \end{aligned}$$

Desta maneira, tem-se:

$$K_r := \sum_{i=13}^{15} K_i \quad K_r = 2.6$$

$$\lambda_r(Q) := \frac{K_r \cdot \left[ \frac{\frac{Q}{1000}}{\pi \cdot \left( \frac{\phi_r}{1000} \right)^2} \right]^2}{2 \cdot 9.81}$$

Portanto, a perda de carga localizada total é dada por:

$$\lambda_t(Q) := \lambda_s(Q) + \lambda_{b1}(Q) + \lambda_r(Q)$$

- Perdas de Carga Distribuídas ( $\Delta h_t$ )

- Perdas de Carga Distribuídas na Sucção ( $\Delta h_s$ )

$$\Delta h_s(Q) := \frac{8 \cdot f_s(Q) \cdot L_s \cdot \left( \frac{Q}{\frac{Nbombas}{1000}} \right)^2}{9.81 \cdot \pi^2 \cdot \left( \frac{\phi_s}{1000} \right)^5}$$

onde:

$$f_s = \frac{64}{R_s} \quad (R < 2000)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_s}} = -2 \cdot \log \left( \frac{k}{3.7 \cdot \phi_s} + \frac{2.51}{R_s \cdot \sqrt{f_s}} \right) \quad (R > 5 \times 10^3)$$

- Perdas de Carga Distribuídas no Barrilete ( $\Delta h_b$ )

$$\Delta h_b(Q) := \frac{8 \cdot f_b(Q) \cdot L_b \cdot \left( \frac{Q}{\frac{Nbombas}{1000}} \right)^2}{9.81 \cdot \pi^2 \cdot \left( \frac{\phi_b}{1000} \right)^5}$$

onde:

$$f_b = \frac{64}{R_b} \quad (R < 2000)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_b}} = -2 \cdot \log \left( \frac{k}{3.7 \cdot \phi_b} + \frac{2.51}{R_b \cdot \sqrt{f_b}} \right) \quad (R > 5 \times 10^3)$$

- Perdas de Carga Distribuídas no Recalque ( $\Delta h_r$ )

$$\Delta h_r(Q) := \frac{8 \cdot f_r(Q) \cdot L_r \cdot \left( \frac{Q}{1000} \right)^2}{9.81 \cdot \pi^2 \cdot \left( \frac{\phi_r}{1000} \right)^5}$$

onde:

$$f_r = \frac{64}{R_r} \quad (R < 2000)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_r}} = -2 \cdot \log \left( \frac{k}{3.7 \cdot \phi} + \frac{2.51}{R_r \cdot \sqrt{f_r}} \right) \quad (R > 5 \times 10^3)$$

A perda de carga distribuída total é dada por:

$$\Delta h_t(Q) := \Delta h_b(Q) + \Delta h_r(Q) + \Delta h_s(Q)$$

A perda de carga total é expressa por:

$$\Delta H_t(Q) := \Delta h_t(Q) + \lambda_t(Q)$$

Logo as curvas do sistema serão:

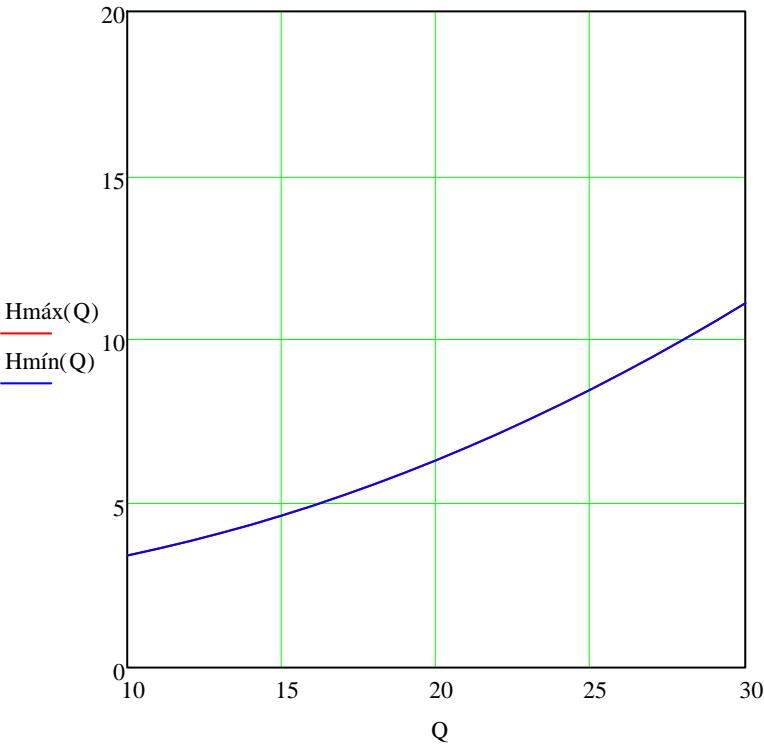
$$H_{\text{máx}}(Q) := \Delta H_{\text{g máx}} + \Delta H_t(Q) \cdot 1.17$$

$$H_{\text{mín}}(Q) := \Delta H_{\text{g mín}} + \Delta H_t(Q) \cdot 1.17$$

$$Q := 1, 2 \dots 30$$

Q =      H<sub>máx</sub>(Q)   H<sub>mín</sub>(Q) =

1	2.41	2.41
2	2.45	2.45
3	2.50	2.50
4	2.57	2.57
5	2.67	2.67
6	2.78	2.78
7	2.91	2.91
8	3.06	3.06
9	3.22	3.22
10	3.41	3.41
11	3.62	3.62
12	3.84	3.84
13	4.09	4.09
14	4.35	4.35
15	4.63	4.63
16	4.93	4.93
17	5.25	5.25
18	5.59	5.59
19	5.94	5.94
20	6.32	6.32
21	6.71	6.71
22	7.12	7.12
23	7.55	7.55
24	8.00	8.00
25	8.47	8.47
26	8.96	8.96
27	9.47	9.47
...	...	...



### 1.3.2 - Pontos Operacionais do Conjunto Motor-Bomba

Os conjuntos motor-bomba deverão operar dentro dos seguintes pontos operacionais:

$$Q1 = 10.00 \text{ l/s} \quad (\text{conjuntos em paralelo})$$

$$Q2 = 11.00 \text{ l/s}$$

$$H_{\text{máx}}(Q1) = 3.41 \text{ m.c.a}$$

$$H_{\text{mín}}(Q2) = 3.62 \text{ m.c.a}$$

$$\eta_1 = 0.5$$

$$\eta_2 = 0.50$$

$$P1 := \frac{Q1 \cdot H_{\text{máx}}(Q1) \cdot \gamma}{\eta_1 \cdot 1 \cdot 10^6}$$

$$P2 := \frac{Q2 \cdot H_{\text{mín}}(Q2) \cdot \gamma}{\eta_2 \cdot 1 \cdot 10^6}$$

$$P1 = 0.68 \text{ kW} \quad (\text{conjuntos em paralelo})$$

$$P2 = 0.80 \text{ kW}$$

### 1.3.2 - Cálculo do NPSH Disponível

$$\Sigma \Delta H_s := \lambda_s(Q_{\text{oper}}) + \Delta h_s(Q_{\text{oper}}) \quad (\text{perda de carga na sucção})$$

$$\Sigma \Delta H_s = 0.20 \text{ m.c.a.}$$

$$H_{g\_s} = 0.50 \text{ m.c.a.} \quad (\text{desnível entre o NA do poço de sucção e o eixo da bomba})$$

$$P_{\text{atm}} = 9.50 \text{ m.c.a.} \quad (\text{pressão atmosférica na área da captação})$$

$$P_{\text{vapor}} = 0.323 \text{ m.c.a.} \quad (\text{pressão de vapor para } 25^\circ\text{C})$$

$$\text{NPSH}_{\text{disp}} := H_{g\_s} + P_{\text{atm}} - P_{\text{vapor}} - \Sigma \Delta H_s$$

$\text{NPSH}_{\text{disp}} = 9.48 \text{ m.c.a.}$  **(a bomba escolhida deverá requerer valores de NPSH inferiores ao  $\text{NPSH}_{\text{disp}}$ )**

**ANEXO V - MEMORIAL DE CÁLCULO DA ETA DE SERVIÇO**



## MEMORIAL DE CÁLCULO DA ETA DE SERVIÇO

### 1.1 - Dados de Projeto:

- Vazão média de início de plano:

$$Q_i = 8.00 \text{ l/s}$$

- Vazão máxima horária de final de plano:

$$Q_f = 8.00 \text{ l/s}$$

- Desnível geométrico ( $\Delta H_g$ ):

$$\text{Cota da chegada do recalque: } C_t = 498.500 \text{ m}$$

$$\text{Cota do NAmín no poço de sucção: } N_{Amín} = 464.600 \text{ m}$$

$$\text{Cota do NAmáx no poço de sucção: } N_{Amáx} = 464.600 \text{ m}$$

$$\Delta H_{gmín} := C_t - N_{Amáx}$$

$$\Delta H_{gmín} = 33.900 \text{ m}$$

$$\Delta H_{gmáx} := C_t - N_{Amín}$$

$$\Delta H_{gmáx} = 33.900 \text{ m}$$

- Extensão das tubulações

$$\text{Sucção: } L_s = 0.00 \text{ m}$$

$$\text{Barrilete 1: } L_{b1} = 5.00 \text{ m}$$

$$\text{Linha de recalque: } L_r = 453.50 \text{ m}$$

- Número de conjuntos de recalque operando simultaneamente:

$$N_{bombas} = 1 \text{ } c_j \text{ } (2b + 0r)$$

## 1.2 - Determinação dos Diâmetros da Linha de Recalque e do Barrilete

$$\begin{aligned}
 Q &:= Q_f & Q &= 8.00 \text{ l/s} \\
 \phi_s = 100 \text{ mm} &\Rightarrow V_s := \frac{\frac{Q}{N_{\text{bombas}}} \cdot 4}{\pi \cdot \left(\frac{\phi_s}{1000}\right)^2 \cdot 1000} &\Rightarrow V_s &= 1.019 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
 && & 0,60 < V_s < 1,60 \quad \therefore \text{OK!} \\
 \phi_b = 100 \text{ mm} &\Rightarrow V_b := \frac{\frac{Q}{N_{\text{bombas}}} \cdot 4}{\pi \cdot \left(\frac{\phi_b}{1000}\right)^2 \cdot 1000} &\Rightarrow V_b &= 1.019 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
 && & 0,60 < V_b < 3,00 \quad \therefore \text{OK!} \\
 \phi_r = 100 \text{ mm} &\Rightarrow V_r := \frac{Q \cdot 4}{\pi \cdot \left(\frac{\phi_r}{1000}\right)^2 \cdot 1000} &\Rightarrow V_r &= 1.019 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
 && & 0,60 < V_r < 3,00 \quad \therefore \text{OK!}
 \end{aligned}$$

## 1.3 - Seleção do Conjunto Motor-Bomba

### 1.3.1 - Curva Característica do Sistema

#### 1.3.1.1 - Cálculo das Perdas de Carga ( $\Delta H_f$ )

As perdas de carga serão calculadas pela Fórmula Universal onde:

$k = 0.0002 \quad \text{m}$  (rugosidade uniforme equivalente para tubos de ferro fundido com revestimento interno de argamassa de cimento e areia)

#### - Perdas de Carga Localizadas ( $\lambda$ )

##### - Na Sucção ( $\lambda_s$ )

Entrada de tubulação:	Tê Saída Lateral:	Válvula Gaveta:	Redução Excêntrica :
$n_1 = 0$	$n_2 = 0$	$n_3 = 0$	$n_4 = 0$
$j_1 := 1.00$	$j_2 := 1.30$	$j_3 := 0.20$	$j_4 := 0.15 \cdot \left(\frac{\phi_s}{\phi_{\text{entrada\_da\_bomba}}}\right)^4$
$K_1 := n_1 \cdot j_1$	$K_2 := n_2 \cdot j_2$	$K_3 := n_3 \cdot j_3$	$K_4 := n_4 \cdot j_4$
$K_1 = 0$	$K_2 = 0$	$K_3 = 0$	$K_4 = 0$

Desta maneira, tem-se:

$$K_s := \sum_{i=1}^4 K_i \quad K_s = 0$$

$$\lambda_s(Q) := \frac{K_s \cdot \left[ \frac{\frac{Q}{Nbombas}}{1000} \cdot \frac{4}{\pi \cdot \left( \frac{\phi_s}{1000} \right)^2} \right]^2}{2 \cdot 9.81}$$

- No Barrilete 1 ( $\lambda b1$ )

Ampliação Concêntrica:

$$\phi_{saída\_da\_bomba} = 100$$

$$n_5 = 1$$

$$j_5 := 0.30 \cdot \left( \frac{\phi_b}{\phi_{saída\_da\_bomba}} \right)^4$$

$$K_5 := n_5 \cdot j_5$$

$$K_5 = 0.3$$

Válvula de  
Retenção:

$$n_6 = 1$$

$$j_6 := 2.5$$

$$K_6 := n_6 \cdot j_6$$

$$K_6 = 2.5$$

Curva 90°:

$$n_7 = 2$$

$$j_7 := 0.40$$

$$K_7 := n_7 \cdot j_7$$

$$K_7 = 0.8$$

Válvula Borboleta:

$$n_8 = 1$$

$$j_8 := 0.30$$

$$K_8 := n_8 \cdot j_8$$

$$K_8 = 0.3$$

Tê Entrada Lateral :

$$n_9 = 1$$

$$j_9 := 0.90$$

$$K_9 := n_9 \cdot j_9$$

$$K_9 = 0.9$$

Desta maneira, tem-se:

$$K_{b1} := \sum_{i=5}^9 K_i \quad K_{b1} = 4.8$$

$$\lambda_{b1}(Q) := \frac{K_{b1} \cdot \left[ \frac{\frac{Q}{Nbombas}}{1000} \cdot \frac{4}{\pi \cdot \left( \frac{\phi_b}{1000} \right)^2} \right]^2}{2 \cdot 9.81}$$

- Na Linha de Recalque ( $\lambda_r$ )

Curva 90°:

$$n_{13} = 10$$

$$j_{13} := 0.20$$

$$K_{13} := n_{13} \cdot j_{13}$$

$$K_{13} = 2$$

Curva 45°:

$$n_{14} = 3$$

$$j_{14} := 0.10$$

$$K_{14} := n_{14} \cdot j_{14}$$

$$K_{14} = 0.3$$

Saída de tubulação:

$$n_{15} = 1$$

$$j_{15} := 1.00$$

$$K_{15} := n_{15} \cdot j_{15}$$

$$K_{15} = 1$$

Desta maneira, tem-se:

$$K_r := \sum_{i=13}^{15} K_i \quad K_r = 3.3$$

$$\lambda_r(Q) := \frac{K_r \cdot \left[ \frac{Q}{1000} \cdot \frac{4}{\pi \cdot \left( \frac{\phi_r}{1000} \right)^2} \right]^2}{2 \cdot 9.81}$$

Portanto, a perda de carga localizada total é dada por:

$$\lambda_t(Q) := \lambda_s(Q) + \lambda_{b1}(Q) + \lambda_r(Q)$$

- Perdas de Carga Distribuídas ( $\Delta h_l$ )

- Perdas de Carga Distribuídas na Sucção ( $\Delta h_s$ )

$$\Delta h_s(Q) := \frac{8 \cdot f_s(Q) \cdot L_s \cdot \left( \frac{Q}{N_{bombas}} \cdot \frac{1}{1000} \right)^2}{9.81 \cdot \pi^2 \cdot \left( \frac{\phi_s}{1000} \right)^5}$$

onde:

$$f_s = \frac{64}{R_s} \quad (R < 2000)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_s}} = -2 \cdot \log \left( \frac{k}{3.7 \cdot \phi_s} + \frac{2.51}{R_s \cdot \sqrt{f_s}} \right) \quad (R > 5 \times 10^3)$$

- Perdas de Carga Distribuídas no Barrilete ( $\Delta h_b$ )

$$\Delta h_b(Q) := \frac{8 \cdot f_{b1}(Q) \cdot L_{b1} \cdot \left( \frac{Q}{\text{Nbombas}} \right)^2}{9.81 \cdot \pi^2 \cdot \left( \frac{\phi_b}{1000} \right)^5} + \frac{8 \cdot f_{b2}(Q) \cdot L_{b2} \cdot \left( \frac{2 \cdot Q}{\text{Nbombas}} \right)^2}{9.81 \cdot \pi^2 \cdot \left( \frac{\phi_r}{1000} \right)^5} + \frac{8 \cdot f_{b3}(Q) \cdot L_{b2} \cdot \left( \frac{Q}{1000} \right)^2}{9.81 \cdot \pi^2 \cdot \left( \frac{\phi_r}{1000} \right)^5}$$

onde:

$$f_b = \frac{64}{R_b} \quad (R < 2000)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_b}} = -2 \cdot \log \left( \frac{k}{3.7 \cdot \phi_b} + \frac{2.51}{R_b \cdot \sqrt{f_b}} \right) \quad (R > 5 \times 10^3)$$

- Perdas de Carga Distribuídas no Recalque ( $\Delta h_r$ )

$$\Delta h_r(Q) := \frac{8 \cdot f_r(Q) \cdot L_r \cdot \left( \frac{Q}{1000} \right)^2}{9.81 \cdot \pi^2 \cdot \left( \frac{\phi_r}{1000} \right)^5}$$

onde:

$$f_r = \frac{64}{R_r} \quad (R < 2000)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_r}} = -2 \cdot \log \left( \frac{k}{3.7 \cdot \phi} + \frac{2.51}{R_r \cdot \sqrt{f_r}} \right) \quad (R > 5 \times 10^3)$$

A perda de carga distribuída total é dada por:

$$\Delta h_t(Q) := \Delta h_b(Q) + \Delta h_r(Q) + \Delta h_s(Q)$$

A perda de carga total é expressa por:

$$\Delta H_t(Q) := \Delta h_t(Q) + \lambda_t(Q)$$

Logo as curvas do sistema serão:

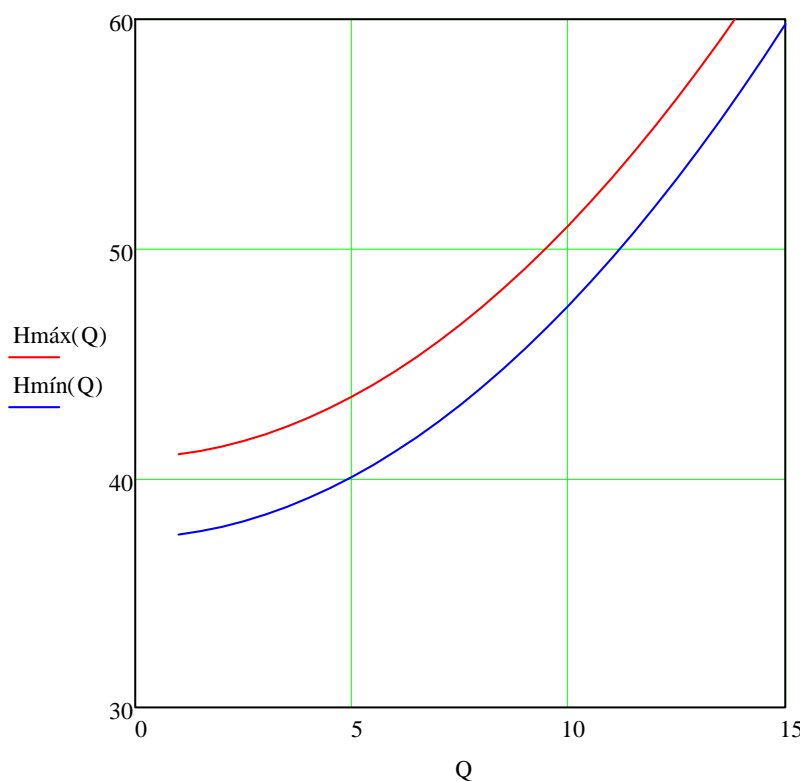
$$H_{\text{máx}}(Q) := \Delta H_{\text{gmáx}} + \Delta H_t(Q) + 7.0$$

$$H_{\text{mín}}(Q) := \Delta H_{\text{gmín}} + \Delta H_t(Q) + 3.5$$

$Q := 1, 1.5 \dots 15$

$Q =$        $H_{\text{máx}}(Q)$     $H_{\text{mín}}(Q) =$

1.00	41.03	37.53
1.50	41.17	37.67
2.00	41.37	37.87
2.50	41.61	38.11
3.00	41.90	38.40
3.50	42.24	38.74
4.00	42.62	39.12
4.50	43.06	39.56
5.00	43.54	40.04
5.50	44.07	40.57
6.00	44.65	41.15
6.50	45.28	41.78
7.00	45.96	42.46
7.50	46.68	43.18
8.00	47.45	43.95
8.50	48.27	44.77
9.00	49.14	45.64
9.50	50.05	46.55
10.00	51.02	47.52
10.50	52.03	48.53
11.00	53.09	49.59
11.50	54.19	50.69
12.00	55.35	51.85
12.50	56.55	53.05
13.00	57.80	54.30
13.50	59.10	55.60
14.00	60.45	56.95
14.50	61.84	58.34
15.00	63.28	59.78



### 1.3.2 - Pontos Operacionais do Conjunto Motor-Bomba

Os conjuntos motor-bomba deverão operar dentro dos seguintes pontos operacionais:

$Q_1 = 8.00 \text{ l/s}$       (conjuntos em paralelo)

$Q_2 = 10.50 \text{ l/s}$

$H_{\text{máx}}(Q_1) = 47.45 \text{ m.c.a}$

$H_{\text{mín}}(Q_2) = 48.53 \text{ m.c.a}$

$\eta_1 = 0.25$

$\eta_2 = 0.30$

$$P_1 := \frac{Q_1 \cdot H_{\text{máx}}(Q_1) \cdot \gamma}{\eta_1 \cdot 10^6}$$

$$P_2 := \frac{Q_2 \cdot H_{\text{mín}}(Q_2) \cdot \gamma}{\eta_2 \cdot 10^6}$$

$P_1 = 15.18 \text{ kW}$       (conjuntos em paralelo)

$P_2 = 16.98 \text{ kW}$

### 1.3.2 - Cálculo do NPSH Disponível

$$\Sigma\Delta H_s := \lambda_s(Q_{oper}) + \Delta h_s(Q_{oper}) \quad (\text{perda de carga na sucção})$$

$$\Sigma\Delta H_s = 0.00 \text{ m.c.}$$

a.

$$H_{g\_s} = 1.17 \text{ m.c.a} \quad (\text{desnível entre o NA do poço de sucção e o eixo da bomba})$$

.

$$P_{atm} = 9.50 \text{ m.c.a} \quad (\text{pressão atmosférica na área da captação})$$

.

$$P_{vapor} = 0.323 \text{ m.c.a.} \quad (\text{pressão de vapor para } 25^\circ\text{C})$$

$$NPSH_{disp} := H_{g\_s} + P_{atm} - P_{vapor} - \Sigma\Delta H_s$$

$$NPSH_{disp} = 10.35 \text{ m.c.a.} \quad (\text{a bomba escolhida deverá requerer valores de NPSH inferiores ao } NPSH_{disp})$$

## 2 - Dimensionamento do Filtro

$$\text{Taxa} := 12 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h} \quad (\text{taxa de aplicação no filtro "UP Flow"})$$

$$Q := 30 \text{ m}^3/\text{h} \quad (\text{vazão da ETA})$$

$$A := \frac{Q}{T}$$

$$A = 3.000 \text{ m}^2 \quad (\text{área de filtração})$$

$$D := \sqrt{\frac{A \cdot 4}{\pi}}$$

$$D = 2.0 \text{ m} \quad (\text{diâmetro do filtro})$$

## 3 - Cloração

A dosagem de cloro fica na faixa de 5 a 10 mgCl<sub>2</sub>/l, dependendo da qualidade do efluente. A capacidade de dosagem de cloro do sistema de desinfecção instalado será para atender a até 10 mgCl<sub>2</sub>/l, para uma vazão máxima de 30 m<sup>3</sup>/h, para 12 horas de operação da ETA. Será empregado hipoclorito de sódio com concentração de 12% (ρ=1250 kg/m<sup>3</sup>)

$$\text{Dosagem}_{med} := \frac{30 \cdot 1000 \cdot 5}{1000000}$$

$$\text{Dosagem\_máx} := \frac{30 \cdot 1000 \cdot 10}{1000000}$$

$$\text{Dosagem\_med} = 0.2 \text{ kg}$$

$$\text{Dosagem\_máx} = 0.3 \text{ kg}$$

$$\text{Cl}_2/\text{h}$$

$$\text{Cl}_2/\text{h}$$

$$\text{Qd\_med} := \frac{\text{Dosagem\_med}}{0.12 \cdot 1.25}$$

$$\text{Qd\_máx} := \frac{\text{Dosagem\_máx}}{0.12 \cdot 1.25}$$

$$\text{Qd\_med} = 1.0 \text{ l/h}$$

$$\text{Qd\_máx} = 2.0 \text{ l/h}$$

Serão empregadas duas bombas dosadoras com capacidade unitária de dosagem de 1 a 10 l/h.

$$\text{Consumo} := \text{Qd\_med} \cdot 12$$

$$\text{Consumo} = 12.0 \text{ l/dia}$$

Deverão ser utilizadas bombonas de 100 l ou 200 l para armazenamento do hipoclorito. Recomenda-se o mínimo de duas bombonas de 100 l ou uma de 200 l, suficiente para 15 dias de operação.



**ANEXO VI - MEMORIAL DE CÁLCULO DA ELEVATÓRIA DE ÁGUA PARA  
CLORADORES**

## MEMORIAL DE CÁLCULO DA ELEVATÓRIA DE ÁGUA PARA CLORADORES

### 1.1 - Dados de Projeto:

- Vazão Mínima:

$$Q_i = 3.60 \text{ l/s}$$

- Vazão Máxima:

$$Q_f = 3.60 \text{ l/s}$$

- Desnível geométrico ( $\Delta H_g$ ):

$$\text{Cota da chegada do recalque: } C_t = 468.500 \text{ m}$$

$$\text{Cota do NAmín no poço de sucção: } N_{Amín} = 464.600 \text{ m}$$

$$\text{Cota do NAmáx no poço de sucção: } N_{Amáx} = 464.600 \text{ m}$$

$$\Delta H_{gmín} := C_t - N_{Amáx}$$

$$\Delta H_{gmín} = 3.900 \text{ m}$$

$$\Delta H_{gmáx} := C_t - N_{Amín}$$

$$\Delta H_{gmáx} = 3.900 \text{ m}$$

- Extensão da linha de recalque:  $L_r = 20.00 \text{ m}$

- Extensão do barrilete:  $L_b = 5.00 \text{ m}$

### 1.2 - Determinação dos Diâmetros da Linha de Recalque e do Barrilete

$$Q := Q_f \quad Q = 3.60 \text{ l/s}$$

$$\phi_b = 100 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow V_b := \frac{Q \cdot x \cdot 4}{\pi \cdot \left( \frac{\phi_b}{1000} \right)^2 \cdot 1000} \Rightarrow V_b = 0.46 \text{ m/s}$$

$$0,60 < V_b < 3,00 \therefore \text{OK!}$$

$$\phi_r = 100 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow V_r := \frac{Q \cdot y \cdot 4}{\pi \cdot \left( \frac{\phi_r}{1000} \right)^2 \cdot 1000} \Rightarrow V_r = 0.46 \text{ m/s}$$

$$0,60 < V_r < 3,00 \therefore \text{OK!}$$

### 1.3 - Seleção do Conjunto Motor-Bomba

#### 1.3.1 - Curva Característica do Sistema

##### 1.3.1.1 - Cálculo das Perdas de Carga ( $\Delta H_l$ )

As perdas de carga serão calculadas pela Fórmula Universal onde:

$k = 2.00 \times 10^{-4}$	(rugosidade uniforme equivalente para tubos de ferro fundido com revestimento interno de argamassa de cimento e areia)
$m = 1.00$	(porcentagem do total de vazão que passa em cada tubo do barrilete)
$y = 1.00$	(porcentagem do total de vazão que passa pelo recalque)

- Perdas de Carga Localizadas ( $\lambda_l$ )

- No Barrilete ( $\lambda_b$ )

Curva de 90°: Curva de 45°: Válvula de retenção:			Registro de gaveta:	Ampliação Concêntrica:
$n_1 = 1.00$	$n_2 = 0.00$	$n_3 = 1.00$	$n_4 = 1.00$	$\phi_{saída\_da\_bomba} = 50 \text{ mm}$
$j_1 := 0.40$	$j_2 := 0.20$	$j_3 := 2.50$	$j_4 := 0.20$	$n_5 = 1.00$
$K_1 := n_1 \cdot j_1$	$K_2 := n_2 \cdot j_2$	$K_3 := n_3 \cdot j_3$	$K_4 := n_4 \cdot j_4$	$j_5 := 0.30 \cdot \left( \frac{\phi_b}{\phi_{saída\_da\_bomba}} \right)^4$
$K_1 = 0.40$	$K_2 = 0.00$	$K_3 = 2.50$	$K_4 = 0.20$	$K_5 := n_5 \cdot j_5$
				$K_5 = 4.80$
Redução Excêntrica:	Redução concêntrica:	Tê saída lateral:	Tê passagem direta:	
$n_6 = 0.00$	$n_7 = 0.00$	$n_8 = 1.00$	$n_9 = 1.00$	
$j_6 := 0.00$	$j_7 := 0.00$	$j_8 := 1.30$	$j_9 := 0.60$	
$K_6 := n_6 \cdot j_6$	$K_7 := n_7 \cdot j_7$	$K_8 := n_8 \cdot j_8$	$K_9 := n_9 \cdot j_9$	
$K_6 = 0.00$	$K_7 = 0.00$	$K_8 = 1.30$	$K_9 = 0.60$	

Desta maneira, tem-se:

$$K_b := \sum_{i=1}^9 K_i \quad K_b = 9.80$$

$$\lambda_b(Q) := \frac{K_b \cdot \left[ \frac{Q \cdot x}{1000} \cdot \frac{4}{\pi \cdot \left( \frac{\phi_b}{1000} \right)^2} \right]^2}{2 \cdot 9.81}$$

- Na Linha de Recalque ( $\lambda_r$ )

Curva de 90°:	Curva 45°:	Curva 22°30':	Sistema de Cloração:
$n_{10} = 2.00$	$n_{11} = 0.00$	$n_{12} = 0.00$	$n_{13} = 1.00$
$j_{10} := 0.40$	$j_{11} := 0.20$	$j_{12} := 0.10$	$j_{13} := 50.00$
$K_{10} := n_{10} \cdot j_{10}$	$K_{11} := n_{11} \cdot j_{11}$	$K_{12} := n_{12} \cdot j_{12}$	$K_{13} := n_{13} \cdot j_{13}$
$K_{10} = 0.80$	$K_{11} = 0.00$	$K_{12} = 0.00$	$K_{13} = 50.00$

Desta maneira, tem-se:

$$K_r := \sum_{i=10}^{13} K_i$$

$$K_r = 50.80$$

$$\lambda_r(Q) := \frac{K_r \cdot \left[ \frac{Q \cdot y}{1000} \cdot \frac{4}{\pi \cdot \left( \frac{\phi_r}{1000} \right)^2} \right]^2}{2 \cdot 9.81}$$

- Perdas de Carga Localizadas Totais ( $\lambda_t$ )

$$\lambda_t(Q) := \lambda_b(Q) + \lambda_r(Q)$$

- Perdas de Carga Distribuídas ( $\Delta h_l$ )

- Perdas de Carga Distribuídas no Barrilete ( $\Delta h_b$ )

$$\Delta h_b(Q) := \frac{8 \cdot f_b(Q) \cdot L_b \cdot \left( \frac{Q \cdot x}{1000} \right)^2}{9.81 \cdot \pi^2 \cdot \left( \frac{\phi_b}{1000} \right)^5} \quad \text{onde:} \quad f_b = \frac{64}{R_b} \quad (R < 2000)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_b}} = -2 \cdot \log \left( \frac{k}{3.7 \cdot \phi_b} + \frac{2.51}{R_b \cdot \sqrt{f_b}} \right) \quad (R > 5 \times 10^3)$$

- Perdas de Carga Distribuídas no Recalque ( $\Delta h_r$ )

$$\Delta h_r(Q) := \frac{8 \cdot f_r(Q) \cdot L_r \cdot \left( \frac{Q \cdot y}{1000} \right)^2}{9.81 \cdot \pi^2 \cdot \left( \frac{\phi_r}{1000} \right)^5} \quad \text{onde:} \quad f_r = \frac{64}{R_r} \quad (R < 2000)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_r}} = -2 \cdot \log \left( \frac{k}{3.7 \cdot \phi_r} + \frac{2.51}{R_r \cdot \sqrt{f_r}} \right) \quad (R > 5 \times 10^3)$$

- Perdas de Carga Distribuída ( $\Delta h_l$ )

$$\Delta h_t(Q) := \Delta h_b(Q) + \Delta h_r(Q)$$

- Perdas de Carga Totais ( $\Delta H_l$ )

$$\Delta H_t(Q) := \Delta h_t(Q) + \lambda_t(Q)$$

Logo as curvas do sistema serão:

$$H_{\text{máx}}(Q) := \Delta H_{\text{gmáx}} + (\Delta H_t(Q))$$

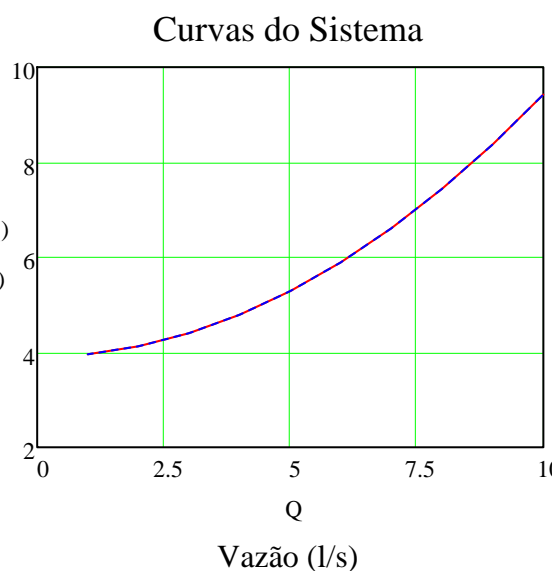
$$H_{\text{mín}}(Q) := \Delta H_{\text{gmín}} + (\Delta H_t(Q))$$

$$Q := 1, 2 \dots 10$$

Q =	H <sub>máx</sub> (Q)	H <sub>mín</sub> (Q) =
1.00	3.96	3.96
2.00	4.12	4.12
3.00	4.40	4.40
4.00	4.79	4.79
5.00	5.29	5.29
6.00	5.89	5.89
7.00	6.61	6.61
8.00	7.44	7.44
9.00	8.38	8.38
10.00	9.42	9.42

Altura Manométrica (mca)

H<sub>máx</sub>(Q)  
H<sub>mín</sub>(Q)



### 1.3.2 - Pontos Operacionais do Conjunto Motor-Bomba

Cada conjunto motor-bomba deverá operar dentro dos seguintes pontos operacionais:

$$Q_1 = 3.60 \text{ l/s}$$

$$H_{\text{máx}}(Q_1) = 4.62 \text{ m.c.a}$$

$$\eta_1 = 0.40$$

$$P_1 := \frac{Q_1 \cdot H_{\text{máx}}(Q_1) \cdot \gamma}{\eta_1 \cdot 10^6}$$

$$P_1 = 0.42 \text{ kW}$$

$$Q_2 = 3.78 \text{ l/s}$$

$$H_{\text{mín}}(Q_2) = 4.69 \text{ m.c.a}$$

$$\eta_2 = 0.30$$

$$P_2 := \frac{Q_2 \cdot H_{\text{mín}}(Q_2) \cdot \gamma}{\eta_2 \cdot 10^6}$$

$$P_2 = 0.59 \text{ kW}$$