

# DEMSUR

**Projeto do sistema para destinação final dos efluentes dos bairros  
Padre Tiago, Inconfidência I e Inconfidência II.**

**VOLUME 01 - Memorial Descritivo e de Cálculo**

# DEMSUR

**MURIAÉ-MG**

**Março / 2023**

## Sumário

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>4</b>
<b>1. RESUMO DA CONCEPÇÃO TÉCNICA</b> .....	<b>5</b>
<b>2. PARÂMETROS DE PROJETO</b> .....	<b>7</b>
<b>3. EMISSÁRIO DE ESGOTOS</b> .....	<b>8</b>
3.1. Diretrizes Gerais.....	8
3.2. Quesitos a Serem Verificados e Atendidos.....	8
3.3. Diâmetros e Materiais.....	8
3.4. Tensão Trativa.....	8
3.5. Declividade.....	9
3.6. Velocidade de Escoamento.....	9
3.7. Lâmina d'Água.....	9
3.8. Traçado da Tubulação.....	10
3.9. Sistematização dos Cálculos.....	10
3.10. Resumo da Tubulação a Implantar.....	10
<b>4. ELEVATÓRIA FINAL PADRE TIAGO</b> .....	<b>11</b>
4.1. Justificativa.....	11
4.2. Informações para o Dimensionamento.....	11
4.3. Escolha dos Diâmetros.....	11
4.3.1. Diâmetro do barrilete ( $D_B$ ).....	11
4.3.2. Diâmetro da linha de recalque ( $D_R$ ).....	11
4.4. Cálculo da Altura Manométrica.....	12
4.4.1. Perda de carga contínua na tubulação de recalque.....	12
4.4.2. Perdas de carga localizada no recalque.....	12
4.4.3. Perda de carga total.....	12
4.4.4. Altura manométrica.....	12
4.5. Seleção da bomba.....	13
4.6. Poço de Sucção.....	13
4.6.1. Volume do poço de sucção.....	13
4.6.2. Caracterização do poço de sucção.....	14
4.7. Linha de Recalque.....	14
4.7.1. Transientes hidráulicos – metodologia aplicada.....	14
4.7.2. Condições operacionais do sistema.....	16
4.7.3. Características físicas do fluido a recalcar.....	16
4.7.4. Caracterização da linha de recalque.....	16

4.7.5.	Tempo de parada.....	16
4.7.6.	Resultados obtidos .....	16
4.8.	Dispositivos Operacionais e de Segurança da Linha de Recalque.....	17
4.8.1.	Ventosas .....	17
4.8.2.	Registros de descarga .....	17



## **APRESENTAÇÃO**

O presente trabalho constitui-se no projeto básico para destinação final do esgoto dos bairros Padre Tiago, Inconfidência I e Inconfidência II, elaborado pelo Departamento Municipal de Saneamento Urbano.



## **1. RESUMO DA CONCEPÇÃO TÉCNICA**

O município de Muriaé contratou através do PROCESSO LICITATÓRIO PREGÃO 076/2018 - CONTRATO Nº 039/2018 a empresa Ottawa Engenharia Ltda para elaborar um projeto de tratamento secundário dos efluentes da ETE Principal integrado com o tratamento dos efluentes brutos provenientes do bairro Padre Tiago, Inconfidência I e Inconfidência II.

Porém, diante da perspectiva de não haver recursos para elaborar tal projeto, O município de Muriaé através do DEMSUR optou por realizar um projeto adicional dando destinação adequada para o esgoto bruto dos referidos bairros.

Tal projeto prevê a condução destes efluentes dos bairros para a Estação de Tratamento de Esgoto do loteamento Santa Laura, construída no final em 2020 pelo responsável pelo loteamento, sendo que esta já foi feita a pedido do DEMSUR considerando o acréscimo de vazão para os bairros Padre Tiago, Inconfidência I e Inconfidência II, conforme levantado originalmente pela Ottawa Engenharia Ltda.

### **1.1. DESCRIÇÃO DO SISTEMA RECEPTOR DOS EFLUENTES**

O loteamento Santa Laura foi um empreendimento de grande porte recentemente recebido pelo município de Muriaé. Tal loteamento é composto de 2.318, e está inserido no extremo leste de nossa cidade.

Na época da elaboração do estudo de concepção deste convênio, tal loteamento foi citado como alternativa para receber os efluentes dos bairros Padre Tiago, Inconfidência I e Inconfidência II, porém, devido ao fato do DEMSUR à época não possuir a segurança necessária de que o loteador iria executar sua infraestrutura, tal opção foi abandonada.

Porém, daquele momento até a presente, a administração do DEMSUR conseguiu negociar com os empreendedores do referido bairro uma série de benfeitorias a título de compensação pelos impactos causados no seu entorno devido a seu porte. Dentre elas, a alteração dos projetos originais a fim de permitir que uma elevatória de esgoto e a ETE específica do empreendimento recebessem o acréscimo de vazão de proveniente dos bairros Padre Tiago, Inconfidência I e Inconfidência II, que em final de plano seria de 12,85 l/s.

Originalmente a elevatória deste loteamento que era proposta para receber os efluentes apenas do novo empreendimento, com uma vazão de 4,82 l/s e uma bomba de 3 CV modelo Flygt MP 3069 HT 352, e a ETE projetada para uma vazão de 15,50 l/s, calculada também considerando apenas a estimativa de efluente gerado no final de plano do empreendimento.

Porém, após a referida negociação, foi alterada a bomba projetada para uma bomba de 11CV, modelo Flygt K 1320.181 SH, suficiente para recalque da vazão total de 17,67 l/s (12,85 l/s + 4,82 l/s).

Já a estação de tratamento de efluentes foi ampliada da vazão original para a vazão de 2.731,07 m<sup>3</sup>/dia ou 31,61 l/s, com uma folga ainda de 7,24 l/s para reserva futura caso o DEMSUR venha a receber os esgotos da Penitenciária Estadual Dr. Manoel Lisboa.

A ETE que receberá esses esgotos já foi construída pelo empreendedor do loteamento, e a estação elevatória está atualmente em fase de implantação. O DEMSUR possui um acordo específico firmado com o empreendedor, garantindo a execução dessa estação elevatória. Este acordo estipula que lotes sejam caucionados junto a essa autarquia, a fim de viabilizar a execução da estação caso o loteador não cumpra com os termos do acordo.

# DEMSUR

## 2. PARÂMETROS DE PROJETO

O dimensionamento para atendimento dos bairros Padre Tiago, Inconfidência I e Inconfidência II foram realizados a partir dos parâmetros básicos de projeto estabelecidos no Estudo de Concepção do projeto original que precedeu à elaboração de todos os projetos básicos pela empresa Ottawa Engenharia Ltda.

Tabela 1. Vazões Padre Tiago, Inconfidência I e II

Ponto/Logradouro	População	Vazões de Projeto				
	Final de Plano (hab)	Infiltração Final de Plano (L/s)	Mínima Final de Plano (L/s)	Média Final de Plano (L/s)	Máx.dia Final de Plano (L/s)	Máx.h Final de Plano (L/s)
Total	4.564	0,91	4,23	7,54	8,87	12,85

# DEMSUR

### 3. EMISSÁRIO DE ESGOTOS

#### 3.1. Diretrizes Gerais

O emissário de esgotos que atenderá aos bairros Padre Tiago, Inconfidência I e Inconfidência II será realizado em uma pequena extensão dentro da área interna da elevatória, e na sequencia realizou-se sua verificação hidráulica. A formulação matemática e os parâmetros técnicos empregados no projeto estão a seguir descritos.

#### 3.2. Quesitos a Serem Verificados e Atendidos

Tensão Trativa mínima.....  $T_t > 0,6 \text{ Pa}$   
Vazão mínima de cálculo .....  $1,5 \text{ L/s}$   
Velocidade máxima na tubulação .....  $5,0 \text{ m/s}$   
Lâmina d'água máxima .....  $75\%$

#### 3.3. Diâmetros e Materiais

Os diâmetros das tubulações foram estabelecidos de acordo com as normas e especificações brasileiras e foi prevista a utilização de tubos de PVC de 200 mm de diâmetro em toda extensão do emissário.

#### 3.4. Tensão Trativa

Para todo o trecho da tubulação foi verificada a tensão trativa média, sendo o valor mínimo admitido igual a 0,6 Pa, valor esse imposto para garantir as condições de auto limpeza em tubulações de PVC.

As tensões trativas ( $T_t$ ), foram calculadas através das seguintes expressões matemáticas:

$$T_t = \delta \times R_H \times l$$

$$R_H = \frac{D}{4} \left( 1 - \frac{\text{sen} \theta}{\theta} \right)$$

$$\theta = 2 \cos^{-1} \left( 1 - 2 \frac{y}{D} \right)$$

$$\frac{y}{D} = K \left\{ \text{sen} \left[ \frac{\pi}{180} (53 + 100K) \right] \right\} \left( \frac{1}{6} \right)$$

$$K = \text{tg} \left[ \frac{\pi}{180} \left( \frac{4961,5 \times n \times Q}{D^3 \times I^2} \right)^{0,493} \right]$$

Obs.: o fator  $\frac{\pi}{180}$  é utilizado para converter o argumento das funções trigonométricas de graus para radianos.

Onde:

$\delta$  = peso específico do esgoto =  $10^4 \text{ N/m}^3$ ;

$I$  = declividade do trecho (m/m);

$D$  = diâmetro da tubulação;

$y$  = altura da lâmina d'água;

$Q$  = vazão no trecho;

$n$  = coeficiente de *Manning* = 0,013.

### 3.5. Declividade

As declividades mínimas das tubulações foram definidas para atendimento simultâneo aos critérios tensão trativa maior ou igual 0,6 Pa, e lâmina d'água menor ou igual a 75%. A declividade máxima é aquela que proporciona velocidade de escoamento igual a 5,0 m/s.

### 3.6. Velocidade de Escoamento

A velocidade de escoamento do esgoto em tubulação de seção circular foi avaliada pela expressão:

$$V = \frac{8Q}{D^2(\theta - \text{sen}\theta)}$$

### 3.7. Lâmina d'Água

As lâminas d'água foram calculadas admitindo o escoamento em regime uniforme e permanente, e seu valor máximo expresso como percentual do diâmetro da tubulação no presente caso, 75%.

### 3.8. Traçado da Tubulação

A definição do traçado do emissário seguiu o consenso entre os técnicos do DEMSUR após visitas técnicas e o levantamento planialtimétrico elaborado exclusivamente para este propósito.

### 3.9. Sistematização dos Cálculos

De acordo com o traçado das tubulações e a formulação matemática apresentada, elaborou-se o dimensionamento do emissário de esgotos apresentado a seguir. O carregamento das vazões das redes coletoras foi elaborado de acordo com o número de economias levantados pelo DEMSUR e planilhas de vazões apresentadas anteriormente. Chegou-se nos seguintes resultados:

Vazão Máxima.....	12,85 m
Coef. De Manning adotado .....	0,011
Declividade.....	0,00907 m/m
Lâmina D'água .....	40,72%
Velocidade.....	1,07 m/s
Tensão Trativa .....	3,94 Pa

### 3.10. Resumo da Tubulação a Implantar

Apresenta-se a seguir o resumo dos quantitativos e materiais empregados no emissário de esgotos a implantar.

PVC JE DN 200.....	12,13 m
--------------------	---------

DEMSUR

## 4. ELEVATÓRIA FINAL PADRE TIAGO

### 4.1. Justificativa

O emissário final do sistema Padre Tiago, Inconfidência I e Inconfidência II acompanham a margem esquerda do Rio Muriaé sob o regime hidráulico de condutos livres e só é possível seu encaminhamento para a estação de tratamento com a implantação de uma elevatória de esgotos. Assim será necessária a implantação de um sistema de recalque, para que sob o regime hidráulico de condutos forçados, os esgotos sejam transportados para o tratamento preliminar da ETE Padre Tiago, a ser implantada. Essa elevatória de esgotos será equipada por conjuntos moto bomba do tipo submersível, cujo dimensionamento a seguir se demonstra.

### 4.2. Informações para o Dimensionamento

Vazão máxima .....	12,85 L/s
Vazão mínima sem infiltração .....	3,32 L/s
Extensão da linha de recalque .....	743,89 m
Cota do NA máximo no poço de sucção .....	178,71 m
Cota do NA mínimo no poço de sucção .....	177,91 m
Cota mais elevada da linha de recalque .....	202,13 m
Altura geométrica .....	24,22 m

### 4.3. Escolha dos Diâmetros

#### 4.3.1. Diâmetro do barrilete ( $D_B$ )

De forma a evitar elevadas velocidades no barrilete de recalque adotou-se, o seu diâmetro igual a  $D_B = 100$  mm.

#### 4.3.2. Diâmetro da linha de recalque ( $D_R$ )

Para compatibilizar a curva do sistema com a curva da bomba empregou-se para a linha de recalque o diâmetro  $D_R = 150$  mm.

#### 4.4. Cálculo da Altura Manométrica

##### 4.4.1. Perda de carga contínua na tubulação de recalque

Diâmetro do recalque ( $D_R$ ) .....	150 mm
Vazão ( $Q_{m\acute{a}x}$ ) .....	12,85 L/s
Perda de carga unitária ( $J$ ) .....	0,0038 m/m
Perda de carga ( $hf_{cr}$ ) .....	2,827 m

##### 4.4.2. Perdas de carga localizada no recalque

Perdas de Carga Localizadas

Singularidades	Qte	DN (mm)	Vazão (L/s)	V (m/s)	K	$hf_{lr}$ (m)
Curva 90°	1	80	12,85	2,56	0,40	0,134
Ampliação 80x100	1	80	12,85	2,56	0,30	0,100
Tubo $L_{total} = 3,85$ m	1	100	12,85	1,64	0,80	0,110
Curva 90°	1	100	12,85	1,64	0,40	0,55
Válvula de retenção	1	100	12,85	1,64	2,50	0,343
Registro de gaveta	1	100	12,85	1,64	0,20	0,027
Curva 45°	1	100	12,85	1,64	0,20	0,027
Tê passagem direta	1	100	12,85	1,64	0,60	0,082
Junção	1	100	12,85	1,64	0,40	0,55
Ampliação	1	100x150	12,85	1,64	0,30	0,041
Curva 90°	3	150	12,85	0,73	0,40	0,032
Curva 22°	4	150	12,85	0,73	0,10	0,011
Curva 45°	9	150	12,85	0,73	0,20	0,049
Entrada em descarga livre	1	150	12,85	0,73	1,00	0,027
<b>Total</b>						<b>2,083</b>

##### 4.4.3. Perda de carga total

$$hf = hf_{cr} + hf_{lr}$$

$$hf = 2,827 + 2,083 \quad hf = 4,91 \text{ m}$$

##### 4.4.4. Altura manométrica

$$H_{man} = H_g + hf$$

$$H_{man} = 24,22 + 4,91 \quad H_{man} = 29,13 \text{ m}$$

#### 4.5. Seleção da bomba

A partir da altura manométrica e vazão foi realizada a seleção da bomba, cujo as características são:

Marca ..... KSB  
Modelo ..... AMAREX KRT N 65-217 F / 112 UEG  
Diâmetro da descarga ..... 80 mm  
Rotação ..... 1.750 r.p.m.  
Rendimento da bomba ..... 55%  
Potência consumida ..... 9,44 cv  
Potência do motor ..... 15,0 cv  
Vazão da bomba ..... 46,26 m<sup>3</sup>/h  
Altura manométrica ..... 29,13 m

#### 4.6. Poço de Sucção

##### 4.6.1. Volume do poço de sucção

Para garantir a intermitência de 10 minutos entre duas partidas consecutivas do conjunto moto-bomba, é necessário um poço de sucção com volume útil ( $V_u$ ) definido da seguinte forma.

( $T_1$ ) tempo de enchimento do poço de sucção

$$T_1 = \frac{V_u}{Q_e}$$

$Q_e$ , vazão afluyente de esgoto.

( $T_2$ ) = tempo de esvaziamento do poço de sucção

$$T_2 = \frac{V_u}{Q_B - Q_e}$$

$Q_B$  - Vazão da bomba definida no item anterior.

( $T_c$ ) Tempo do Ciclo

$T_c = T_1 + T_2$  deve ser no mínimo igual a 10 minutos.

$$\frac{V_u}{Q_e} + \frac{V_u}{Q_B - Q_e} \geq 10$$

Através do cálculo diferencial determina-se o menor volume do poço de

sucção que satisfaz a relação acima, expressa pela fórmula:

$$V_u \geq 2,5 \times Q_B$$

$$Q_B = 20,102 \text{ L/s} \rightarrow 1,34 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$V_u \geq 2,5 \times 1,34$$

$$V_u \geq 3,34 \text{ m}^3$$

#### 4.6.2. Caracterização do poço de sucção

- Formato ..... Prismático
- Comprimento ..... 1,80 m
- Largura ..... 2,00 m
- Submergência mínima ..... 0,60 m
- Altura útil ..... 0,80 m
- Altura efetiva ..... 1,00 m
- Volume útil ..... 2,88 m<sup>3</sup>
- Volume efetivo ..... 3,60 m<sup>3</sup>
- Vazão mínima sem infiltração ..... 3,32 L/s
- Tempo de detenção hidráulico ..... 18,07 minutos

#### 4.7. Linha de Recalque

##### 4.7.1. Transientes hidráulicos – metodologia aplicada

###### 4.7.1.1. Celeridade (C)

$$C = 9.900 \times \left( 48,3 + \frac{K \times D}{e} \right)^{-1/2} \quad (\text{m/s})$$

Onde:

K – Coeficiente relativo ao material constituinte da tubulação;

D – Diâmetro da tubulação (mm);

e – Espessura da parede da tubulação (mm).

###### 4.7.1.2. Período da tubulação (T)

$$T = \frac{2 \times L}{C} \quad (\text{s})$$

Onde:

L – Comprimento da tubulação (m);

C – Celeridade da tubulação (m/s)

## 4.7.1.3. Tempo de parada (t)

$$t = F_1 + \frac{F_2 \times L \times v}{g \times H_m} \quad (\text{s})$$

Onde:

L – Extensão da adutora (m);

v – Velocidade do fluxo (m/s);

 H<sub>m</sub> – Altura manométrica (m);

 g – Aceleração da gravidade (m/s<sup>2</sup>);

 F<sub>1</sub> – Função da razão entre a altura manométrica e o comprimento da tubulação

$$F_1 = f\left(\frac{H_m}{L}\right)$$

▪ $\frac{H_m}{L} \leq 0,20$	.....	F <sub>1</sub> = 1,0
▪ $\frac{H_m}{L} \leq 0,25$	.....	F <sub>1</sub> = 0,8
▪ $\frac{H_m}{L} \leq 0,30$	.....	F <sub>1</sub> = 0,6
▪ $\frac{H_m}{L} \leq 0,35$	.....	F <sub>1</sub> = 0,4
▪ $\frac{H_m}{L} \leq 0,40$	.....	F <sub>1</sub> = 0,0

 F<sub>2</sub> – Coeficiente que representa o efeito das partes rotativas do conjunto moto bomba

▪ L < 500 m	.....	F <sub>2</sub> = 2,00
▪ L ≅ 500 m	.....	F <sub>2</sub> = 1,75
▪ 500 m < L < 1.500 m	.....	F <sub>2</sub> = 1,50
▪ L ≅ 1.500 m	.....	F <sub>2</sub> = 1,25
▪ L > 1.500 m	.....	F <sub>2</sub> = 1,00

## 4.7.1.4. Variação da pressão (ΔH)

Se  $t \geq T$  então a manobra é lenta, a variação da pressão é calculada pela equação de Michaud.

$$\Delta H = \frac{2 \times L \times v}{g \times t} \quad (\text{m})$$

Se  $t \leq T$  então a manobra é rápida, neste caso a variação da pressão é calculada pela equação de Allievi.

$$\Delta H = \frac{C \times v}{g} \quad (\text{m})$$

#### 4.7.2. Condições operacionais do sistema

- Vazão ..... 12,85 L/s
- Altura geométrica ..... 24,22 m
- Altura manométrica ..... 29,13 m
- Perda de carga ..... 4,91 m

#### 4.7.3. Características físicas do fluido a recalcar

- Fluido ..... esgoto bruto
- Massa específica ..... 998,20 kg/m<sup>3</sup>
- Módulo de elasticidade ..... 2,05 GPa

#### 4.7.4. Caracterização da linha de recalque

- Material ..... PVC
- Extensão ..... 743,89 m
- Diâmetro ..... 150 mm
- Espessura da parede ..... 6,8 mm
- Módulo de elasticidade do material ..... 170,00 GPa
- Coeficiente de Poisson do material ..... 0,25
- Fator relativo à fixação da tubulação ..... 1,10
- Celeridade ..... 1260 m/s
- Velocidade ..... 0,72 m/s
- Período da tubulação ..... 3,17 s

#### 4.7.5. Tempo de parada

- $\frac{H_m}{L}$  ..... 0,19
- F1 ..... 1,00
- F2 ..... 1,50
- Tempo de parada (t) ..... 2,0 s
- Tipo de manobra ..... rápida

#### 4.7.6. Resultados obtidos

- Variação de pressão ..... 13,080 m
- Cota piezométrica máxima em regime permanente ..... 210,290 m

- Cota piezométrica relativa à sobre pressão máxima.....223,370 m
- Cota piezométrica relativa à subpressão mínima.....197,210 m
- Acréscimo de pressão sobre a altura manométrica .....8,170 m

Toda a extensão da linha de recalque será constituída por tubos de PVC DEFOFO, pois mesmo nas ocorrências de golpes de aríete, as pressões internas nessa tubulação sempre serão positivas e inferiores ao limite de capacidade de resistência relativa à classe de tubos especificados, que é de 100 metros de coluna d'água.

#### **4.8. Dispositivos Operacionais e de Segurança da Linha de Recalque**

##### **4.8.1. Ventosas**

Em função do traçado da linha de recalque, será utilizado no ponto mais alto da rede o uso de ventosa. A expulsão e admissão de ar na linha de recalque, por ocasião do seu enchimento ou esvaziamento respectivamente, ocorrerá através da mesma.

##### **4.8.2. Registros de descarga**

O único ponto baixo da tubulação ocorre próximo a chegada no bairro Santa Laura, onde foi prevista uma descarga que permitirá, caso seja necessário, seu completo esvaziamento.

# DEMSUR