



PREFEITURA MUNICIPAL DE MURIAÉ - MG

# PROJETOS PARA SISTEMAS DE ESGOTOS SANITÁRIOS DE MURIAÉ

Contrato 039/2018



BAIRROS EDGAR MIRANDA, CHALÉ E PARTE DO PORTO BELO  
PROJETO BÁSICO  
VOLUME I – MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULOS

**OTTAWA**  
ENGENHARIA

**SETEMBRO / 2019**

# PROJETOS PARA SISTEMAS DE ESGOTOS SANITÁRIOS DE MURIAÉ – MG

Contrato 039/2018



## **Prefeitura Municipal de Muriaé**

Av. Maestro Sansão, nº236, Bairro Centro

Muriaé – MG CEP 36.880-002

Telefone: (32) 3696-3362

BAIRROS EDGAR MIRANDA, CHALÉ E PARTE  
DO PORTO BELO - PROJETO BÁSICO  
VOLUME I – MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULOS  
2ª VERSÃO

**OTTAWA**  
ENGENHARIA

MURIAÉ  
SETEMBRO / 2019

OTTAWA Engenharia Ltda.  
Rua Nilton Baldo, 744-A, Bairro Paquetá, Belo Horizonte – MG

Projetos para Sistemas de Esgotos Sanitários de Muriaé – MG  
Bairros Edgar Miranda, Chalé e Parte do Porto Belo - Projeto Básico  
Volume I – Memorial Descritivo e de Cálculos  
Ano: 2018  
nº de f. 32

Prefeitura de Muriaé – Av. Maestro Sansão, nº236, Bairro Centro  
Muriaé – MG.

**SUMÁRIO**

<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>1 INFORMAÇÕES CADASTRAIS.....</b>	<b>4</b>
1.1 Identificação do Proponente .....	4
1.2 Responsabilidade Técnica pelo Projeto de Engenharia .....	4
1.3 Equipe Técnica.....	4
<b>2 RESUMO DA CONCEPÇÃO TÉCNICA .....</b>	<b>6</b>
<b>3 PARÂMETROS DE PROJETO .....</b>	<b>7</b>
<b>4 REDES COLETORAS E INTERCEPTORAS DE ESGOTOS .....</b>	<b>9</b>
4.1 Diretrizes Gerais.....	9
4.2 Quesitos a Serem Verificados e Atendidos.....	9
4.3 Diâmetros e Materiais.....	9
4.4 Tensão Trativa.....	9
4.5 Declividade .....	10
4.6 Velocidade de Escoamento .....	10
4.7 Lâmina d'Água .....	11
4.8 Traçado da Tubulação.....	11
4.9 Sistematização dos Cálculos .....	11
4.10 Resumo da Tubulação a Implantar .....	11
<b>5 ELEVATÓRIA DE TRANSPOSIÇÃO DE BACIAS.....</b>	<b>12</b>
5.1 Justificativa.....	12
5.2 Informações para o Dimensionamento .....	12
5.3 Escolha dos Diâmetros.....	12
5.3.1 Diâmetro do barrilete ( $D_B$ ) .....	12
5.3.2 Diâmetro da linha de recalque ( $D_R$ ) .....	12
5.4 Cálculo da Altura Manométrica .....	13
5.4.1 Perda de carga contínua na tubulação de recalque.....	13
5.4.2 Perdas de carga localizada no recalque.....	13
5.4.3 Perda de carga total.....	13
5.4.4 Altura manométrica .....	13
5.5 Curvas da Bomba, do Sistema e Ponto de Operação.....	13
5.5.1 Curva do sistema .....	13
5.5.2 Curva da bomba.....	14
5.5.3 Curvas do sistema e da bomba .....	16
5.5.4 Ponto de operação .....	16
5.6 Especificação dos Conjuntos Moto-Bombas .....	16
5.7 Poço de Sucção .....	17
5.7.1 Volume do poço de sucção .....	17
5.7.2 Caracterização do poço de sucção .....	17
5.8 Linha de Recalque.....	18
5.8.1 Transientes hidráulicos – metodologia aplicada .....	18
5.8.2 Condições operacionais do sistema .....	19

5.8.3	Características físicas do fluido a recalcar .....	20
5.8.4	Caracterização da linha de recalque .....	20
5.8.5	Tempo de parada .....	20
5.8.6	Resultados obtidos.....	20
5.9	Dispositivos Operacionais e de Segurança da Linha de Recalque .....	24
5.9.1	Ventosas .....	24
5.9.2	Registros de descarga .....	24
5.9.3	Empuxos e blocos de ancoragem .....	24
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>26</b>
<b>7</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>27</b>
	ANEXO 1. Planilhas de Dimensionamento das Redes Coletoras	
	ANEXO 2. Planilhas de Dimensionamento dos Blocos de Ancoragem	

## **APRESENTAÇÃO**

O presente trabalho constitui-se no projeto básico das melhorias e ampliações dos sistemas de esgotos sanitários dos Bairros Edgar Miranda, Chalé e parte do Porto Belo, elaborado por OTTAWA ENGENHARIA LTDA, contratada pelo Município de Muriaé através do PROCESSO LICITATÓRIO PREGÃO 076/2018 - CONTRATO Nº 039/2018.

## 1 INFORMAÇÕES CADASTRAIS

### 1.1 Identificação do Proponente

- Razão Social: Prefeitura Municipal de Muriaé
- CNPJ: 17.947.581/0001-76
- Prefeito: Ioannis Konstantinos Grammatikopoulos
- Endereço: Av. Maestro Sansão, nº 236, Centro
- Município/UF: Muriaé - MG
- CEP: 36.880-002
- Telefax: (32) 3696-3362
- Endereço eletrônico: cmagno.smderi@gmail.com

### 1.2 Responsabilidade Técnica pelo Projeto de Engenharia

- Nome: Ottawa Engenharia Ltda.
- Endereço: Rua Nilton Baldo, 744-A  
Bairro Jardim Paquetá  
Belo Horizonte – MG / CEP: 31.330-660
- Endereço eletrônico: ottawaeng@terra.com.br

### 1.3 Equipe Técnica



- Coordenador Geral do Projeto, Engenheiro Civil:  
Carlos Mauro Novais Gonçalves  
CREA-MG: 49.318/ D
- Especialista, Engenheiro Civil:  
Hudson Costa Rocha  
CREA-MG: 99.507/D
- Engenheiro Civil de Estruturas:  
Olavo Ianhez Neto  
CREA-MG: 154.912/D
- Engenheiro Orçamentista:

Gildácio Pereira Chagas  
CREA-MG: 184.893/D

▪ Engenheiro Eletricista:

Coracy Martins  
CREA-MG: 36.457/D

▪ Consultor Ambiental:

Guilherme de Faria Barreto  
Biólogo CRBio: 30.774-4

## 2 RESUMO DA CONCEPÇÃO TÉCNICA

As redes coletoras de esgotos oriundas dos bairros Edgar Miranda, Chalé e parte do Porto Belo realizam o lançamento em uma rede pluvial que atravessa a Rodovia BR 356 e desagua na margem esquerda o Rio Muriaé. Esses esgotos serão recolhidos, antes dos atuais lançamentos, por uma rede coletora que se interligará a uma nova elevatória a ser implantada. Dessa nova elevatória os esgotos seguirão sob o regime de condutos forçado, em linha de recalque, até à Rua Capitão Wiliam da Costa, de onde seguirão por gravidade até a rede coletora existente na Estrada Fazenda da Conceição. Segundo informado pelos técnicos do DEMSUR essa rede localizada na Estrada Fazenda Conceição terá sua tubulação de cerâmica substituída por tubos de PVC DN 150 e o acréscimo de vazão proveniente da nova elevatória não trará prejuízo ao funcionamento da mesma. Salieta-se que essa rede deverá ser interligada à nova travessia que atenderá ao Bairro Vila Conceição, cujo dimensionamento considerou também a contribuição de vazão do sistema aqui projetado.

### **3 PARÂMETROS DE PROJETO**

O dimensionamento das redes coletoras, interceptoras e sistema de recalque, necessários a esse sistema, foram realizados a partir dos parâmetros básicos de projeto estabelecidos no Estudo de Concepção que precedeu à elaboração de todos os projetos básicos relacionados no objeto da contratação citada na apresentação desse relatório.

Apresenta-se a seguir a tabela com os resumos das vazões dos pontos de interesse do projeto.

Tabela 1. Vazões dos Bairros Edgar Miranda, Chalé e Parte do Porto Belo

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)
Ponto 01 (Parte do Porto Belo)	317	0,06	0,26	0,52	0,62	0,89
Ponto 02	476	0,10	0,40	0,79	0,95	1,35
Ponto 03	354	0,07	0,29	0,58	0,70	1,00
Ponto 04	778	0,16	0,65	1,29	1,55	2,20
Rua Astolfo Menezes	28	0,01	0,03	0,05	0,06	0,08
Rua Maria Pacheco	43	0,01	0,04	0,07	0,08	0,12
Estrada de Terra	303	0,06	0,25	0,50	0,60	0,85

## 4 REDES COLETORAS E INTERCEPTORAS DE ESGOTOS

### 4.1 Diretrizes Gerais

As redes coletoras e interceptoras foram projetadas com base em levantamento topográfico elaborado exclusivamente para esse fim, e na sequência realizou-se sua verificação hidráulica, cujas planilhas de simulação hidráulica estão apensadas ao trabalho. A formulação matemática e os parâmetros técnicos empregados no projeto estão a seguir descritos.

### 4.2 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 .....  $75\%$
- Distância máxima entre PV's .....  $80 \text{ m}$
- Tubo de queda a partir de degraus superiores a .....  $\geq 0,50 \text{ m}$

### 4.3 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 no diâmetro 150 mm e de ferro fundido de 150 mm em situações de travessias de obstáculos, cursos d'água, elementos estruturais de drenagem urbana e rodovias.

### 4.4 Tensão Trativa

Para todos os trechos das tubulações foram verificadas as tensões trativas médias, sendo o valor mínimo admitido igual a 0,6 Pa, valores esses impostos para garantir as condições de auto limpeza em tubulações de PVC. Nos trechos em ferro fundido a tensão trativa mínima considerada foi de 1,0 Pa.

Nas duas situações as tensões trativas ( $T_t$ ), foram calculadas através das seguintes expressões matemáticas:

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

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

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

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

$$K = \text{tg} \left[ \frac{\pi}{180} \left( \frac{4961,5 \times n \times Q}{\frac{8}{D^3} \times \frac{1}{l^2}} \right)^{0,493} \right]$$

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 =  $10^4$  N/m<sup>3</sup>;

$l$  = 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.

#### 4.5 Declividade

As declividades mínimas das tubulações foram definidas para atendimento simultâneo aos critérios tensão trativa maior ou igual a 0,6 Pa ou 1,0 Pa conforme o material da tubulação, PVC e ferro fundido respectivamente, 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.

#### 4.6 Velocidade de Escoamento

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

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

#### 4.7 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%.

#### 4.8 Traçado da Tubulação

A definição do reticulado que representa o traçado das redes coletoras seguiu o consenso entre os técnicos da contratada e do DEMSUR durante as visitas técnicas e o levantamento planialtimétrico elaborado exclusivamente para este propósito.

#### 4.9 Sistematização dos Cálculos

De acordo com o traçado das tubulações e a formulação matemática apresentada, elaboraram-se planilhas de dimensionamento das redes coletoras de esgotos apresentadas em anexo. O carregamento das vazões das redes coletoras foi elaborado de acordo com o número de economias informado pelo DEMSUR e planilhas de vazões apresentadas anteriormente.

#### 4.10 Resumo da Tubulação a Implantar

Apresenta-se a seguir o resumo dos quantitativos e materiais empregados nas redes coletora e interceptora a implantar.

- PVC JE DN150 ..... 69,00 m
- F°F° JE DN150 ..... 15,00 m

Entre o final da linha de recalque e o PV existente será implantado um pequeno emissário de esgotos, sob o regime hidráulico de condutos livres, em tubos de PVC DN 150 mm, com extensão de 45,58 m, contabilizados no desenho representativo da linha de recalque conjugada com o emissário.

## 5 ELEVATÓRIA DE TRANSPOSIÇÃO DE BACIAS

### 5.1 Justificativa

As redes coletoras de esgotos dos bairros Edgar Miranda, Chalé e parte do Porto Belo, conforme citado no resumo da concepção desse projeto, convergem para o lançamento em uma rede de drenagem pluvial, de onde o escoamento dos esgotos, sob o regime hidráulico de condutos livres, só é possível para seu lançamento na margem esquerda do Rio Muriaé, sem o necessário tratamento. Assim será necessária a implantação de um sistema de recalque, para que, sob o regime hidráulico de condutos forçados, os esgotos dessa região sejam transportados para uma rede coletora existente, que por sua vez é hidráulicamente conectada à uma estação de tratamento de esgotos, no caso a ETE Principal. Essa elevatória de esgotos será equipada por conjuntos moto bombas do tipo submersíveis.

### 5.2 Informações para o Dimensionamento

- Vazão máxima ..... 6,49 L/s
- Vazão mínima sem infiltração ..... 1,67 L/s
- Extensão da linha de recalque ..... 293,27 m
- Cota do N.A. máximo no poço de sucção ..... 193,858m
- Cota do N.A. mínimo no poço de sucção ..... 193,408 m
- Cota mais elevada da linha de recalque ..... 217,504 m
- Altura geométrica..... 24,096 m

### 5.3 Escolha dos Diâmetros

#### 5.3.1 Diâmetro do barrilete ( $D_B$ )

Para obtenção de baixas velocidades no barrilete adotou-se,  $D_B = 80$  mm.

#### 5.3.2 Diâmetro da linha de recalque ( $D_R$ )

A compatibilização entre a curva do sistema e da bomba empregou-se para a linha de recalque o diâmetro,  $D_R = 100$  mm, que corresponde ao diâmetro mínimo empregado em linhas de recalque de esgotos.

## 5.4 Cálculo da Altura Manométrica

### 5.4.1 Perda de carga contínua na tubulação de recalque

- Diâmetro do recalque ( $D_R$ ) ..... 100 mm
- Vazão ( $Q_{m\acute{a}x}$ ) ..... 6,49 L/s
- Perda de carga unitária (J) ..... 0,0080 m/m
- Perda de carga ( $hf_{cr}$ ) ..... 2,346 m

### 5.4.2 Perdas de carga localizada no recalque

Tabela 2. Perdas de Carga Localizadas

Singularidades	Qte	DN (mm)	Vazão (L/s)	V (m/s)	K	$hf_{lr}$ (m)
Curva 90°	1	40	6,49	5,16	0,40	0,543
Ampliação	1	40x80	6,49	5,16	0,56	0,407
Tubo L total = 2,80 m	1	80	6,49	1,29	0,95	0,068
Curva 90°	1	80	6,49	1,29	0,40	0,034
Válvula de retenção	1	80	6,49	1,29	2,75	0,233
Registro de gaveta	1	80	6,49	1,29	0,20	0,017
Curva 45°	1	80	6,49	1,29	0,20	0,017
Tê passagem direta	1	80	6,49	1,29	0,60	0,051
Junção	1	80	6,49	1,29	0,40	0,034
Ampliação	1	80x100	6,49	1,29	0,19	0,025
Curva 45°	1	100	6,49	0,83	0,20	0,007
Curva 90°	2	100	6,49	0,83	0,40	0,028
Saída de canalização	1	100	6,49	0,83	1,00	0,035
<b>Total</b>						<b>0,956</b>

### 5.4.3 Perda de carga total

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

$$hf = 2,346 + 0,956 \quad hf = 3,302 \text{ m}$$

### 5.4.4 Altura manométrica

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

$$H_{man} = 24,096 + 3,302 \quad H_{man} = 27,398 \text{ m}$$

## 5.5 Curvas da Bomba, do Sistema e Ponto de Operação

### 5.5.1 Curva do sistema

$$H_m = H_g + r Q^2$$

$$r = \frac{\sum (\text{Perdas de Carga})}{Q^2}$$

$$r = \frac{3,302}{6,49^2} = 0,0784$$

$$H_m = 24,096 + 0,0784 \times Q^2$$

As curvas do sistema foram obtidas através da fórmula racional de Darcy-Weisbach e as perdas de carga localizadas através da expressão decorrente do Teorema de Borda Belanger.

### 5.5.2 Curva da bomba

Realizada a estimativa inicial do ponto de operação pesquisou-se em catálogos de moto bombas a que melhor atende a este ponto, e, na presente situação, o equipamento escolhido foi o da marca KSB modelo KRT K 40-250, rotor 260 mm, 1750 rpm cuja curva de desempenho esta apresentada a seguir.

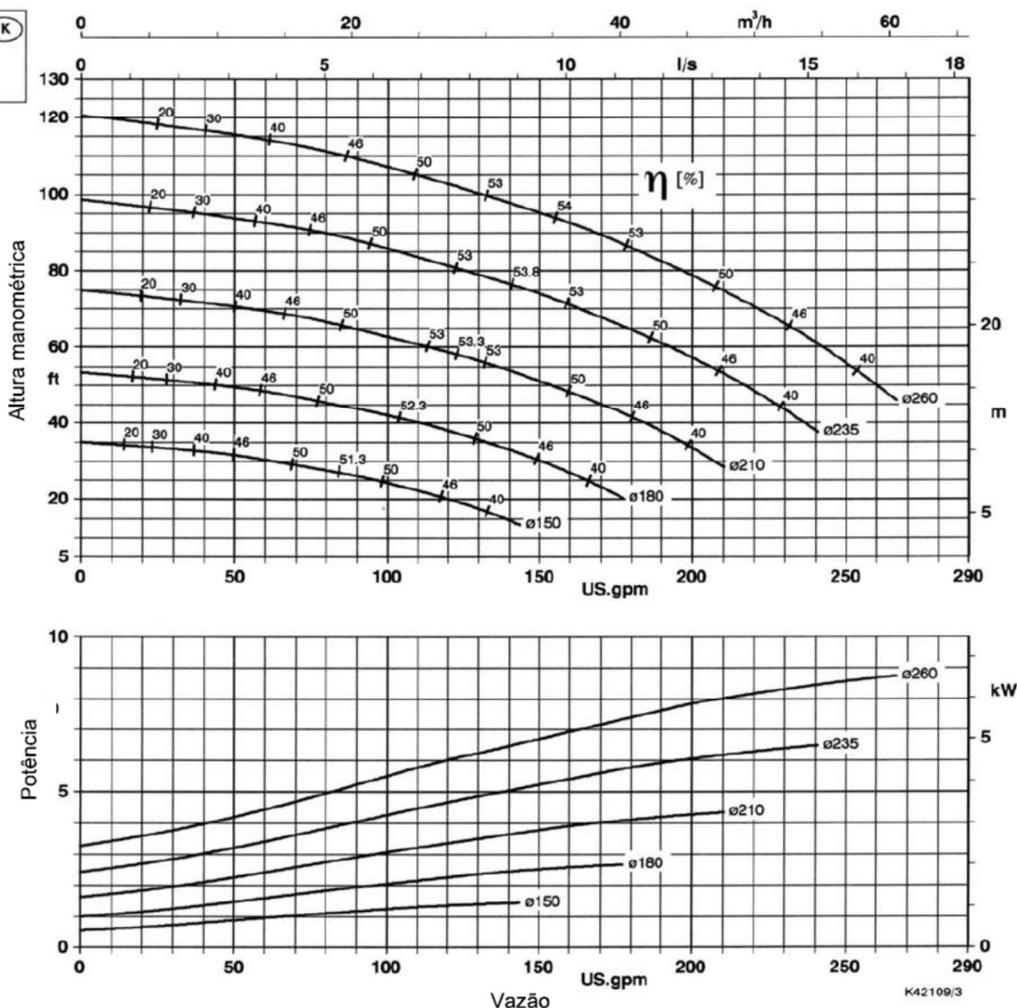
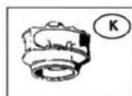


**KRT**

**KRT K 40-250**

**1750 rpm**

**40 mm**



Passagem livre 5/8" (15mm)

Tamanhos disponíveis de motores

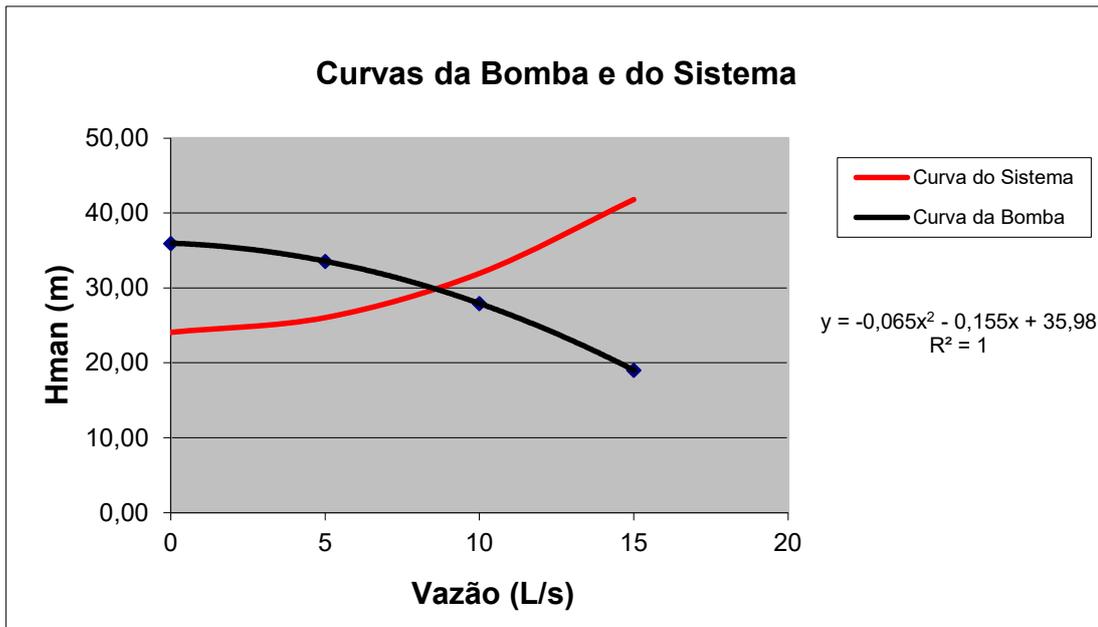
POTÊNCIA DO MOTOR				TEMPERATURA MÁXIMA DO LÍQUIDO		CÓDIGO DO MOTOR
Material				°F	°C	
G / G1 / GH / H	C1 / C2	Hp	kW			
5	3,7	-	-	104	40	44UK IE3
		5	3,7	140	60	44XK IE3 *)
7,5	5,6	-	-	104	40	54W
		7,5	5,6			54Z *)
		-	-	140	60	54UK IE3
		7,5	5,6			54XK IE3 *)
						54U
						54X *)
						74W
						74Z *)

POTÊNCIA DO MOTOR				TEMPERATURA MÁXIMA DO LÍQUIDO		CÓDIGO DO MOTOR
Material				°F	°C	
G / G1 / GH / H	C1 / C2	Hp	kW			
10	7,5	-	-	104	40	74UK IE3
		10	7,5			74XK IE3 *)
						74U
						74X *)
						114W
						114Z *)

\*) (FM / CSA) = À prova de explosão para Classe I, Divisão 1, Grupos C & D  
Nota: motores UK e XK somente sob consulta.

### 5.5.3 Curvas do sistema e da bomba

Organizou-se uma tabela de pares ordenados (vazão x altura manométrica), através do gráfico da curva da bomba fornecido pelo fabricante e em seguida obteve-se por regressão, um polinômio quadrático apresentado junto ao gráfico a seguir, que expressa a forma analítica da curva da bomba.



### 5.5.4 Ponto de operação

Solucionou-se o sistema formado pelas curvas da bomba e do sistema e obteve-se o ponto de operação do conjunto moto-bomba.

$$Q = 8,579 \text{ L/s} \quad H_{\text{man}} = 29,866 \text{ m}$$

## 5.6 Especificação dos Conjuntos Moto-Bombas

- Marca ..... KSB
- Modelo ..... KRT K 40-250/74U
- Diâmetro da descarga..... 40 mm
- Diâmetro do rotor ..... 260 mm
- Diâmetro máximo de sólidos..... 15 mm
- Rotação ..... 1.750 r.p.m.
- Rendimento da bomba..... 52 %
- Potência consumida..... 6,57 cv
- Potência do motor ..... 7,50 cv

- Vazão da bomba.....30,885 m<sup>3</sup>/h
- Altura manométrica.....29,866 m

## 5.7 Poço de Sucção

### 5.7.1 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:

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

$$Q_B = 8,579 \text{ L/s} \rightarrow 0,514 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$V_u \geq 2,5 \times 0,514$$

$$V_u \geq 1,29 \text{ m}^3$$

### 5.7.2 Caracterização do poço de sucção

- Formato ..... Prismático
- Comprimento ..... 1,50 m
- Largura ..... 2,00 m
- Submersão mínima ..... 0,60 m

- Altura útil .....0,45 m
- Altura efetiva .....0,82 m
- Volume útil .....1,35 m<sup>3</sup>
- Volume efetivo .....2,47 m<sup>3</sup>
- Vazão mínima sem infiltração ..... 1,67 L/s
- Tempo de detenção hidráulico ..... 24,70 minutos

## 5.8 Linha de Recalque

### 5.8.1 Transientes hidráulicos – metodologia aplicada

#### 5.8.1.1 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).

#### 5.8.1.2 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)

#### 5.8.1.3 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

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

- $\frac{Hm}{L} \leq 0,20$  .....  $F_1 = 1,0$
- $\frac{Hm}{L} \leq 0,25$  .....  $F_1 = 0,8$
- $\frac{Hm}{L} \leq 0,30$  .....  $F_1 = 0,6$
- $\frac{Hm}{L} \leq 0,35$  .....  $F_1 = 0,4$
- $\frac{Hm}{L} \leq 0,40$  .....  $F_1 = 0,0$

$F_2$  – Coeficiente que representa o efeito das partes rotativas do conjunto moto bomba

- $L < 500$  m .....  $F_2 = 2,00$
- $L \cong 500$  m .....  $F_2 = 1,75$
- $500$  m  $< L < 1.500$  m .....  $F_2 = 1,50$
- $L \cong 1.500$  m .....  $F_2 = 1,25$
- $L > 1.500$  m .....  $F_2 = 1,00$

#### 5.8.1.4 Variação da pressão ( $\Delta H$ )

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.

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

#### 5.8.2 Condições operacionais do sistema

- Vazão ..... 8,58 L/s
- Altura geométrica ..... 24,10 m
- Altura manométrica ..... 29,87 m
- Perda de carga ..... 5,77 m

### 5.8.3 Características físicas do fluido a recalcar

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

### 5.8.4 Caracterização da linha de recalque

- Material ..... ferro fundido
- Extensão ..... 293,27 m
- Diâmetro ..... 100 mm
- Espessura da parede ..... 6,1 mm
- Módulo de elasticidade do material ..... 170,00 GPa
- Coeficiente de Poisson do material ..... 0,25
- Fator relativo à fixação da tubulação ..... 1,16
- Celeridade ..... 1.293 m/s
- Velocidade ..... 1,09 m/s
- Período da tubulação ..... 0,5 s

### 5.8.5 Tempo de parada

- $\frac{Hm}{L}$  ..... 0,10
- F1 ..... 1,00
- F2 ..... 1,50
- Tempo de parada (t) ..... 2,6 s
- Tipo de manobra ..... lenta

### 5.8.6 Resultados obtidos

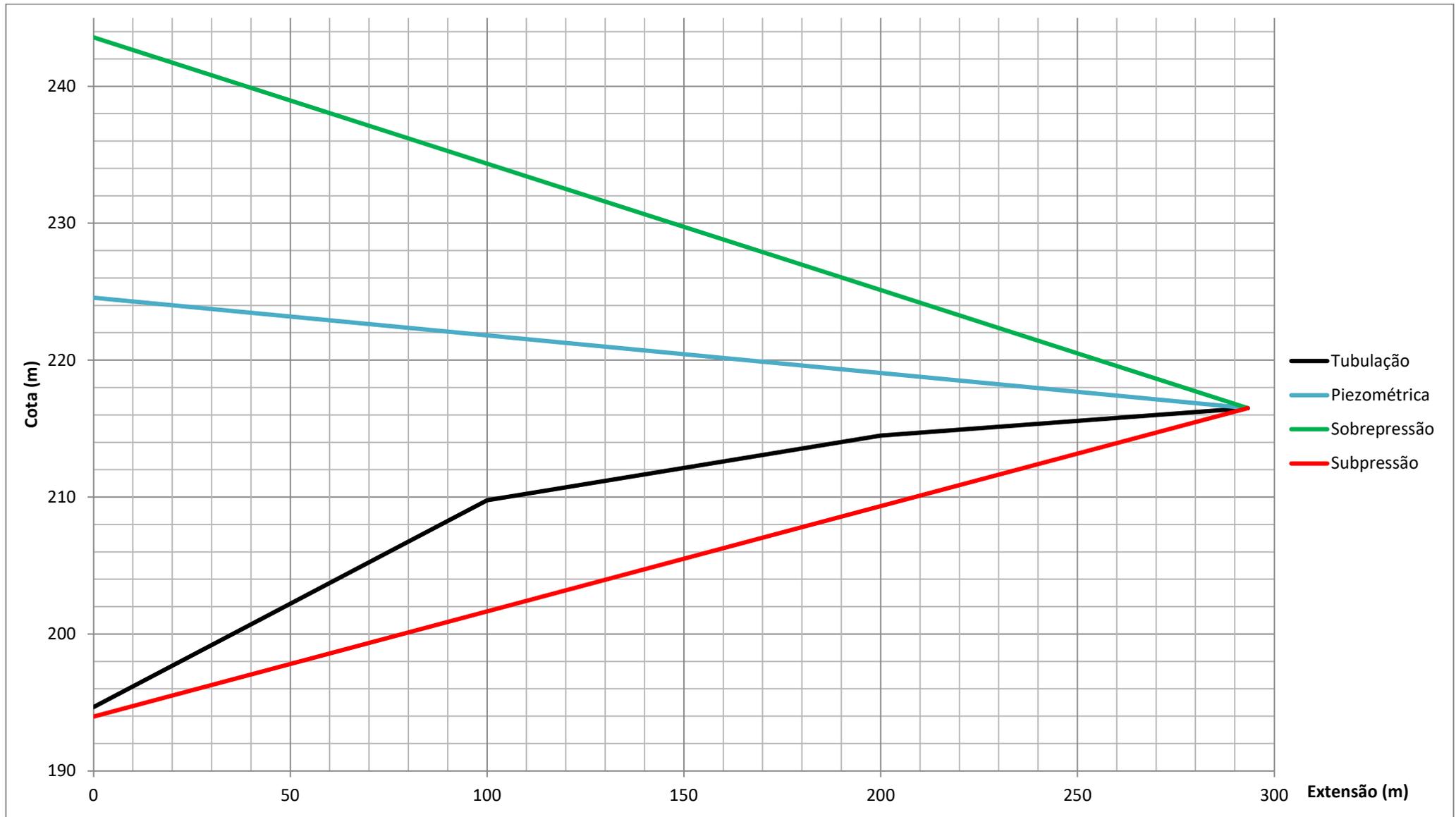
- Variação de pressão ..... 24,74 m
- Cota piezométrica máxima em regime permanente ..... 224,54 m
- Cota piezométrica relativa à sobre pressão máxima ..... 243,51 m
- Cota piezométrica relativa à subpressão mínima ..... 194,04 m
- Acréscimo de pressão sobre a altura manométrica ..... 18,97 m

Toda a extensão da linha de recalque será constituída por tubos de ferro fundido, pois nas interrupções do bombeamento e ocorrência do golpe de aríete, ela deverá resistir aos esforços mecânicos resultantes das ondas de

subpressão, que nela produzirão pressões negativas em toda a sua extensão. Apresenta-se a seguir a planilha das linhas de pressão e seu respectivo gráfico para visualização de sua operação em regime permanente e na ocorrência dos transientes hidráulicos.

Tabela 3. Linhas de Pressão

LINHA DE RECALQUE –BAIRRO EDGAR MIRANDA										
Estaca	Distancia à Origem	Cotas		Profund. (m)	Cotas das linhas de pressão			Pressões (mca)		
		Terreno	Soleira		Piezométrica	Sobre pressão	Sub pressão	Normal	Sobre pressão	Sub pressão
0 + 0,00	0,00	196,278	194,678	1,600	224,544	243,512	194,036	29,88	48,83	-0,64
5 + 0,00	100,00	210,764	209,764	1,000	221,803	234,303	201,697	12,05	24,54	-8,07
10 + 0,00	200,00	215,483	214,483	1,000	219,061	225,094	209,358	4,58	10,61	-5,12
14 + 13,27	293,27	217,504	216,504	1,000	216,504	216,504	216,504	0,00	0,00	0,00



## 5.9 Dispositivos Operacionais e de Segurança da Linha de Recalque

### 5.9.1 Ventosas

Em função do traçado da linha de recalque, em aclave por toda a sua extensão, fica dispensado o uso de ventosas nessa tubulação. A expulsão e admissão de ar na linha de recalque, por ocasião do seu enchimento ou esvaziamento respectivamente, ocorrerão pela sua extremidade de jusante, no poço de visita de desague da tubulação.

### 5.9.2 Registros de descarga

O único ponto baixo da tubulação ocorre ainda no barrilete da elevatória, onde foi prevista uma descarga que permitirá, caso seja necessário, seu completo esvaziamento.

### 5.9.3 Empuxos e blocos de ancoragem

O dimensionamento dos blocos de ancoragem é precedido pelos cálculos dos empuxos hidráulicos, realizados através da formulação matemática descrita na sequencia:

$$E_H = 2P \times \frac{\pi D_e^2}{4} \times \text{sen}\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

Onde:

$E_H$  = Empuxo hidráulico

$P$  = Pressão interna na tubulação no ponto em estudo

$\theta$  = Deflexão do eixo da tubulação

$D_e$  = Diâmetro externo da tubulação

De forma aproximada, para curvas no plano horizontal LASMAR (2003) determina que a utilização de blocos de ancoragem possa ser dispensada caso a tensão transmitida ao solo, referente ao empuxo aplicado, distribuído no retângulo, definido por 50 cm de tubo e por seu diâmetro externo, seja inferior a tensão horizontal admissível do solo, admitida no máximo em 40 kN/m<sup>2</sup>, caso essa grandeza não resulte de ensaios de laboratório de mecânica dos solos.

$$\sigma_H = \frac{E_H}{50\text{cm} \times D_e} \leq \sigma_{ADM-H} = 40 \text{ kN/m}^2$$

$$E_H \leq (50\text{cm} \times D_e) \times \sigma_{\text{ADM-H}}$$

Onde:

$\sigma_H$  = Tensão horizontal aplicada ao solo

$\sigma_{\text{ADM-H}}$  = Tensão horizontal máxima admitida no solo.

Em tubulações de diâmetro externo de 170 mm, o empuxo hidráulico máximo a partir do qual os blocos de ancoragem são necessários é:

$$E_H \leq (0,50 \times 0,118) \times 40$$

$$E_H \leq 2,36 \text{ kN}$$

Através da formulação matemática apresentada elaborou-se uma planilha de cálculos dos empuxos hidráulicos aplicados nas deflexões da tubulação, e o respectivo dimensionamento dos blocos de ancoragem. Admitiram-se para a linha de recalque da elevatória do Bairro Edgar Miranda dois tipos de blocos de ancoragem, um aplicável às curvas de 45° e o outro às de 90°.

Apresentam-se no anexo 2 as planilhas de cálculo de empuxos hidráulicos e de dimensionamento dos respectivos blocos de ancoragem, nos quais, a favor da segurança, foi considerada a pressão máxima verificada na linha de recalque correspondente à sobre pressão máxima de 48,90 m.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BAPTISTA, Márcio; COELHO, Márcia. **Fundamentos de Engenharia Hidráulica**. Editora UFMG – Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2002;
2. BASTOS, Francisco. **Problemas de Mecânica dos Fluidos**. Rio de Janeiro, 1983;
3. CHERNICHARO, Carlos (coordenador). **Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios**. Belo Horizonte, 2001;
4. CRESPO, Patrício. **Elevatórias nos Sistemas de Esgotos**. Editora UFMG, Belo Horizonte, 2001;
5. CRESPO, Patrício. **Sistema de Esgotos**. Editora UFMG – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 1997;
6. CRESPO, Patrício. **Tratamento de Esgotos**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG;
7. LASMAR, I. **Ancoragens de Tubulações com Juntas Elásticas**. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, 2003;
8. VON SPERLING, Marcos. **Introdução à Qualidade Das Águas e ao Tratamento De Esgotos**; Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2005;
9. VON SPERLING, Marcos. **Princípios Básicos do Tratamento de Esgotos**; Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2005.

## 7 ANEXOS

**ANEXO 1**  
**PLANILHAS DE DIMENSIONAMENTO DAS REDES COLETORAS**

**ANEXO 2**  
**PLANILHAS DE DIMENSIONAMENTO DOS BLOCOS DE ANCORAGEM**