



PREFEITURA MUNICIPAL DE MURIAÉ - MG

# PROJETOS PARA SISTEMAS DE ESGOTOS SANITÁRIOS DE MURIAÉ

Contrato 039/2018



BAIRRO GASPAR  
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

BAIRRO GASPAR - PROJETO BÁSICO  
VOLUME I – MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULOS  
1ª VERSÃO

**OTAWA**  
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  
Bairro Gaspar - 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 .....	14
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 .....	18
5.8 Linha de Recalque.....	18
5.8.1 Transientes hidráulicos – metodologia aplicada .....	18
5.8.2 Condições operacionais do sistema .....	20

SES BAIRRO GASPAR – PROJETO BÁSICO - MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO

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 do Bairro Gaspar, 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

O Bairro Gaspar situa-se nos limites da cidade, sua área central apresenta vales densamente povoados e sua periferia, no setor de maior altitude, apresenta ainda diversos lotes desocupados. Esse bairro e suas adjacências contam com redes coletoras de esgotos, que lançam, sem tratamento, os esgotos coletados nas redes de drenagem ou diretamente nos cursos d'água, pois não há no local rede interceptora às margens dos cursos d'água.

A proposta do DEMSUR é coletar os esgotos do Bairro Gaspar e direcioná-los à ETE Principal, através da implantação de novas redes coletoras, interceptoras e uma elevatória de esgotos, cuja linha de recalque terá de transpor as rodovias BR 116 e BR 356. Essa elevatória receberá os esgotos do Bairro Gaspar e o lançamento da linha de recalque, proveniente da elevatória de esgotos do Bairro União. Parte da rede coletora projetada será implantada junto ao sistema de drenagem existente, em alguns trechos, pelo interior de galerias pluviais.

### 3 PARÂMETROS DE PROJETO

O dimensionamento das redes coletoras, interceptoras e sistema de recalque, necessários ao Bairro Gaspar, 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 Bairro Gaspar

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	70	0,01	0,06	0,11	0,13	0,19
Ponto 02	258	0,05	0,22	0,43	0,52	0,73
Ponto 03	79	0,02	0,07	0,13	0,16	0,23
Ponto 04	71	0,01	0,06	0,11	0,13	0,20
Ponto 05	1.221	0,24	1,01	2,01	2,41	3,43
Ponto 06	1.527	0,31	1,27	2,53	3,04	4,31
Ponto 07	697	0,14	0,58	1,15	1,38	1,96
Ponto 08	979	0,20	0,81	1,62	1,94	2,76
Ponto 09	110	0,02	0,09	0,18	0,22	0,31
Rua Gaspar Zem	101	0,02	0,09	0,17	0,20	0,28

## 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 nos diâmetros 150 mm e 200 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:

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

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

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

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

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

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>;

$I$  = 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.

#### 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 .....	1.381,00 m
▪ PVC JE DN200 .....	78,00 m
▪ F°F° JE DN150 .....	414,00 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 200 mm, com extensão de 27,25 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 e interceptoras de esgotos do Bairro Gaspar, conforme citado no resumo da concepção desse projeto, convergem a certo local, dito ponto baixo, a partir do qual o escoamento dos esgotos, sob o regime hidráulico de condutos livres, só é possível para seu lançamento no curso d'água mais próximo, 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 do Bairro sejam transportados para um local hidraulicamente conectado a uma estação de tratamento de esgotos, no caso a ETE Principal. Essa elevatória de esgotos será equipada por conjuntos moto bombas do tipo submersíveis e receberá os esgotos do próprio Bairro Gaspar e também do Bairro União que nela chegarão através da linha de recalque da elevatória de esgotos que será implantada naquele bairro.

### 5.2 Informações para o Dimensionamento

- Vazão máxima ..... 18,98 L/s
- Vazão mínima sem infiltração ..... 4,89 L/s
- Extensão da linha de recalque ..... 933,62 m
- Cota do N.A. máximo no poço de sucção ..... 196,830 m
- Cota do N.A. mínimo no poço de sucção ..... 196,030 m
- Cota mais elevada da linha de recalque ..... 205,543 m
- Altura geométrica..... 9,513 m

### 5.3 Escolha dos Diâmetros

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

Para obtenção de baixas velocidades no barrilete adotou-se,  $D_B = 100$  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,  $D_R = 150$  mm, que proporciona uma velocidade

de fluxo próximo de 1,00 m/s

## 5.4 Cálculo da Altura Manométrica

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

- Diâmetro do recalque ( $D_R$ ) ..... 150 mm
- Vazão ( $Q_{m\acute{a}x}$ ) ..... 18,98 L/s
- Perda de carga unitária (J) ..... 0,0078 m/m
- Perda de carga ( $hf_{cr}$ ) ..... 7,282 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	80	18,98	3,78	0,40	0,291
Ampliação	1	80x100	18,98	3,78	0,56	0,218
Tubo L total = 3,20 m	1	100	18,98	2,42	0,95	0,239
Curva 90°	1	100	18,98	2,42	0,40	0,119
Válvula de retenção	1	100	18,98	2,42	2,75	0,746
Registro de gaveta	1	100	18,98	2,42	0,20	0,060
Curva 45°	1	100	18,98	2,42	0,20	0,060
Tê passagem direta	1	100	18,98	2,42	0,60	0,179
Junção	1	100	18,98	2,42	0,40	0,119
Ampliação	1	100x150	18,98	2,42	0,19	0,090
Curva 90°	4	150	18,98	1,07	0,40	0,093
Curva 45°	3	150	18,98	1,07	0,20	0,035
Curva 22°	1	150	18,98	1,07	0,10	0,006
Saída de canalização	1	150	18,98	1,07	1,00	0,058
<b>Total</b>						<b>2,313</b>

### 5.4.3 Perda de carga total

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

$$hf = 7,282 + 2,313 \quad hf = 9,595 \text{ m}$$

### 5.4.4 Altura manométrica

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

$$H_{man} = 9,513 + 9,595 \quad H_{man} = 19,108 \text{ m}$$

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



**5.5.1 Curva do sistema**

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

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

$$r = \frac{9,595}{18,98^2} = 0,0266$$

$$H_m = 9,513 + 0,0266 \times Q^2$$

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.

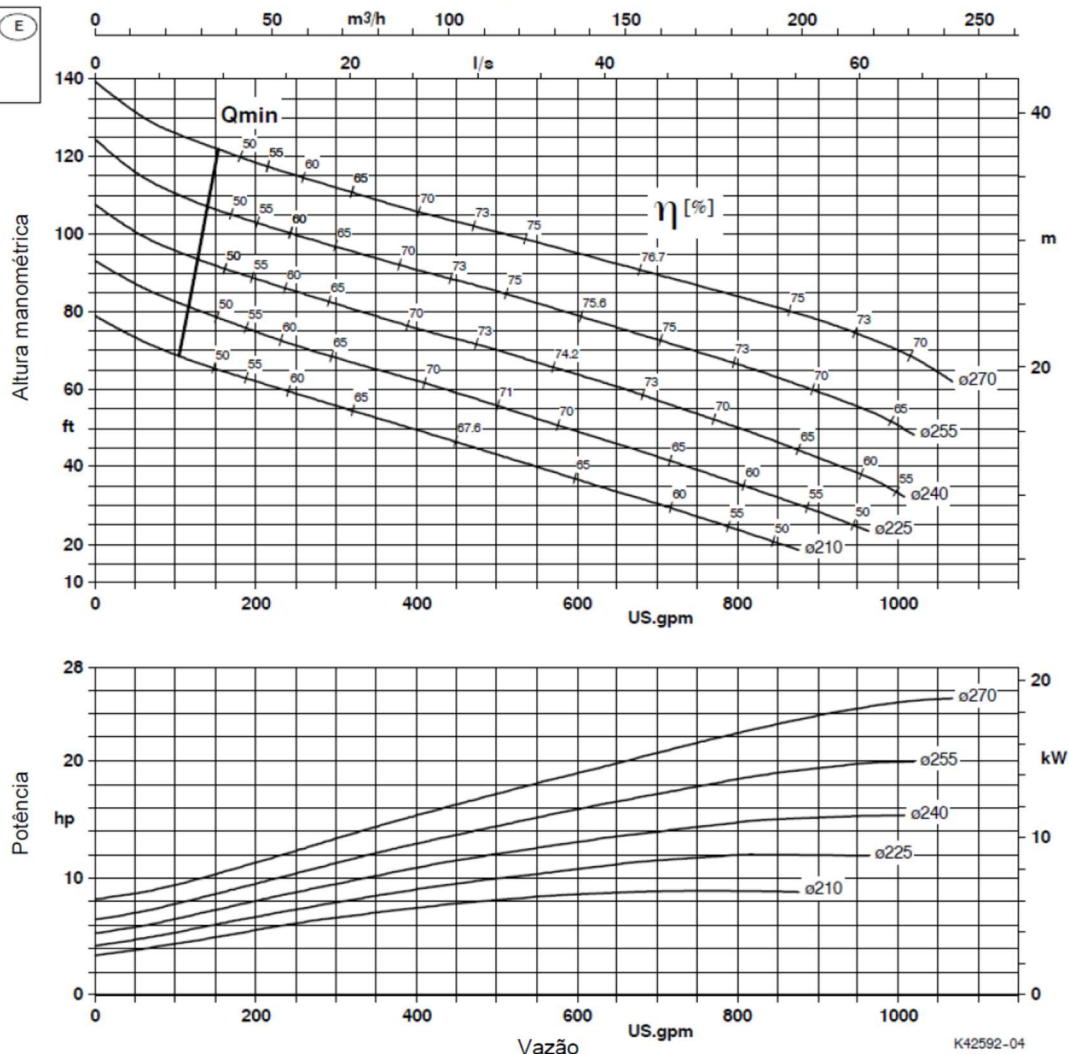
**5.5.2 Curva da bomba**

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 E 80-251, rotor 225 mm, 1750 rpm cuja curva de desempenho esta apresentada a seguir.

**KRT E 80-251**

**1750 rpm**

**80 mm**



Passagem livre 3" (76mm)

Tamanhos disponíveis de motores

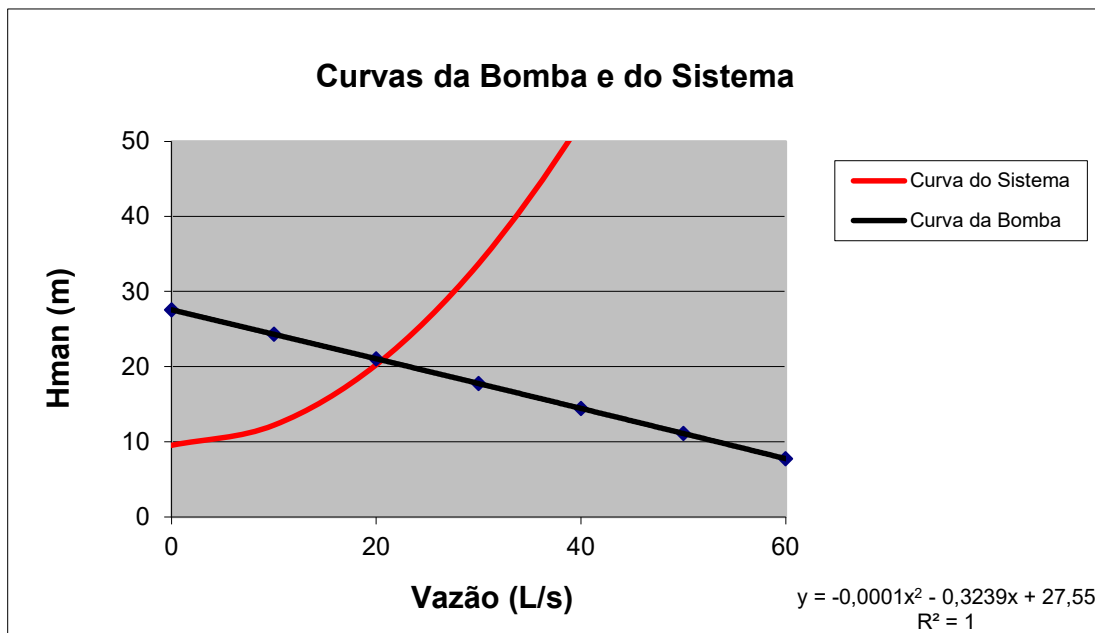
POTÊNCIA DO MOTOR Material G		TEMPERATURA MÁXIMA DO LÍQUIDO		CÓDIGO DO MOTOR
Hp	kW	°F	°C	
10	7,5	104	40	74UK IE3
				74XK IE3 *)
				74U
				74X *)
15	11,2	140	60	114W
				114Z *)
				114U
				114X *)
15	11,2	140	60	164W
				164Z *)
				164U

POTÊNCIA DO MOTOR Material G		TEMPERATURA MÁXIMA DO LÍQUIDO		CÓDIGO DO MOTOR
Hp	kW	°F	°C	
20	14,9	104	40	164U
				164X *)
				214W
				214Z *)
25	18,6	104	40	194U
				194X *)
30	22,3	140	60	214U
				214X *)

\*) (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 quadrática, um polinômio quadrático apresentado junto ao gráfico a seguir, que expressa a forma analítica da curva da bomba.



A partir da curva tabelada da bomba obteve-se por regressão quadrática a expressão analítica de sua curva:

$$H_{man} = - 0,0001 \times Q^2 - 0,3239 \times Q + 27,55$$

### 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.

$$Q = 20,614 \text{ L/s} \quad H_{man} = 20,831\text{m}$$

## 5.6 Especificação dos Conjuntos Moto-Bombas

- Marca ..... KSB
- Modelo ..... KRT E 80-251/74U
- Diâmetro da descarga..... 80 mm
- Diâmetro do rotor .....225 mm
- Diâmetro máximo de sólidos.....76 mm

- Rotação .....1.750 r.p.m.
- Rendimento da bomba..... 66 %
- Potência consumida..... 31,75 cv
- Potência do motor ..... 36 cv
- Vazão da bomba.....74,209 m<sup>3</sup>/h
- Altura manométrica.....20,831 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:

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

$$Q_B = 20,614 \text{ L/s} \rightarrow 1,237 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$V_u \geq 2,5 \times 1,237$$

$$V_u \geq 3,09 \text{ m}^3$$

### 5.7.2 Caracterização do poço de sucção

▪ Formato .....	Prismático
▪ Comprimento .....	2,00 m
▪ Largura .....	2,50 m
▪ Submersão mínima .....	0,60 m
▪ Altura útil .....	0,80 m
▪ Altura efetiva .....	1,00 m
▪ Volume útil .....	4,00 m <sup>3</sup>
▪ Volume efetivo .....	5,00 m <sup>3</sup>
▪ Vazão mínima sem infiltração .....	4,89L/s
▪ Tempo de detenção hidráulico .....	17,04 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)

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

Onde:

L – Extensão da adutora (m);

v – Velocidade do fluxo (m/s);

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

#### 5.8.1.4 Variação da pressão (ΔH)

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

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

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

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

### 5.8.2 Condições operacionais do sistema

▪ Vazão.....	20,61 L/s
▪ Altura geométrica.....	9,51 m
▪ Altura manométrica.....	20,83 m
▪ Perda de carga .....	11,32 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 .....	2,05GPa

### 5.8.4 Caracterização da linha de recalque

▪ Material .....	ferro fundido
▪ Extensão .....	960,67 m
▪ Diâmetro .....	150 mm
▪ Espessura da parede.....	5,2 mm
▪ Módulo de elasticidade do material.....	170,00 GPa
▪ Coeficiente de Poisson do material.....	0,25
▪ Fator relativo à fixação da tubulação .....	1,02
▪ Celeridade .....	1.218 m/s
▪ Velocidade .....	1,35 m/s
▪ Período da tubulação.....	1,6 s

### 5.8.5 Tempo de parada

▪ $\frac{Hm}{L}$ .....	0,02
▪ F1.....	1,00
▪ F2.....	1,50
▪ Tempo de parada (t) .....	9,2 s
▪ Tipo de manobra.....	lenta

### 5.8.6 Resultados obtidos

▪ Variação de pressão .....	24,764 m
▪ Cota piezométrica máxima em regime permanente.....	220,031 m
▪ Cota piezométrica relativa à sobre pressão máxima .....	233,477 m

## SES BAIRRO GASPAR – PROJETO BÁSICO - MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO

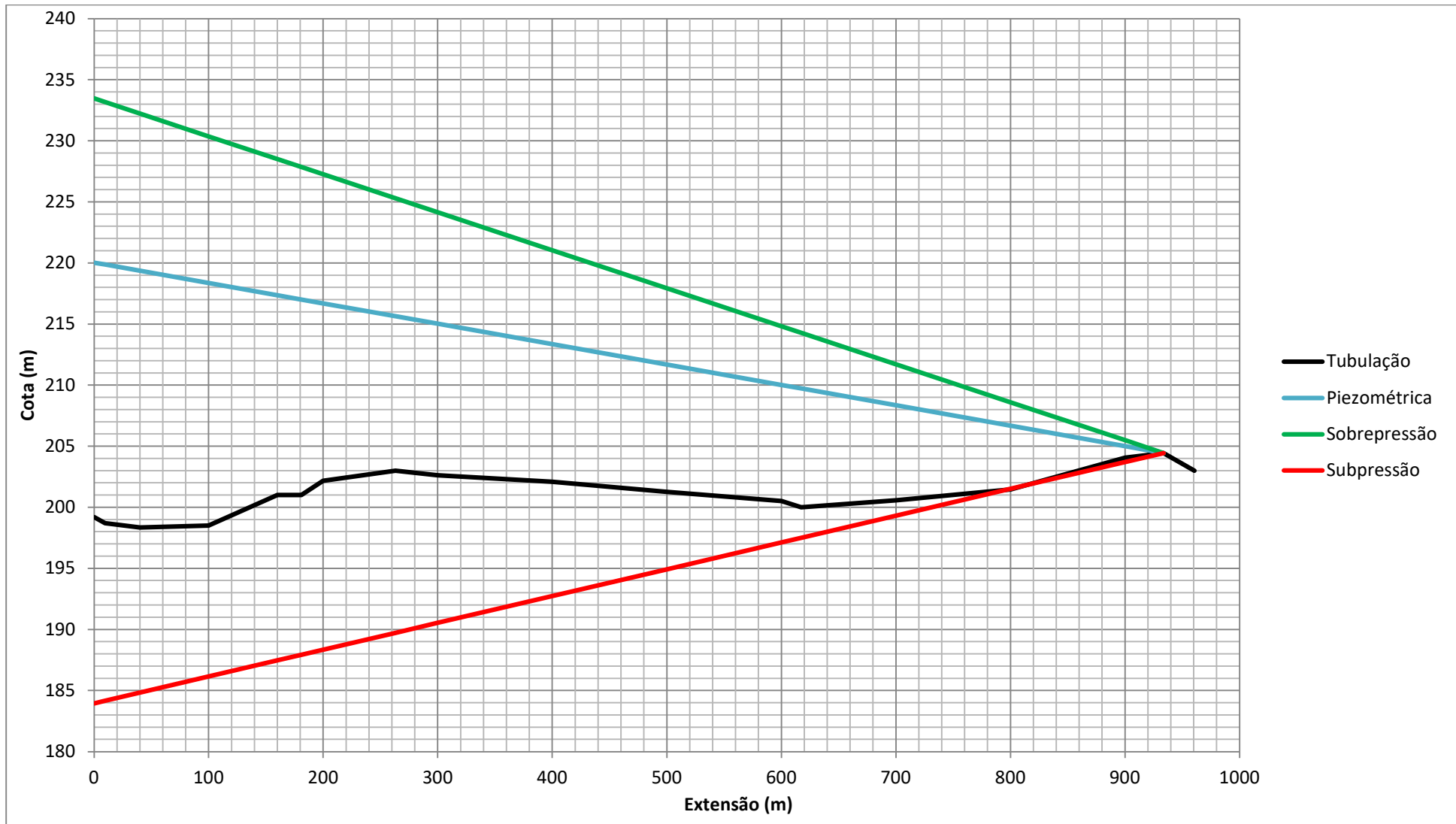
- Cota piezométrica relativa à subpressão mínima ..... 183,949 m
- Acréscimo de pressão sobre a altura manométrica ..... 13,446 m

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 GASPAR										
Estaca	Distancia à Origem	Cotas		Profund. (m)	Cotas das linhas de pressão			Pressões (mca)		
		Terreno	Soleira		Piezométrica	Sobrepessão	Subpressão	Normal	Sobrepessão	Subpressão
0 + 0,00	0,00	200,000	199,200	0,800	220,031	233,477	183,949	20,83	34,28	-15,25
0 + 9,62	9,62	199,000	198,700	0,300	219,870	233,177	184,161	21,17	34,48	-14,54
2 + 0,00	40,00	198,748	198,348	0,400	219,363	232,233	184,827	21,01	33,88	-13,52
5 + 0,00	100,00	199,306	198,506	0,800	218,361	230,367	186,145	19,86	31,86	-12,36
8 + 0,00	160,00	202,528	201,000	1,528	217,359	228,501	187,462	16,36	27,50	-13,54
9 + 1,00	181,00	202,721	201,000	1,721	217,009	227,848	187,923	16,01	26,85	-13,08
10 + 0,00	200,00	203,164	202,164	1,000	216,692	227,257	188,340	14,53	25,09	-13,82
13 + 3,09	263,09	204,000	203,000	1,000	215,638	225,295	189,724	12,64	22,30	-13,28
15 + 0,00	300,00	203,627	202,627	1,000	215,022	224,147	190,535	12,39	21,52	-12,09
20 + 0,00	400,00	203,078	202,078	1,000	213,352	221,037	192,730	11,27	18,96	-9,35
25 + 0,00	500,00	202,253	201,253	1,000	211,683	217,928	194,925	10,43	16,67	-6,33
30 + 0,00	600,00	201,517	200,517	1,000	210,013	214,818	197,120	9,50	14,30	-3,40
30 + 17,30	617,30	201,000	200,000	1,000	209,724	214,280	197,500	9,72	14,28	-2,50
35 + 0,00	700,00	201,922	200,572	1,350	208,344	211,708	199,315	7,77	11,14	-1,26
40 + 0,00	800,00	202,449	201,449	1,000	206,674	208,598	201,510	5,22	7,15	0,06
45 + 0,00	900,00	205,058	204,058	1,000	205,004	205,489	203,705	0,95	1,43	-0,35
46 + 13,62	933,62	205,543	204,443	1,100	204,443	204,443	204,443	0,00	0,00	0,00
48 + 0,57	960,57	204,000	203,000	1,000						



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

### 5.9.1 Ventosas

Na linha de recalque no ponto de estaca 13 + 0,90 m foi prevista a instalação de uma ventosa, dispositivo este que cumpre a função de expulsar o ar da tubulação durante o seu enchimento e mesmo durante seu funcionamento, ao mesmo tempo em que permite também a entrada de ar durante as manobras de esvaziamento da tubulação, para evitar formação de vácuo na mesma.

### 5.9.2 Registros de descarga

Previram-se para os dois pontos baixos da tubulação, registros de descarga que permitirão, caso seja necessário, seu completo ou parcial esvaziamento, estes pontos estão localizados nas estacas 02 e 30 + 17,30 m.

### 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:

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

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.

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

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

Onde:

$\sigma_H$  = Tensão horizontal aplicada ao solo

$\sigma_{ADM-H}$  = 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:

$$E_H \leq (0,50 \times 0,17) \times 40$$

$$E_H \leq 3,4 \text{ kN}$$

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 Gaspar 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 34,48 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**