



Ministério da Justiça e Segurança Pública  
Secretaria Nacional de Políticas Penais  
Coordenação Geral de Modernização da Engenharia e Arquitetura Prisional

## MEMORIAL JUSTIFICATIVO: PROJETO PADRÃO DO SISTEMA HIDRÁULICO

Brasília-DF, 26 de Março de 2024.



Ministério da Justiça e Segurança Pública  
Secretaria Nacional de Políticas Penais  
Coordenação Geral de Modernização da Engenharia e Arquitetura Prisional

**Coordenador-Geral de Modernização da Engenharia e Arquitetura Prisional**  
Gabriel de Barcelos Conceição Silva

**Coordenador de Engenharia e Arquitetura Prisional**  
Antônio Carlos Paula Martins

**Equipe Técnica:**  
Bárbara de Medeiros Reis Moraes  
Felipe Andrade Fernandes  
Felipe Maciel Paulo Mamédio  
Rodrigo Freire Xavier

**Redação deste memorial**  
Felipe Maciel Paulo Mamédio  
Rodrigo Freire Xavier

**Apoio técnico**  
Renato Vieira Tormin

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>4</b>
<b>2. OBJETIVO .....</b>	<b>5</b>
<b>3. JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>5</b>
<b>4. NORMAS UTILIZADAS .....</b>	<b>5</b>
<b>5. PRÁTICAS DE PROJETO .....</b>	<b>6</b>
<b>6. CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO .....</b>	<b>6</b>
6.1. Pressuposto .....	6
6.2. Metodologia .....	7
6.3. Parâmetros de Projeto .....	8
6.3.1. <i>Diâmetro Econômico</i> .....	9
6.3.2. <i>Altura Manométrica</i> .....	10
6.3.3. <i>Potência do Conjunto Elevatório</i> .....	11
6.3.4. <i>Energia Disponível no Líquido na Entrada da Bomba</i> .....	11
6.4. Observações Gerais: .....	12
<b>7. DIMENSIONAMENTO .....</b>	<b>12</b>
7.1. CONSUMO DIÁRIO .....	12
7.2. VOLUMES DOS RESERVATÓRIOS .....	13
7.3. SISTEMA DE ENTRADA HIDRÁULICA .....	13
7.3.1. Alimentador De Entrada .....	13
7.3.2. Vazão .....	13
7.3.3. Diâmetro do Alimentador .....	14
7.4. SISTEMA DE SUÇÃO E RECALQUE .....	14
7.4.1. Vazão da bomba .....	14
7.4.2. Diâmetro do Recalque .....	15
7.4.3. Diâmetro de Sucção .....	15
7.4.4. Altura Manométrica de Recalque (Hr) .....	15
7.4.4.1. Perda de Carga no Recalque .....	16
7.4.4.2. Altura Manométrica de Sucção (Hs) .....	16
7.4.4.3. Perda de Carga na Sucção .....	16
7.4.5. Potência .....	17
1.1.1. <i>Instruções para instalação das bombas centrífugas</i> .....	28
1.1.2. <i>Causas de funcionamento deficiente</i> .....	29

## **1. INTRODUÇÃO**

Este Memorial Justificativo pretende fornecer informações acerca das soluções adotadas para o fornecimento hidrônico de água fria, água quente e piscina para o projeto COVIVE. O projeto CONVIVE tem o intuito de oferecer uma gama de serviços e atividades, incluindo esportes, teatro, e serviços diversos a comunidade. Estão previstos espaços para promover palestras, cursos e atividades de capacitação profissional para jovens e adultos. O CONVIVE busca integrar diferentes órgãos públicos e entidades da sociedade civil para criar um ambiente de cooperação e diálogo na promoção da paz e da segurança nas comunidades. O projeto visa, sobretudo, prevenir a violência e o crime, oferecendo alternativas positivas e saudáveis para a juventude e a comunidade em geral. Observa-se assim, que é notório o impacto positivo do CONVIVE na população que utiliza os serviços ofertados nas unidades.

Ao longo deste memorial serão apresentadas informações necessárias para o entendimento do projeto, as quais demonstram que o sistema hidráulico proposto permite o fornecimento de água portátil em todo o projeto.

Considerando os aspectos mencionados, o presente memorial tem o intuito de apresentar os seguintes aspectos:

- ✓ Cálculos pertinentes ao sistema hidráulico acompanhado de desenhos, a exemplo de plantas;
- ✓ Posicionamento da tubulação, das interferências, e dos demais componentes, destacando-se o posicionamento das singularidades;
- ✓ Diâmetro, e material da tubulação;

O projeto hidráulico engloba a rede em PVC e PPR para a instalação de água fria e quente e partem de dados entregues pelo projeto arquitetônico.

Considerando os aspectos apresentados, o presente relatório tem por finalidade cumprir as especificações das Normas Brasileiras na execução de projetos de instalações hidráulicas. Ressalta-se que o sistema foi concebido considerando orientações superiores e que cabe a compatibilização entre as disciplinas para execução do projeto.

## **2. OBJETIVO**

O objetivo do deste documento é apresentar as soluções de projeto adotadas para o projeto CONVIVE, na disciplina de hidráulica.

## **3. JUSTIFICATIVA**

O projeto de instalações hidráulicas para a o projeto CONVIVE foi elaborado para suprir a referida edificação com sistema adequado de abastecimento de água aos pontos de consumo, estabelecidos pela arquitetura de acordo com a necessidade de cada ambiente, em concordância com as NBRs vigentes. Este memorial, pretende estabelecer as diretrizes para elaboração do projeto de instalações hidráulicas, com os requisitos mínimos necessários a um projeto de qualidade, integrando-se de forma harmônica com os demais projetos

## **4. NORMAS UTILIZADAS**

Para elaboração do presente projeto foram utilizadas as seguintes normas técnicas:

- ✓ NBR 5626/2020 - Sistemas Prediais Água Fria e Água Quente;
- ✓ NBR 5648/2018 - Tubos e conexões de PVC-U com junta soldável para sistemas prediais de água fria;
- ✓ NBR 14534/2015– Torneira de boia para reservatórios prediais de água potável – Requisitos e métodos de ensaio;
- ✓ NBR 15884/2011 - Sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria;
- ✓ NBR 9821/1987 - Conexões de PVC rígido de junta soldável para redes de distribuição de água;
- ✓ NBR 12217/1994 – Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público;
- ✓
- ✓ RDC 50/2022 da Anvisa e seus anexos.

## **5. PRÁTICAS DE PROJETO**

Os projetos foram desenvolvidos considerando-se às seguintes bases:

- ✓ Utilização de soluções com custos de manutenção e operação compatíveis com o custo de instalação do sistema;
- ✓ Preservação rigorosa da qualidade da água fornecida pela concessionária local;
- ✓ Utilização de dispositivos que provoquem menor consumo de água;
- ✓ Segurança estrutural das instalações para áreas de confinamento.

## **6. CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO**

### **6.1. Pressuposto**

Toda a edificação será nova, desse modo o dimensionamento inicial de consumo de água se deu com base em estimativas de consumo em referência a utilização de seus ocupantes. De início, dividiu-se as populações entre funcionários e usuários, atribuindo ainda uma quantidade do volume dimensionado a serviços gerais de manutenção e limpeza da edificação. O volume destinado exclusivamente ao combate a incêndio não foi considerado nos cálculos, devido a existência de projeto exclusivo para este tipo de sistema.

A solução hidráulica adotada para a edificação será do tipo indireto contando com reservatório inferior, abastecido diretamente por água potável fornecida pela concessionária local, posteriormente recalçada ao reservatório do tipo taça distribuindo em cada bloco, com capacidade para abastecimento de todos os pontos de consumo da edificação, através da diferença piezométrica. Visando a constância, o total de consumo calculado, foi dobrado para consumos humanos, objetivando cobrir o risco de eventuais paralisações no abastecimento por parte da concessionária local responsável pelo abastecimento de água. Para a piscina foi considerado que o seu abastecimento será de forma direta através da alimentação por caminhão pipa a uma distância de 30 m do estacionamento.

A rede foi dividida entre os blocos indicados em projeto, visando melhor manutenibilidade e gerando uma melhor divisão das vazões requeridas.

As instalações hidráulicas de água fria e água quente serão do tipo PVC e PPR respectivamente.

Todos os sistemas atendem as exigências das NBRs quanto ao dimensionamento.

## 6.2. Metodologia

As pressões e vazões mínimas de cada ponto foram calculadas com base em informações fornecidas pelos principais fabricantes de cada equipamento onde, na falta desta informação, foram atribuídas informações advindas das vazões médias dos equipamentos de fabricantes equivalentes, sendo sempre indicado para utilização sustentável equipamentos com níveis de pressão e vazão reduzidos.

Toda rede de água será dividida entre os blocos principais fornecidos pela arquitetura, sendo estes apresentados a seguir:

- ✓ Assistência;
- ✓ Casa de Bombas;
- ✓ Casa de Lixo;
- ✓ Guarita;
- ✓ Vestiários e;
- ✓ Piscina;

Além da divisão apresentada, ainda há subdivisões em cada bloco principal apresentado, variando conforme a necessidade de isolamento de peças de controle de fluxo ou manutenção de pressões.

A alimentação dos pontos de consumo deriva a partir dos reservatórios, seguindo projeto específico de cada bloco, conforme a necessidade específica, atendendo os requisitos de pressão e vazão mínimos de 5KPa (0,51 m.c.a) em qualquer ponto da rede e pressão dinâmica nos pontos de utilização, conforme especifica a norma ABNT 5626/2020 de 10 KPa (1 m.c.a).

### 6.3. Parâmetros de Projeto

A rede de distribuição de água da edificação foi calculada com base na demanda provável de utilização dos pontos, onde é estabelecido uma demanda simultânea de água menor que a máxima possível, para auxílio dos cálculos, é atribuído pesos relativos a cada ponto de utilização que representam a vazão de projeto.

Código	Descrição	Vazão (L/s)
CDO	Ponto de Cadeira Odontológica	0,06
CDA	Ponto de Caixa de Descarga Acoplada	0,15
LV	Ponto de Lavatório para Água Fria	0,15
MIC	Ponto de Mictório com Válvula de Descarga	0,50
PIA	Ponto de Pia com Torneira	0,25
TQ	Ponto de Utilização para Tanque	0,25
RP	Registro de Pressão	0,10

Determinada a vazão, a perda de carga distribuída ao longo da tubulação é calculada com utilização da equação geral para perda de carga distribuída, também conhecida como Fórmula de Fair-Whipple-Hsiao:

$$h_f = 0,0008695 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \cdot L$$

Onde:

$h_f$  (m.c.a.): Perda de carga distribuída;

$L$  (m.): Comprimento total da tubulação;

$D$  (m): Diâmetro da tubulação;

$Q$  (m<sup>3</sup>/s): Vazão.

A perda de carga local, acidental ou singular, ocorre em pontos específicos da tubulação, ao contrário do que acontece na perda de carga distribuída, que ocorre ao longo de toda a tubulação. Sendo assim, para as conexões foram atribuídos o conceito de comprimentos equivalentes, onde há valores referentes a cada tipo de conexão de acordo com seu diâmetro, sendo somado o comprimento equivalente de peças e conexões ao



comprimento real de tubulações, compreendidas entre dois “nós” consecutivos para determinação da perda de carga como anteriormente explanado.

A Figura 1 apresenta comprimentos equivalentes tipicamente utilizados pela fabricante de tubos Tigre, os quais foram adotados como referência para o presente estudo, uma vez que a norma ABNT 5626/2020 removeu a tabela de perda de carga em conexões que tipicamente eram apresentadas na norma ABNT 5626/1998.

*Figura 1 - Perdas de carga localizadas - Sua equivalência em metros de tubulação de PVC rígido.*

DE (mm)	D. ref. (pol.)	Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê 90° Passagem Direita	Tê 90° Saída de lado	Tê 90° Saída Bilateral	Entrada Normal	Entrada de Borda	Saída de Canalização	Válvula de Pé e Crivo	Válvula de Retenção Tipo Leve	Válvula de Retenção Tipo Pesado	Registro de Globo Aberto	Registro de Gaveta Aberto	Registro de Ângulo Aberto
20	½"	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9
25	¾"	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
32	1"	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,3	8,4
40	1¼"	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22,0	0,4	10,5
50	1½"	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0
60	2"	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5
75	2½"	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0
85	3"	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	14,2	40,0	0,9	20,0
110	4"	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	42,3	1,0	22,1

Fonte: Tigre (2023)

A partir de então, toda rede é modelada a partir das vazões mínimas necessárias a cada ponto de utilização, determinando para cada traçado de rede disposta em projeto, o diâmetro mínimo para adequação da rede. Esses cálculos são gerados automaticamente a medida em que a rede é modelada em software, partindo do barrilete alimentador nos reservatórios superiores até os pontos, de forma simultânea.

A seguir são apresentados os equacionamentos tipicamente utilizados no dimensionamento do sistema de bombeamento. Ressalta-se que na perda de carga foram adotados os equacionamentos propostos por Fair-Whipple-Hsiao.

### 6.3.1. Diâmetro Econômico

O diâmetro econômico da tubulação para funcionamento descontínuo (menor que 24 horas), foi obtido mediante o seguinte equacionamento:

$$D_r = 1,3 \cdot X^{1/4} \cdot \sqrt{Q}$$

Onde:

X (h/24): Fração do dia, isto é, o número de horas de funcionamento por dia dividido por 24;

$Q$  (m<sup>3</sup>/s): Vazão a ser recalçada;

$D_r$  (m): Diâmetro de recalque;

$D_s$  (m): Diâmetro de sucção.

Após determinado o diâmetro da tubulação de recalque, foi considerado a recomendação da norma ABNT 12.214/2020, para que o diâmetro mínimo do barrilete de sucção deve ser preferencialmente de um tamanho comercial imediatamente superior à tubulação de recalque.

### 6.3.2. *Altura Manométrica*

Altura manométrica total em metros do sistema elevatório é dada através do seguinte equacionamento:

$$H_{man} = H_g + \sum H_{f_s} + \sum H_{f_r}$$

Onde:

$H_{man}$ : altura manométrica

$H_g$ : Altura geométrica:  $H_g = H_{g,r} + H_{g,s}$

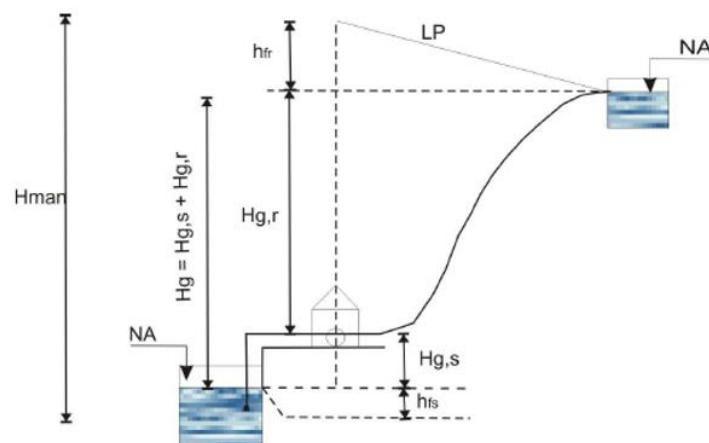
$\sum H_{f_s}$ : Somatório das perdas de carga distribuídas e localizadas na tubulação de sucção;

$\sum H_{f_r}$ : Somatório das perdas de carga distribuídas e localizadas na tubulação de recalque;

A figura abaixo retrata os parâmetros mencionados:

*Figura 2 - Indicação gráfica dos termos para dimensionamento do sistema de bombeamento.*

## Grandezas características



### 6.3.3. Potência do Conjunto Elevatório

A potência do conjunto elevatório é dada por:

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_{man}}{75 \cdot \eta}$$

Onde:

P é a potência (cv);

Q é a vazão ou descarga (m³/s);

$\eta$  é o rendimento global do conjunto elevatório;

$\gamma$  é o peso específico da água (kgf/m³).

$$\eta = \eta_{motor} \cdot \eta_{bomba}$$

Por fim, foi determinada a curva característica do sistema proposto, de maneira que possa ser encontrado o ponto de trabalho com a curva característica da bomba que seja selecionada para atender o estabelecimento.

### 6.3.4. Energia Disponível no Líquido na Entrada da Bomba

A energia disponível no líquido na entrada da bomba foi obtida através do seguinte equacionamento:

$$NPSH_{Disponível} = \begin{matrix} + \\ - \end{matrix} H + \frac{P_{atm}}{\gamma} - \frac{P_{vap}}{\gamma} - hf_{totalsucção}$$

Onde:

$NPSH_{Disponível}$  é energia disponível no líquido na entrada da bomba (m.c.a.);

+H carga ou altura de água na sucção para entrada afogada (m);

–H altura de aspiração (m);

$P_{atm}$  pressão atmosférica no local (kgf/m²);

$P_{vap}$  pressão de vapor da água (kgf/m²). Por se tratar de um projeto referencial foi arbitrado o valor da pressão de vapor para 30 °C;

$\gamma$  é o peso específico da água (kgf/m³);

$hf_{totalsucção}$  perdas de cargas totais na sucção (m.c.a.).

A pressão atmosférica no local de implantação do sistema de bombeamento, pode ser obtida através do seguinte equacionamento:

$$\frac{P_{atm}}{\gamma} = 13,6. \left( \frac{760 - 0,081. A}{1000} \right)$$

Onde:

A é a altitude(m) do local onde o sistema será implantado;

Por se tratar de um projeto referencial, foi adotada a altitude mais elevada que pode ser encontrada no território brasileiro para uma cidade, correspondente a 1620 m, de maneira que o sistema possa ser implantado em qualquer cidade sem o risco de ocorrer a cavitação.

#### 6.4. Observações Gerais:

As passagens através de uma estrutura (quando necessário) serão executadas de modo a permitir a montagem e desmontagem das tubulações em qualquer ocasião, sem que seja necessário danificar esta estrutura.

## 7. DIMENSIONAMENTO

### 7.1. CONSUMO DIÁRIO

Por se tratar de uma edificação pública foi considerado que o consumo médio diário será de 50 L/dia, tendo em vista, as informações especificadas pela disciplina de arquitetura que indicou uma população total de 650 pessoas somadas entre usuários e colaboradores. Também foi previsto para a o consumo a reservação de água para dois dias em caso de desabastecimento

<b>População Estimada</b>	<b>Tipo De Edificação</b>	<b>Consumo Médio Considerado</b>
Usuário e Colaboradores	650	Edifício Público
		50 por pessoa

- Consumo médio diário (CD): 32500 L;
- Reserva para 2 dias (R2): 65000 L;
- Reserva técnica de incêndio (RTI): 18000 L;
- Volume total (R2+RTI): 83000 L.

## 7.2. VOLUMES DOS RESERVATÓRIOS

Para o volume do reservatório inferior será considerado 60% da reserva total para dois dias e 40% + RTI para o reservatório taça:

### *Volume do Reservatório Superior*

40% do Consumo Predial para 2 dias	26000 L
Volume do RTI	18000 L
Volume Total do Reservatório	44000 L

### *Volume do Reservatório Inferior*

60% do Consumo Predial para 2 dias	39000 L
Volume Total do Reservatório	39000 L

## 7.3. SISTEMA DE ENTRADA HIDRÁULICA

### 7.3.1. Alimentador De Entrada

### 7.3.2. Vazão

Para o dimensionamento do ramal predial, que é a tubulação que liga a rede pública de abastecimento ao hidrômetro, a vazão mínima é calculada pela seguinte equação:

$$Q_{min} = \frac{C_d}{86400}$$

Portanto, considerando os dados de projeto considerados, a seguir, a vazão para o dimensionamento das tubulações do ramal predial será:

- Consumo médio diário: 32500 L = 32,50 m³;
- Tempo de enchimento mínimo: 86400 s;
- Vazão (Q);
- Velocidade (V): 1 m/s;

$$Q_{min} = \frac{C_d}{86400}$$

$$Q_{min} = \frac{32,50}{86400} = 0,0004 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 7.3.3. Diâmetro do Alimentador

O diâmetro mínimo para o alimentador é dado pela equação:

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{min}}{\pi \cdot v}}$$

Onde:

$Q_{min}(\frac{m^3}{s})$ : Vazão mínima a ser considerada no dimensionamento do ramal predial;

$v(\text{m/s})$ : Velocidade da água na tubulação e para fins de cálculo será considerada igual a 1 m/s. Portanto:

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0004}{\pi \cdot 1}} = 21,88 \text{ mm} \cong 25 \text{ mm}$$

## 7.4. SISTEMA DE SUCCÃO E RECALQUE

### 7.4.1. Vazão da bomba

Para um melhor funcionamento do sistema de bombeamento o reservatório inferior será dividido em duas células com volume total de 19,82 m³ e lâmina d'água = 2,10 m em cada, considerando o tempo de enchimento para 5 horas.

- Consumo diário = 32,50 m³;
- Tempo de enchimento = 18000 s

$$Q_{min} = \frac{32,50}{18000} = 0,00181 \text{ m}^3/\text{s} = 6,52 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### 7.4.2. Diâmetro do Recalque

Obtido o valor da vazão das bombas é possível calcular o diâmetro de sucção para a fração 5 horas de funcionamento por dia (24 horas):

$$D_r = 1,3 \cdot X^{1/4} \cdot \sqrt{Q}$$

$$D_r = 1,3 \cdot \left(\frac{6}{24}\right)^{1/4} \cdot \sqrt{0,00181} = 0,0372 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D_{adot} = 50 \text{ mm}$$

Portanto adotou-se o diâmetro de recalque de cada bomba igual a 50 mm comercialmente vendido.

#### 7.4.3. Diâmetro de Sucção

De acordo com os principais fabricantes o diâmetro de sucção será aquele imediatamente superior ao de recalque igual a 60 mm.

#### 7.4.4. Altura Manométrica de Recalque (Hr)

A tabela a seguir demonstra o cálculo do comprimento total de recalque do sistema, considerando as medidas de projeto e comprimentos equivalentes das conexões e acessórios da tubulação:

<b>Comprimento de Recalque Bomba 01</b>	
Comprimento Real	20,74 m
União	0,1 m
Válvula de retenção vertical	6,8 m
Registro de Gaveta	0,7 m
Curva de 90°	1,2 m
Tê 90° Passagem Direta	2,2 m
Curva de 90°	1,2 m
Registro de Gaveta	0,7 m
Curva de 90°	1,2 m
Curva de 90°	1,2 m
Curva de 90°	1,2 m
Curva de 90°	1,2 m
Entrada de borda	2,3 m
<b>Total</b>	<b>40,74 m</b>

#### 7.4.4.1. Perda de Carga no Recalque

Considerando a espessura de 3,3 mm das paredes dada por fabricantes de tubo PVC, o diâmetro interno das tubulações de recalque será = 43,34 mm. Com isso a perda de carga em metros ao longo da tubulação será:

$$h_f = 0,0008695 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$h_f = 0,0008695 \cdot \frac{0,00181^{1,75}}{0,04334^{4,75}} = 0,041 \text{ m/m}$$

Portanto:

$$H_{j \text{ (rec)}} = 40,71 \times 0,041 = 1,66 \text{ m}$$

$$H_{man \text{ (rec)}} = 10,98 + 1,66 = 12,64 \text{ m}$$

#### 7.4.4.2. Altura Manométrica de Sucção (Hs)

A tabela a seguir demonstra o cálculo do comprimento total de sucção do sistema, considerando as medidas de projeto e comprimentos equivalentes das conexões e acessórios da tubulação:

Comprimento de Sucção	
Comprimento Real	3,12 m
Válvula de pé com crivo	23,7 m
Curva de 90	1,3 m
Registro de Gaveta	0,8 m
Total	28,92 m

#### 7.4.4.3. Perda de Carga na Sucção

Considerando a espessura de 3,3 mm das paredes dada por fabricantes de tubo PVC, o diâmetro interno das tubulações de recalque será = 53,40 mm. Com isso a perda de carga em metros ao longo da tubulação será:

$$h_f = 0,0008695 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$h_f = 0,0008695 \cdot \frac{0,00181^{1,75}}{0,0534^{4,75}} = 0,015 \text{ m/m}$$

Portanto:

$$H_{j \text{ (suc)}} = 28,92 \times 0,015 = 0,44 \text{ m}$$

$$H_{suc \text{ (rec)}} = 2,38 + 0,44 = 2,82 \text{ m}$$



A altura manométrica total será:

$$H_{man (total)} = 2,82 + 12,64 = 15,46 \cong 16,00 \text{ m. c. a.}$$

#### 7.4.5. Potência

De posse da altura manométrica é possível calcular a potência solicitada pelo sistema considerando um rendimento  $\eta = 60\%$  para pequenas bombas:

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_{man}}{75 \cdot \eta}$$

$$P = \frac{1000 \times 0,00181 \cdot 16}{75 \times 0,6} = 0,64 \times 1,50 = 0,96.$$

Considerando 50% de eficiência para a o sistema de recalque o valor da potência foi definido em 1,5 C.V.

#### Especificação das Bombas

- Potência: cv;
- Vazão:  $16,3 \text{ m}^3/\text{h}$ ;
- Hman: 16,00 m.c.a

#### 7.5. SUB-RAMAS, RAMAIS, COLUNAS HIDRÁULICAS

Os diâmetros mínimos dos sub-ramais de cada bloco foram divididos a partir das tubulações gerais de distribuição e das colunas com base nos pesos relativos das peças de utilização descritos na tabela a seguir. Para a cadeira odontológica o peso utilizado foi obtido através da vazão fornecida pelos fabricantes para este tipo de utilização.

Aparelho Sanitário	Peça de Utilização	Vazão de projeto L/s	Peso Relativo
Bacia Sanitária	Caixa de descarga	0,15	0,30
Bebedouro	Registro de Pressão	0,10	0,10
Chuveiro ou Ducha	Misturador	0,20	0,4
Cadeira odontológica	Registro de Pressão	0,04	0,06
Lavatório	Torneira	0,15	0,3
Mictório cerâmico com Sifão Integrado	Válvula de descarga	0,50	2,8
Pia	Torneira	0,25	0,7
Tanque	Torneira	0,25	0,7

Com os diâmetros determinados, foi verificado a vazão nos trechos através dos pesos relativos para cada trecho e calculado a perda de carga nas tubulações para cada trecho de todo o projeto, sendo dividido em 3 ramais de alimentação para cada bloco. Ressalta-se que a vazão utilizada nos cálculos se refere a vazão demandada pelo sistema. Para o sistema operando em condição de vazão máxima permitida na tubulação a pressão mínima disponível deverá ser maior. De maneira a otimizar os cálculos, recomenda-se que seja verificada a pressão disponível na entrada do estabelecimento.

Tabela 1 - Trecho AF-1

Trecho	Soma dos pesos no trecho	Vazão de cálculo	Ø Diâmetro				Velocidade	Perda de carga unitária	Diferença de cota	Pressão disponível	Comprimento		Perdade Carga			Pressão disponível residual	Presssão requerida no ponto de utilização
			Dmínimo	Dnominal	Espessura	Dinterno			desce (+) sobe (-)		Tubulação (Real)	Registros/ conexões	Tubulação	registros / conexões	total		
		l/s	mm	mm	mm	mm	m/s	Kpa/m	m	kPa			Kpa	Kpa	Kpa	Kpa	kPa
1-2	33,40	1,73	47	50,0	3,0	44	1,14	0,36	10,26	102,60	18,29	2,40	6,50	0,85	7,36	95,24	10
2-3	33,40	1,73	47	50,0	3,0	44	1,14	0,36	0,00	95,24	42,57	3,40	15,13	1,21	16,34	78,90	10
3-4	0,40	0,19	16	25,0	1,7	22	0,52	0,22	-2,74	51,50	4,75	9,00	1,03	1,96	2,99	48,51	10
3-5	33,00	1,72	47	50,0	3,0	44	1,13	0,35	-3,32	45,70	13,64	5,40	4,80	1,90	6,70	39,00	10
5-6	4,60	0,64	29	32,0	2,1	28	1,06	0,56	0,00	39,00	1,40	7,90	0,78	4,39	5,17	33,84	10
6-7	3,60	0,57	27	32,0	2,1	28	0,94	0,45	-0,25	36,50	2,75	42,75	1,23	19,16	20,40	16,11	10
6-8	1,00	0,30	20	25,0	1,7	22	0,82	0,48	2,56	59,44	3,19	6,70	1,55	3,25	4,79	54,65	10
8-9	0,30	0,16	14	25,0	1,7	22	0,45	0,17	-0,32	51,45	0,32	3,60	0,05	0,61	0,66	50,78	10
8-10	0,70	0,25	18	25,0	1,7	22	0,68	0,35	0,00	54,65	1,38	1,60	0,49	0,57	1,06	53,59	10
10-11	0,30	0,16	14	25,0	1,7	22	0,45	0,17	0,06	54,19	0,07	3,60	0,01	0,61	0,62	53,57	10
10-12	0,40	0,19	16	25,0	1,7	22	0,52	0,22	-0,50	48,59	3,54	6,40	0,77	1,39	2,16	46,43	10
5-13	28,40	1,60	45	50,0	3,0	44	1,05	0,31	0,00	39,00	12,31	9,70	3,80	2,99	6,79	32,21	10
13-14	2,00	0,42	23	25,0	1,7	22	1,16	0,89	2,54	57,61	4,87	10,50	4,33	9,33	13,66	43,95	10
14-15	0,40	0,19	16	25,0	1,7	22	0,52	0,22	-0,56	38,35	0,56	3,60	0,12	0,78	0,90	37,45	10
14-16	1,60	0,38	22	25,0	1,7	22	1,04	0,73	0,00	32,21	1,00	0,80	0,73	0,58	1,32	30,90	10
16-17	0,40	0,19	16	25,0	1,7	22	0,52	0,22	-0,56	25,30	0,56	3,60	0,12	0,78	0,90	24,39	10
16-18	1,20	0,33	20	25,0	1,7	22	0,90	0,57	0,00	30,90	0,40	0,80	0,23	0,45	0,68	30,22	10
18-19	0,40	0,19	16	25,0	1,7	22	0,52	0,22	-0,56	24,62	0,56	3,60	0,12	0,78	0,90	23,71	10
18-20	0,80	0,27	18	25,0	1,7	22	0,73	0,40	0,00	30,22	1,00	0,80	0,40	0,32	0,72	29,50	10
20-21	0,40	0,19	16	25,0	1,7	22	0,52	0,22	-0,56	23,90	0,56	3,60	0,12	0,78	0,90	22,99	10
20-22	0,40	0,19	16	25,0	1,7	22	0,52	0,22	-0,56	23,90	1,00	2,40	0,22	0,52	0,74	23,16	10
13-23	26,40	1,54	44	50,0	3,0	44	1,01	0,29	0,00	32,21	0,56	2,20	0,16	0,64	0,80	31,41	10
23-24	1,20	0,33	20	25,0	1,7	22	0,90	0,57	1,54	46,81	4,59	4,60	2,61	2,61	5,22	41,59	10
24-25	0,30	0,16	14	25,0	1,7	22	0,45	0,17	0,47	36,11	0,47	3,60	0,08	0,61	0,69	35,43	10
24-26	0,90	0,28	19	25,0	1,7	22	0,78	0,44	0,00	31,41	0,98	0,80	0,43	0,35	0,79	30,63	10
26-27	0,30	0,16	14	25,0	1,7	22	0,45	0,17	0,47	35,33	0,47	3,60	0,08	0,61	0,69	34,64	10
26-28	0,60	0,23	17	25,0	1,7	22	0,63	0,31	0,00	30,63	0,98	0,80	0,30	0,25	0,55	30,08	10
28-29	0,30	0,16	14	25,0	1,7	22	0,45	0,17	0,47	34,78	0,47	3,60	0,08	0,61	0,69	34,09	10
28-30	0,30	0,16	14	25,0	1,7	22	0,45	0,17	0,47	34,78	0,97	3,30	0,16	0,56	0,72	34,06	10
23-31	25,20	1,51	44	50,0	3,0	44	0,99	0,28	0,00	31,41	1,76	2,20	0,49	0,61	1,10	30,31	10
31-32	3,60	0,57	27	32,0	2,1	28	0,94	0,45	-0,23	28,01	2,77	35,45	1,24	15,89	17,13	10,88	10
31-33	21,60	1,39	42	50,0	3,0	44	0,92	0,24	0,00	30,31	1,76	2,20	0,43	0,53	0,96	29,35	10

33-43	20,10	1,34	41	50,0	3,0	44	0,88	0,23	0,00	29,35	0,03	2,20	0,01	0,50	0,51	28,84	10
33-34	1,50	0,37	22	25,0	1,7	22	1,00	0,69	1,25	23,38	1,55	4,60	1,07	3,18	4,25	19,13	10
34-35	0,30	0,16	14	25,0	1,7	22	0,45	0,17	1,30	32,13	1,30	2,00	0,22	0,34	0,56	31,58	10
34-36	1,20	0,33	20	25,0	1,7	22	0,90	0,57	0,00	19,13	1,09	0,80	0,62	0,45	1,07	18,06	10
36-37	0,30	0,16	14	25,0	1,7	22	0,45	0,17	1,30	31,06	1,30	3,60	0,22	0,61	0,83	30,23	10
36-38	0,90	0,28	19	25,0	1,7	22	0,78	0,44	0,00	18,06	0,97	0,80	0,43	0,35	0,78	17,28	10
38-39	0,30	0,16	14	25,0	1,7	22	0,45	0,17	1,30	30,28	1,30	3,60	0,22	0,61	0,83	29,45	10
38-40	0,60	0,23	17	25,0	1,7	22	0,63	0,31	0,00	17,28	0,97	0,80	0,30	0,25	0,55	16,73	10
40-41	0,30	0,16	14	25,0	1,7	22	0,45	0,17	1,30	29,73	1,30	3,60	0,22	0,61	0,83	28,90	10
40-42	0,30	0,16	14	25,0	1,7	22	0,45	0,17	1,30	29,73	0,97	3,20	0,16	0,54	0,70	29,02	10
43-44	0,60	0,23	17	25,0	1,7	22	0,63	0,31	2,10	50,35	2,27	8,50	0,70	2,63	3,34	47,02	10
44-45	0,30	0,16	14	25,0	1,7	22	0,45	0,17	0,00	47,02	7,53	2,00	1,27	0,34	1,61	45,41	10
43-46	19,50	1,32	41	50,0	3,0	44	0,87	0,22	0,00	28,84	1,64	2,20	0,36	0,49	0,85	27,99	10
46-47	3,60	0,57	27	32,0	2,1	28	0,94	0,45	-0,25	25,49	2,24	11,80	1,00	5,29	6,29	19,20	10
46-48	15,90	1,20	39	50,0	3,0	44	0,79	0,19	0,00	27,99	1,65	2,20	0,31	0,41	0,71	27,28	10
48-58	14,10	1,13	38	50,0	3,0	44	0,74	0,17	0,00	27,28	0,02	0,60	0,00	0,10	0,10	27,17	10
48-49	1,80	0,40	23	25,0	1,7	22	1,10	0,81	2,40	51,28	2,70	9,70	2,19	7,86	10,05	41,23	10
49-50	0,30	0,16	14	25,0	1,7	22	0,45	0,17	0,12	28,48	0,12	3,60	0,02	0,61	0,63	27,85	10
49-51	1,50	0,37	22	25,0	1,7	22	1,00	0,69	0,00	41,23	1,09	0,80	0,75	0,55	1,31	39,92	10
51-52	0,30	0,16	14	25,0	1,7	22	0,45	0,17	0,12	42,43	0,12	3,60	0,02	0,61	0,63	41,80	10
51-53	1,20	0,33	20	25,0	1,7	22	0,90	0,57	0,00	39,92	0,82	0,80	0,47	0,45	0,92	39,00	10
53-54	0,40	0,19	16	25,0	1,7	22	0,52	0,22	-0,40	35,00	0,40	3,60	0,09	0,78	0,87	34,13	10
53-55	0,80	0,27	18	25,0	1,7	22	0,73	0,40	0,00	34,13	0,93	3,60	0,37	1,43	1,81	32,33	10
55-56	0,40	0,19	16	25,0	1,7	22	0,52	0,22	-0,40	28,33	0,40	3,20	0,09	0,70	0,78	27,54	10
55-57	0,40	0,19	16	25,0	1,7	22	0,52	0,22	-0,40	28,33	1,37	3,20	0,30	0,70	0,99	27,33	10
58-68	10,50	0,97	35	50,0	3,0	44	0,64	0,13	0,00	27,17	1,76	2,20	0,23	0,28	0,51	26,66	10
58-59	6,50	0,76	31	50,0	3,0	44	0,50	0,08	-0,25	24,67	1,80	10,50	0,15	0,89	1,04	23,63	10
59-60	0,30	0,16	14	25,0	1,7	22	0,45	0,17	1,26	36,23	1,26	3,60	0,21	0,61	0,82	35,41	10
59-62	6,20	0,75	31	32,0	2,1	28	1,23	0,72	0,00	26,66	1,05	0,80	0,76	0,58	1,33	25,33	10
61-62	0,30	0,16	14	25,0	1,7	22	0,45	0,17	1,26	37,93	1,26	3,60	0,21	0,61	0,82	37,11	10
62-63	5,90	0,73	30	32,0	2,1	28	1,20	0,69	0,00	25,33	0,97	0,80	0,67	0,55	1,22	24,11	10
63-64	0,30	0,16	14	25,0	1,7	22	0,45	0,17	1,26	36,71	1,26	3,60	0,21	0,61	0,82	35,88	10
63-65	5,60	0,71	30	32,0	2,1	28	1,17	0,66	0,00	24,11	0,80	0,80	0,53	0,53	1,06	23,05	10
65-66	2,80	0,50	25	25,0	1,7	22	1,37	1,19	0,37	26,75	0,37	3,60	0,44	4,29	4,74	22,01	10
65-67	2,80	0,50	25	32,0	2,1	28	0,83	0,36	0,37	26,75	1,33	4,80	0,48	1,73	2,21	24,54	10
68-70	6,90	0,79	32	50,0	3,0	44	0,52	0,09	0,00	26,66	1,73	2,20	0,15	0,20	0,35	26,31	10
68-69	3,60	0,57	27	32,0	2,1	28	0,94	0,45	-0,25	24,16	2,77	26,15	1,24	11,72	12,96	11,20	10
70-78	6,90	0,79	32	50,0	3,0	44	0,52	0,09	0,00	26,31	0,03	2,20	0,00	0,20	0,20	26,11	10
70-71	1,20	0,33	20	25,0	1,7	22	0,90	0,57	2,54	51,71	5,46	10,70	3,10	6,08	9,18	42,53	10
71-72	0,30	0,16	14	25,0	1,7	22	0,45	0,17	-0,37	22,61	0,37	4,40	0,06	0,74	0,81	21,80	10
71-73	0,90	0,28	19	25,0	1,7	22	0,78	0,44	0,00	42,53	0,98	0,80	0,43	0,35	0,79	41,74	10

73-74	0,30	0,16	14	25,0	1,7	22	0,45	0,17	-0,37	38,04	0,37	4,40	0,06	0,74	0,81	37,23	10
73-75	0,60	0,23	17	25,0	1,7	22	0,63	0,31	0,00	41,74	0,98	0,80	0,30	0,25	0,55	41,19	10
75-76	0,30	0,16	14	25,0	1,7	22	0,45	0,17	-0,37	38,04	0,37	3,60	0,06	0,61	0,67	37,37	10
75-77	0,30	0,16	14	25,0	1,7	22	0,45	0,17	-0,37	37,49	1,35	4,00	0,23	0,68	0,90	36,58	10
78-88	5,70	0,72	30	50,0	3,0	44	0,47	0,08	0,00	26,11	4,85	2,20	0,37	0,17	0,53	25,58	10
88-89	4,60	0,64	29	50,0	3,0	44	0,42	0,06	0,00	25,58	0,53	7,30	0,03	0,46	0,49	25,09	10
89-90	3,60	0,57	27	32,0	2,1	28	0,94	0,45	-0,25	23,08	2,80	19,35	1,26	8,67	9,93	13,15	10
89-91	1,00	0,30	20	25,0	1,7	22	0,82	0,48	1,42	39,29	0,53	10,50	0,26	5,09	5,34	33,94	10
91-92	0,30	0,16	14	25,0	1,7	22	0,45	0,17	-0,22	31,74	0,97	3,60	0,16	0,61	0,77	30,97	10
91-93	0,70	0,25	18	25,0	1,7	22	0,68	0,35	0,00	33,94	1,15	0,80	0,41	0,28	0,69	33,25	10
93-94	0,30	0,16	14	25,0	1,7	22	0,45	0,17	0,12	34,45	0,12	3,60	0,02	0,61	0,63	33,82	10
93-95	0,40	0,19	16	25,0	1,7	22	0,52	0,22	-0,40	29,25	3,76	4,80	0,82	1,04	1,86	27,39	10
88-96	1,10	0,31	20	32,0	2,1	28	0,52	0,16	0,00	25,58	11,68	3,40	1,86	0,54	2,40	23,18	10
96-97	0,70	0,25	18	25,0	1,7	22	0,68	0,35	2,14	44,58	2,76	5,80	0,98	2,06	3,04	41,55	10
96-98	0,40	0,19	16	32,0	2,1	28	0,31	0,07	0,00	23,18	4,32	1,50	0,28	0,10	0,38	22,80	10
98-99	0,20	0,13	13	25,0	1,7	22	0,37	0,12	2,20	44,80	3,34	6,80	0,40	0,81	1,20	43,60	10
98-100	0,20	0,13	13	25,0	1,7	22	0,37	0,12	2,20	44,80	4,45	9,00	0,53	1,07	1,59	43,21	10

Tabela 2 - Trecho AF-2

Trecho	Soma dos pesos no trecho	Vazão de cálculo	Ø Diâmetro				Velocidade	Perda de carga unitária	Diferença de cota	Pressão disponível	Comprimento		Perdade Carga			Pressão disponível residual	Pressssão requerida no ponto de utilização
			Dmínimo	Dnominal	Espessura	Dinter no					Tubulação (Real)	Registr os/ conexõe s	Tubulação	registros / conexões	total		
		l/s	mm	mm	mm	mm							(9) x (6)	(10) x (6)	(11)+(12)	(8)-(13)	
							m/s	Kpa/m	m	kPa			Kpa	Kpa	Kpa	Kpa	kPa
1-2	10,76	0,98	35	50	3,0	44	0,65	0,13	3,70	37,00	3,67	7,30	0,48	0,96	1,45	35,55	10
2-3	10,76	0,98	35	50	3,0	44	0,65	0,13	7,60	111,55	20,05	9,70	2,65	1,28	3,93	107,63	10
3-4	10,76	0,98	35	50	3,0	44	0,65	0,13	0,00	107,63	25,36	4,70	3,35	0,62	3,97	103,66	10
4-5	2,10	0,43	24	32	2,1	28	0,72	0,28	0,00	103,66	17,48	3,10	4,89	0,87	5,76	97,90	10
5-6	1,50	0,37	22	25	1,7	22	1,00	0,69	-1,17	86,20	4,18	1,80	2,89	1,24	4,13	82,07	10
6-7	0,30	0,16	14	25	1,7	22	0,45	0,17	0,00	82,07	0,50	2,00	0,08	0,34	0,42	81,65	10
6-8	1,20	0,33	20	25	1,7	22	0,90	0,57	0,00	82,07	0,08	0,80	0,05	0,45	0,50	81,57	10
8-9	0,30	0,16	14	25	1,7	22	0,45	0,17	0,00	81,57	0,82	1,30	0,14	0,22	0,36	81,21	10

8-10	0,90	0,28	19	25	1,7	22	0,78	0,44	0,00	81,57	4,54	3,60	2,01	1,59	3,60	77,98	10
10-11	0,30	0,16	14	25	1,7	22	0,45	0,17	0,37	81,68	0,37	3,60	0,06	0,61	0,67	81,00	10
10-12	0,60	0,23	17	25	1,7	22	0,63	0,31	0,00	77,98	1,12	0,80	0,35	0,25	0,59	77,38	10
12-13	0,30	0,16	14	25	1,7	22	0,45	0,17	0,37	81,08	0,37	3,60	0,06	0,61	0,67	80,41	10
12-14	0,30	0,16	14	25	1,7	22	0,45	0,17	0,00	77,38	3,20	3,20	0,54	0,54	1,08	76,30	10
5-15	0,60	0,23	17	25	1,7	22	0,63	0,31	-1,14	86,50	3,75	1,80	1,16	0,56	1,72	84,78	10
15-16	0,30	0,16	14	25	1,7	22	0,45	0,17	0,00	84,78	0,67	4,80	0,11	0,81	0,92	83,86	10
16-17	0,20	0,13	13	25	1,7	22	0,37	0,12	-0,07	84,08	0,65	4,80	0,08	0,57	0,65	83,44	10
15-18	0,30	0,16	14	25	1,7	22	0,45	0,17	0,00	84,78	0,08	2,40	0,01	0,41	0,42	84,36	10
18-19	0,30	0,16	14	25	1,7	22	0,45	0,17	0,00	84,36	1,25	3,60	0,21	0,61	0,82	83,55	10
18-20	0,30	0,16	14	25	1,7	22	0,45	0,17	0,00	84,36	4,05	3,60	0,68	0,61	1,29	83,07	10
20-21	0,30	0,16	14	25	1,7	22	0,45	0,17	0,36	86,67	0,36	3,60	0,06	0,61	0,67	86,00	10
20-22	1,00	0,30	20	25	1,7	22	0,82	0,48	0,00	83,07	1,12	2,40	0,54	1,16	1,71	81,37	10
22-23	0,30	0,16	14	25	1,7	22	0,45	0,17	0,36	84,97	0,36	3,60	0,06	0,61	0,67	84,30	10
22-24	0,70	0,25	18	25	1,7	22	0,68	0,35	0,00	81,37	3,37	4,80	1,20	1,70	2,90	78,47	10
4-25	8,66	0,88	34	50	3,0	44	0,58	0,11	0,00	103,66	13,23	7,30	1,44	0,80	2,24	101,42	10
25-26	0,20	0,13	13	50	3,0	44	0,09	0,00	0,00	101,42	1,55	7,30	0,01	0,03	0,04	101,38	10
26-27	0,20	0,13	13	25	1,7	22	0,37	0,12	-1,64	84,98	3,70	9,70	0,44	1,15	1,59	83,40	10
27-28	0,10	0,09	11	25	1,7	22	0,26	0,06	0,70	90,40	0,70	4,40	0,05	0,28	0,33	90,07	10
27-29	0,10	0,09	11	25	1,7	22	0,26	0,06	0,60	89,40	1,10	4,80	0,07	0,31	0,38	89,02	10
26-30	3,60	0,57	27	50	3,0	44	0,37	0,05	0,00	101,38	2,65	7,30	0,13	0,37	0,50	100,88	10
30-43	1,80	0,40	23	50	3,0	44	0,26	0,03	0,00	100,88	10,81	8,50	0,30	0,23	0,53	100,35	10
43-44	0,70	0,25	18	25	1,7	22	0,68	0,35	-0,98	90,59	9,94	4,80	3,53	1,70	5,23	85,36	10
43-45	0,70	0,25	18	25	1,7	22	0,68	0,35	-1,08	89,55	14,06	8,40	4,99	2,98	7,96	81,58	10
30-31	1,80	0,40	23	25	1,7	22	1,10	0,81	-0,56	95,28	2,66	3,60	2,16	2,92	5,07	90,21	10
31-32	0,30	0,16	14	25	1,7	22	0,45	0,17	-0,28	87,43	0,28	4,40	0,05	0,74	0,79	86,64	10
31-33	1,50	0,37	22	25	1,7	22	1,00	0,69	0,00	90,21	0,75	2,40	0,52	1,66	2,18	88,03	10
33-34	0,30	0,16	14	25	1,7	22	0,45	0,17	-0,28	85,25	0,28	4,40	0,05	0,74	0,79	84,46	10
33-35	1,20	0,33	20	25	1,7	22	0,90	0,57	0,00	88,03	0,75	2,40	0,43	1,36	1,79	86,24	10
35-36	0,30	0,16	14	25	1,7	22	0,45	0,17	-0,28	83,46	0,28	4,40	0,05	0,74	0,79	82,67	10
35-37	0,90	0,28	19	25	1,7	22	0,78	0,44	0,00	86,24	0,75	2,40	0,33	1,06	1,39	84,85	10
37-38	0,30	0,16	14	25	1,7	22	0,45	0,17	-0,28	82,07	0,28	4,40	0,05	0,74	0,79	81,28	10
37-39	0,60	0,23	17	25	1,7	22	0,63	0,31	0,00	84,85	5,02	7,20	1,56	2,23	3,79	81,06	10
39-40	0,30	0,16	14	25	1,7	22	0,45	0,17	0,00	81,06	1,21	2,40	0,20	0,41	0,61	80,45	10

40-41	1,40	0,35	21	25	1,7	22	0,97	0,65	-0,96	70,85	4,41	4,80	2,87	3,12	5,99	64,86	10
41-42	0,70	0,25	18	25	1,7	22	0,68	0,35	0,00	64,86	0,90	2,40	0,32	0,85	1,17	63,69	10
25-46	8,46	0,87	33	50	3,0	44	0,57	0,11	0,00	101,42	0,96	7,30	0,10	0,78	0,88	100,54	10
46-47	0,60	0,23	17	25	1,7	22	0,63	0,31	-0,89	91,64	3,92	9,80	1,21	3,04	4,25	87,39	10
47-48	0,30	0,16	14	25	1,7	22	0,45	0,17	-0,22	85,19	0,22	3,60	0,04	0,61	0,65	84,54	10
47-49	0,30	0,16	14	25	1,7	22	0,45	0,17	0,12	88,59	3,77	7,20	0,64	1,22	1,85	86,73	10
46-50	7,86	0,84	33	50	3,0	44	0,55	0,10	0,00	100,54	1,43	7,30	0,14	0,73	0,88	99,66	10
50-51	0,60	0,23	17	25	1,7	22	0,63	0,31	-0,89	90,76	2,62	9,80	0,81	3,04	3,85	86,91	10
51-52	0,30	0,16	14	25	1,7	22	0,45	0,17	-0,22	84,71	3,83	3,60	0,65	0,61	1,26	83,46	10
51-53	0,30	0,16	14	25	1,7	22	0,45	0,17	0,12	88,11	3,56	7,20	0,60	1,22	1,82	86,29	10
50-54	7,26	0,81	32	50	3,0	44	0,53	0,09	0,00	99,66	2,58	7,30	0,24	0,68	0,92	98,74	10
54-55	0,20	0,13	13	25	1,7	22	0,37	0,12	-1,65	82,24	3,70	4,10	0,44	0,49	0,92	81,31	10
55-56	0,10	0,09	11	25	1,7	22	0,26	0,06	0,70	88,31	0,70	3,60	0,05	0,23	0,28	88,04	10
55-57	0,10	0,09	11	25	1,7	22	0,26	0,06	0,70	88,31	1,10	4,80	0,07	0,31	0,38	87,93	10
54-58	7,06	0,80	32	50	3,0	44	0,52	0,09	0,00	98,74	3,27	7,30	0,30	0,67	0,96	97,77	10
58-59	3,30	0,54	26	25	1,7	22	1,49	1,38	-0,68	90,97	3,63	9,10	5,00	12,53	17,53	73,44	10
58-71	3,76	0,58	27	50	3,0	44	0,38	0,05	0,00	97,77	2,77	7,30	0,15	0,38	0,53	97,24	10
59-60	0,30	0,16	14	25	1,7	22	0,45	0,17	-0,25	95,27	0,27	4,40	0,05	0,74	0,79	94,48	10
59-61	3,00	0,52	26	25	1,7	22	1,42	1,27	0,00	73,44	0,77	2,40	0,98	3,04	4,02	69,42	10
61-62	0,30	0,16	14	25	1,7	22	0,45	0,17	-0,25	66,92	0,27	4,40	0,05	0,74	0,79	66,13	10
61-63	2,70	0,49	25	25	1,7	22	1,35	1,16	0,00	69,42	0,77	2,40	0,89	2,77	3,66	65,76	10
63-64	0,30	0,16	14	25	1,7	22	0,45	0,17	-0,25	63,26	0,27	4,40	0,05	0,74	0,79	62,47	10
63-65	2,40	0,46	24	25	1,7	22	1,27	1,04	0,00	62,47	0,77	2,40	0,80	2,50	3,30	59,17	10
65-66	0,30	0,16	14	25	1,7	22	0,45	0,17	-0,25	56,67	0,27	4,40	0,05	0,74	0,79	55,88	10
65-67	2,10	0,43	24	25	1,7	22	1,19	0,93	0,00	59,17	5,04	4,80	4,67	4,45	9,13	50,04	10
67-68	0,30	0,16	14	25	1,7	22	0,45	0,17	0,00	50,04	1,20	2,40	0,20	0,41	0,61	49,43	10
68-69	0,90	0,28	19	25	1,7	22	0,78	0,44	0,00	49,43	1,20	2,40	0,53	1,06	1,59	47,84	10
69-70	0,60	0,23	17	25	1,7	22	0,63	0,31	0,00	47,84	1,20	3,60	0,37	1,12	1,49	46,36	10
71-72	3,16	0,53	26	50	3,0	44	0,35	0,05	0,00	97,24	3,42	7,30	0,15	0,33	0,48	96,76	10
72-73	0,96	0,29	19	25	1,7	22	0,80	0,47	-3,00	66,76	4,97	9,00	2,32	4,21	6,53	60,23	10
73-74	0,30	0,16	14	25	1,7	22	0,45	0,17	1,17	71,93	4,71	7,20	0,80	1,22	2,01	69,92	10
73-75	0,66	0,24	18	25	1,7	22	0,67	0,34	0,00	60,23	8,17	4,80	2,75	1,62	4,37	55,86	10
75-76	0,30	0,16	14	25	1,7	22	0,45	0,17	1,17	67,56	3,75	12,90	0,63	2,18	2,81	64,75	10
75-77	0,36	0,18	15	25	1,7	22	0,49	0,20	1,91	74,96	3,59	9,70	0,71	1,92	2,63	72,33	10

77-79	0,06	0,07	10	25	1,7	22	0,20	0,04	0,28	75,13	3,63	9,50	0,15	0,39	0,54	74,58	10
77-78	0,30	0,16	14	25	1,7	22	0,45	0,17	-0,20	70,33	0,21	2,00	0,04	0,34	0,37	69,95	10
72-83	2,20	0,44	24	32	2,1	28	0,73	0,29	0,00	96,76	3,81	7,30	1,11	2,13	3,24	93,52	10
71-80	0,60	0,23	17	25	1,7	22	0,63	0,31	-3,00	67,24	16,30	11,40	5,05	3,53	8,58	58,66	10
80-81	0,30	0,16	14	25	1,7	22	0,45	0,17	1,60	74,66	4,17	8,80	0,70	1,49	2,19	72,47	10
80-82	0,30	0,16	14	25	1,7	22	0,45	0,17	1,60	74,66	2,82	5,60	0,48	0,95	1,42	73,24	10
83-84	0,60	0,23	17	25	1,7	22	0,63	0,31	-0,70	86,52	5,18	10,50	1,61	3,25	4,86	81,66	10
84-85	0,30	0,16	14	25	1,7	22	0,45	0,17	-0,24	79,26	0,24	4,40	0,04	0,74	0,78	78,48	10
84-86	0,30	0,16	14	25	1,7	22	0,45	0,17	0,00	81,66	4,92	6,00	0,83	1,01	1,85	79,82	10
83-87	1,60	0,38	22	50	3,0	44	0,25	0,02	0,00	93,52	41,40	7,30	1,03	0,18	1,21	92,31	10
87-88	0,90	0,28	19	25	1,7	22	0,78	0,44	-1,14	80,91	16,07	12,30	7,10	5,43	12,54	68,37	10
88-89	0,60	0,23	17	25	1,7	22	0,63	0,31	0,42	96,51	0,42	3,60	0,13	1,12	1,25	95,26	10
88-90	0,30	0,16	14	25	1,7	22	0,45	0,17	0,00	68,37	3,32	4,10	0,56	0,69	1,25	67,12	10
87-91	0,70	0,25	18	50	3,0	44	0,17	0,01	-1,08	81,51	38,02	8,70	0,46	0,11	0,56	80,95	10
91-92	0,70	0,25	18	25	1,7	22	0,68	0,35	0,00	80,95	0,97	3,60	0,34	1,28	1,62	79,33	10



Tabela 3 - Boiler 01

Trecho	Soma dos pesos no trecho	Vazão de cálculo	Diâmetro				Velocidade	Perda de carga unitária	Diferença de cota	Resistência Localizada SR	Pressão disponível	Comprimento			Perda de carga Total	Pressão disponível residual	Pressssão requerida no ponto de utilização
			Dmínimo	Dnominal	Espessura	Dinterno			desce (+) sobe (-)			Tubulação (Real)	Equivalente	Total			
			mm	mm	mm	mm			m		kPa	m	m	m	Kpa	Kpa	kPa
A-B	1,20	0,33	20	32,00	4,5	23,00	0,8	0,04	0,62	18,65	36,50	1,08	1,50	2,58	0,10	36,40	10,00
B-C	1,20	0,33	20	25,00	3,5	18,00	1,3	0,05	0,00	10,20	36,40	1,88	1,34	3,22	0,17	36,23	10,00
C-G	0,40	0,19	16	25,00	3,5	18,00	0,7	0,05	1,15	15,40	47,73	8,95	1,17	10,12	0,54	47,20	10,00
C-D	0,80	0,27	18	25,00	3,5	18,00	1,1	0,05	1,68	5,20	53,03	2,02	0,56	2,58	0,14	52,90	10,00
D-E	0,40	0,19	16	25,00	3,5	18,00	0,7	0,05	-0,81	7,00	44,80	0,90	0,53	1,43	0,08	44,72	10,00
D-F	0,40	0,19	16	25,00	3,5	18,00	0,7	0,05	0,81	11,60	61,00	3,02	0,88	3,90	0,21	60,79	10,00

Tabela 4 - Boiler 02

Trecho	Soma dos pesos no trecho	Vazão de cálculo	Diâmetro				Velocidade	Perda de carga unitária	Diferença de cota	Resistência Localizada SR	Pressão disponível	Comprimento			Perda de carga Total	Pressão disponível residual	Pressssão requerida no ponto de utilização
			Dmínimo	Dnominal	Espessura	Dinterno			desce (+) sobe (-)			Tubulação (Real)	Equivalente	Total			
			mm	mm	mm	mm			m		kPa	m	m	m	Kpa	Kpa	kPa
A-B	1,20	0,33	20	32,00	4,5	23,00	0,8	0,04	0,62	18,65	28,01	0,76	1,50	2,26	0,09	27,93	10,00
B-C	1,20	0,33	20	25,00	3,5	18,00	1,3	0,05	1,71	24,90	45,03	5,57	3,28	8,85	0,47	44,56	10,00
C-D	0,40	0,19	16	25,00	3,5	18,00	0,7	0,05	-0,81	4,10	36,46	0,90	0,31	1,21	0,06	36,39	10,00
C-E	0,80	0,27	18	25,00	3,5	18,00	1,1	0,05	0,71	5,00	51,66	1,38	0,54	1,92	0,10	51,56	10,00
E-F	0,40	0,19	16	25,00	3,5	18,00	0,7	0,05	-1,52	5,60	36,36	1,64	0,43	2,07	0,11	36,25	10,00
E-G	0,40	0,19	16	25,00	3,5	18,00	0,7	0,05	-1,52	7,60	36,36	2,30	0,58	2,88	0,15	36,21	10,00

Tabela 5 - Boiler 03

Trecho	Soma dos pesos no trecho	Vazão de cálculo	Diâmetro				Velocidade	Perda de carga unitária	Diferença de cota desce (+) sobe (-)	Resistência Localizada SR	Pressão disponível	Comprimento			Perda de carga Total	Pressão disponível residual	Pressão requerida no ponto de utilização
			Dmínimo	Dnominal	Espessura	Dinterno						Tubulação (Real)	Equivalente	Total			
			mm	mm	mm	mm						m	m	m			
A-B	1,20	0,33	20	32,00	4,5	23,00	0,8	0,04	0,62	18,65	28,01	0,81	1,50	2,31	0,09	27,92	10,00
B-C	1,20	0,33	20	25,00	3,5	18,00	1,3	0,05	1,71	24,90	45,02	3,64	3,28	6,92	0,37	44,66	10,00
C-D	0,40	0,19	16	25,00	3,5	18,00	0,7	0,05	-0,81	4,10	36,56	0,90	0,31	1,21	0,06	36,49	10,00
C-E	0,80	0,27	18	25,00	3,5	18,00	1,1	0,05	0,76	5,00	52,26	1,44	0,54	1,98	0,10	52,15	10,00
E-F	0,40	0,19	16	25,00	3,5	18,00	0,7	0,05	-1,56	5,60	36,55	1,64	0,43	2,07	0,11	36,45	10,00
E-G	0,40	0,19	16	25,00	3,5	18,00	0,7	0,05	-1,56	7,60	36,55	2,30	0,58	2,88	0,15	36,40	10,00

Tabela 6 - Boiler 04

Trecho	Soma dos pesos no trecho	Vazão de cálculo	Diâmetro				Velocidade	Perda de carga unitária	Diferença de cota desce (+) sobe (-)	Resistência Localizada SR	Pressão disponível	Comprimento			Perda de carga Total	Pressão disponível residual	Pressão requerida no ponto de utilização
			Dmínimo	Dnominal	Espessura	Dinterno						Tubulação (Real)	Equivalente	Total			
			mm	mm	mm	mm						m	m	m			
A-B	1,20	0,33	20	32,00	4,5	23,00	0,8	0,04	0,62	18,65	24,16	0,81	1,50	2,31	0,09	24,07	10,00
B-C	1,20	0,33	20	25,00	3,5	18,00	1,3	0,05	0,19	21,90	25,97	4,08	2,88	6,96	0,37	25,60	10,00
C-D	0,80	0,27	18	25,00	3,5	18,00	1,1	0,05	1,62	3,20	41,80	1,61	0,34	1,95	0,10	41,70	10,00
D-E	0,40	0,19	16	25,00	3,5	18,00	0,7	0,05	1,00	11,80	35,60	0,99	0,90	1,89	0,10	35,50	10,00
D-F	0,40	0,19	16	25,00	3,5	18,00	0,7	0,05	0,81	11,80	43,60	3,14	0,90	4,03	0,21	43,39	10,00
C-G	0,40	0,19	16	25,00	3,5	18,00	0,7	0,05	-0,94	22,80	26,10	5,37	1,73	7,10	0,38	25,73	10,00

Tabela 7 - Boiler 05

Trecho	Soma dos pesos no trecho	Vazão de cálculo	Diâmetro				Velocidade	Perda de carga unitária	Diferença de cota	Resistência Localizada SR	Pressão disponível	Comprimento			Perda de carga Total	Pressão disponível residual	Pressssão requerida no ponto de utilização
			Dmínimo	Dnominal	Espessura	Dinterno						Tubulação (Real)	Equivalente	Total			
			mm	mm	mm	mm		m.c.a/m	desce (+) sobe (-)			m	m	m	Kpa	Kpa	kPa
A-B	1,20	0,33	20	32,00	4,5	23,00	0,8	0,04	0,62	18,65	23,08	0,81	1,50	2,31	0,09	22,99	10,00
B-C	1,20	0,33	20	25,00	3,5	18,00	1,3	0,05	1,69	37,00	39,89	4,08	4,87	8,95	0,47	39,41	10,00
C-D	0,40	0,19	16	25,00	3,5	18,00	0,7	0,05	0,94	6,00	48,81	1,61	0,46	2,07	0,11	48,71	10,00
C-E	0,80	0,27	18	25,00	3,5	18,00	1,1	0,05	1,47	4,10	54,11	0,99	0,44	1,43	0,08	54,04	10,00
E-F	0,40	0,19	16	25,00	3,5	18,00	0,7	0,05	1,65	8,20	70,54	3,14	0,62	3,76	0,20	70,34	10,00
E-G	0,40	0,19	16	25,00	3,5	18,00	0,7	0,05	2,30	8,70	77,04	5,37	0,66	6,03	0,32	76,72	10,00

Tabela 8 - Piscina

Trecho	Vazão	Ø Diâmetro	Perda de carga unitária	Comprimento		Perda de carga total		
				Tubulação (Real)	Registros/ conexões	Tubulação	Registros/ conexões	Total
	l/s	mm	Kpa/m	m	m	kpa	kpa	mca
Recalque	12,41	75,0	0,88	172,50	391,00	152,57	345,84	49,84
Sucção	12,41	110	0,143	13,65	226	1,96	32,41	3,44

### *1.1.1. Instruções para instalação das bombas centrífugas*

De maneira a orientar a instalação do conjunto elevatório, a seguir são elencadas recomendações tipicamente adotadas na instalação de bombas centrífugas:

- ✓ Instalar a motobomba o mais próximo possível da fonte de captação de água, garantindo a ausência de sólidos em suspensão;
- ✓ O local de instalação da motobomba deverá ser iluminado e seco, de fácil acesso para agilizar na hora da manutenção/inspeção, com espaço suficiente para ventilação do motor;
- ✓ Não expor a motobomba a ação do tempo, protegendo-a das intempéries (sol, chuva, poeira, umidade, etc.);
- ✓ Fixar a motobomba sobre uma base rígida e regular (de preferência de concreto ou alvenaria), isenta de vibrações. Procure manter um pequeno declive no sentido da captação. E. Utilizar o mínimo possível de conexões na instalação, dando preferência sempre às curvas no lugar de joelhos;
- ✓ No caso das motobombas com bocais de rosca, sugerimos instalar (próximos aos bocais) uniões, tanto na canalização de sucção como no recalque para facilitar a montagem e desmontagem do conjunto;
- ✓ Faça suportes para sustentar o peso das canalizações para que o mesmo não pressione a bomba;
- ✓ Usar válvula de pé (fundo de poço) com um diâmetro superior ao da canalização de sucção. Instalar a válvula no mínimo 20 cm do fundo do local da captação, garantindo uma coluna de água sobre a válvula suficiente para não entrar ar pela mesma;
- ✓ Na sucção usar tubo com rosca. Vedar todas as conexões com vedante apropriado, evitando assim a entrada de ar. Obs.: Nunca roscar a tubulação de sucção além do final da rosca do bocal do caracol, evitando desta forma o travamento do rotor;
- ✓ Quando a motobomba for instalada numa cisterna ou reservatório, mantenha uma certa distância entre a canalização de abastecimento desse reservatório e o ponto de sucção da bomba, evitando assim, a sucção de bolhas de ar;
- ✓ Nunca reduza os diâmetros das tubulações (bitolas) de sucção e recalque da bomba. Utilize sempre canalização com diâmetro igual ou maior à da bomba. Os

diâmetros orientativos das tubulações devem ser compatíveis com a vazão desejada;

- ✓ Antes de conectar a tubulação de recalque à bomba, faça a escorva da mesma, ou seja, preencha com água todo o corpo da bomba e a tubulação de sucção, para eliminar o ar existente em seu interior. Nunca deixe a motobomba operar sem água em seu interior;
- ✓ Recomenda-se bombear água, por algum tempo, para fora do reservatório afim de eliminar eventuais impurezas contidas na instalação hidráulica.

#### *1.1.2. Causas de funcionamento deficiente*

Em qualquer das deficiências mencionadas a seguir, examinar todas as causas indicadas para a mesma:

Se o líquido não é recalcado:

- ✓ A bomba pode não estar escovada (ar ou gás na sucção);
- ✓ A rotação pode estar abaixo da especificada;
- ✓ A altura manométrica é superior a prevista;
- ✓ A altura na sucção está acima da permitida;
- ✓ O rotor pode estar completamente entupido;
- ✓ O rotor ou engrenagens podem estar rodando em sentido contrário;
- ✓ A tubulação de sucção está obstruída.

Se o líquido recalcado é insuficiente:

- ✓ Existe entrada de ar na tubulação ou na caixa de gaxetas;
- ✓ A rotação está abaixo da especificada;
- ✓ A altura manométrica é superior a prevista;
- ✓ A altura de sucção está acima da permitida;
- ✓ O rotor pode estar parcialmente obstruído;
- ✓ A válvula de pé está obstruída
- ✓ A válvula de pé ou extremidade da sucção está pouco imersa no líquido;
- ✓ O engaxamento tem defeito;
- ✓ A tubulação de sucção está parcialmente obstruída.

Se a pressão é insuficiente:

- ✓ A rotação pode estar abaixo da especificada;
- ✓ Pode haver ar ou gases no líquido (na tubulação ou na bomba);

- ✓ Os anéis de vedação estão demasiadamente gastos;
  - ✓ O rotor está avariado ou com diâmetro pequeno;
  - ✓ O engaxamento tem defeito;
  - ✓ As engrenagens estão gastas ou com folgas excessivas.
- Se a bomba funciona por um tempo e depois perde a sucção.
- ✓ Há vazamento na linha de sucção;
  - ✓ Há entupimento parcial na linha de sucção;
  - ✓ A altura de sucção está acima da permitida;
  - ✓ Existe ar ou gases no líquido, na linha de sucção ou na caixa das gaxetas;
  - ✓ O sistema de sucção está operando com submersão inferior a mínima estabelecida em projeto, causando vórtices e levando ar a tubulação.