SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO DE GUANHÃES/MG

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA – BOM SUCESSO

VOLUME IV – PROJETO BÁSICO

TOMO I – ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA – ETA

TOMO I A – Memoria Descritiva e Memórias de Cálculo

Outubro/2025

SUMÁRIO

O Projeto da nova Estação de Tratamento de Água – ETA e da Unidade de Tratamento de Resíduos – UTR da cidade Guanhães – Minas Gerais, será composto pelos seguintes volumes:

VOLUME I – LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

VOLUME II – LEVANTAMENTOS E PROJETOS GEOTÉCNICOS

VOLUME III – PROJETO BÁSICO

TOMO I – ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA – ETA - UTR

TOMO I A – MEMORIA DESCRITIVA E MEMÓRIAS DE CÁLCULO

TOMO I B – DESENHOS

VOLUME IV – ORÇAMENTO

TOMO I – ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA – ETA - UTR

TOMO II – UNIDADE DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS – UTR

ÍNDICE

1 APRESENTAÇÃO 6

2 SISTEMA PROPOSTO 7

3 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA 9

3.1 ETA PRÉ-FABRICADA 9

3.2 INTERLIGAÇÃO ETA PRÉ FABRICADA AO TANQUE DE CONTATO 12

3.3 TANQUE DE CONTATO 13

4 CASA DE QUÍMICA 14

4.1 DESCRIÇÃO DA UNIDADE 14

4.2 DOSAGEM DOS PRODUTOS QUÍMICOS 14

4.2.1 Coagulante – Policloreto de Alumínio - PAC 15

4.2.2 Alcalinizante – Hidróxido de Cálcio em Suspensão Aquosa (Geocálcio) 17

4.2.3 Fluoretação – Ácido Fluossilícico 19

4.2.4 Pré Oxidação e Desinfecção – Hipoclorito de Sódio 21

4.3 LABORATÓRIO 24

5 UNIDADE DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS – UTR 25

5.1 SISTEMA PROPOSTO E PARÂMETROS PARA DIMENSIONAMENTO 25

5.2 DIMENSIONAMENTO DA UTR 26

5.2.1 Corpo Principal do Tanque de Sedimentação 26

5.2.2 Descarga Filtros: 27

5.2.3 Descarga Decantadores: 27

5.2.4 Ciclo de Operação: 28

5.2.5 Interligações 28

5.3 ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE LODO DO TANQUE DE SEDIMENTAÇÃO 28

5.3.1 Poço de Lodo 28

5.3.2 Elevatória de Lodo do Tanque de Sedimentação 29

5.3.3 Canalização de recalque 29

5.3.4 Barrilete de recalque e chegada nos Bag's 30

5.3.5 Verificação para o fabricante 32

5.4 SALA DE PREPARO E DOSAGEM DE POLÍMERO 35

5.4.1 Armazenagem de Polímero 36

5.4.2 Preparo do Polímero 37

5.4.3 Dosagem do polímero 37

5.5 PÁTIO DE DESÁGUE DO LODO – BAG'S 38
5.6 ELEVATÓRIA DE RECIRCULAÇÃO 39
5.6.1 Canalização de recalque 39
5.6.2 Verificação para o fabricante 42
6 RESERVATÓRIO DE ÁGUA DE REUSO 45
7 RESERVATÓRIO 1000 M³ 46

1 APRESENTAÇÃO

Apresenta-se a seguir a **Memória Descritiva e Justificativa e Memórias de Cálculo** referente **Estação de Tratamento de Água** – **ETA Bom Sucesso** para o Sistema de Abastecimento de Água (SAAE) da cidade Guanhães - MG, em atendimento ao contrato, firmado entre a DESPRO Desenvolvimento de Projetos e Consultoria Ltda e o Serviço Autônomo de Água e Esgotos - SAAE de Guanhães.

Conforme solicitação do SAAE, o presente projeto contempla a nova Estação de Tratamento de Água do tipo convencional, pré-fabricada em Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro – PRFV, com capacidade 100 L/s, Tanque de Contato, Reservatório com capacidade para 1000 m³, Casa de Química, Depósito de Produtos Químicos, Unidade de Tratamento de Resíduos (UTR), Elevatória de Recirculação e Reservatório Elevado de Reuso.

Para elaboração do presente trabalho, foram observadas as seguintes normas e diretrizes:
NBR-12214 – Projeto de Sistema de Bombeamento de Água para Abastecimento Público;
NBR-12216 – Projeto de Estação de Tratamento de Água para Abastecimento Público.

2 SISTEMA PROPOSTO

A água bruta chegará à área da ETA através de uma adutora por recalque de DN 400 mm cujo projeto já foi elaborado e não faz parte do escopo de serviço do presente contrato.

Conforme definido pelos técnicos do SAAE de Guanhães e nova ETA contará com sistema de tratamento tipo convencional, pré-fabricado em Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro – PRFV, composta de unidades independentes de mistura rápida e medição de vazão, floculação, decantação e filtração rápida de fluxo descendente, auto lavável, com a capacidade nominal total de 100 L/s que operará por 16 horas por dia.

O SAAE solicitou a implantação de uma Casa de Química que contará com salas de preparo e dosagem, sala de produção de hipoclorito de sódio (Hidrogeron), sala de administração, sala de reuniões/supervisão, laboratório, vestiário e copa.

Também foi solicitado pelo SAAE a implantação de 2 tanques com capacidade para 10 m³ de armazenamento de coagulante (Policloreto de Alumínio – PAC), 2 tanques para armazenamento de ácido fluossilícico com capacidade para 5 m³ e outros 2 tanques para armazenamento de solução de geocálcio também com capacidade para 5 m³. Esses tanques serão instalados no interior de um abrigo dotado de bacia de contenção e tanque de recuperação em caso de vazamentos.

Será também implantada uma Unidade de Tratamento de Resíduos (UTR), com utilização de “bag’s” para desidratação do lodo e reutilização da água sobrenadante e lixiviados, que serão encaminhados para um reservatório de água de reuso que alimentará caminhões tipo pipa e também para a ETA com a utilização de uma elevatória de recirculação. O excedente, assim como águas de descarga e extravasores dos reservatórios serão encaminhados à rede pluvial do empreendimento e o lançamento será realizado no córrego próximo com o emprego de ala de lançamento e dissipador de energia.

Na área da ETA também será construído um reservatório apoiado de concreto com capacidade para 1000 m³ precedido, a pedido do SAAE, por um tanque de contato onde serão aplicados cloro, flúor, alcalinizante e ortopolifosfato.

O abastecimento de água do empreendimento será realizado pela rede pública existente com a implantação de um reservatório elevado para a ETA e os esgotos sanitários gerados serão encaminhados à rede coletora existente localizada na rua do loteamento.

3 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

3.1 ETA PRÉ-FABRICADA

A nova ETA será pré-fabricada, modular, aberta, com processo convencional de tratamento e com capacidade para tratar 100 L/s.

As unidades da ETA, com capacidade nominal de 100 L/s, são citadas neste projeto a partir de um equipamento de referência que atende aos requisitos da norma ABNT NBR 12.216.

Não será realizada a verificação do dimensionamento hidráulico da ETA pré-fabricada (perdas de carga, gradientes hidráulicos, meio filtrante, taxas de aplicação hidráulica), pois, trata-se de escopo do FABRICANTE que será contratado pelo SAAE para fornecimento e instalação.

A água bruta chegará à ETA através de uma adutora em ferro fundido DN 400 mm, que será interligada medidor Parshall, seguindo para os floculadores hidráulicos. Após floculação a água será encaminhada para os decantadores de alta taxa que tem o objetivo de clarificar da água através do processo de sedimentação dos sólidos. A água decantada será então conduzida para os filtros.

Finalizado o tratamento, a água filtrada será encaminhada para o tanque de contato e então para um reservatório semienterrado com capacidade para 1000 m² de armazenamento.

A ETA a ser adquirida deve funcionar totalmente de forma hidráulica com todos os seus conjuntos constitutivos abertos e seguir as recomendações da NBR-12.216 da ABNT – Projeto de Estação de Tratamento de Água para Abastecimento Público, que fixa as condições exigíveis para a elaboração de projeto hidráulico de Estações de Tratamento de Água (ETA), observada a regulamentação específica das entidades responsáveis pelo planejamento e desenvolvimento do sistema de gestão das águas.

Devem ser considerados restritivos a este projeto básico os seguintes elementos a serem consultados:

- Cota Limite de assentamento das unidades;
- Arranjo e posicionamento das unidades;
- Nível máximo de chegada da água bruta;

- Nível máximo de chegada de água tratada no Tanque de Contato,
- Condições de esgotamento previstas – Projeto UTR;
- Interligações e/ou derivações das unidades/tubulações da ETA com outras unidades do Sistema.

Qualquer destes elementos que porventura sejam alterados no projeto de implantação da ETA durante a aquisição dos equipamentos implicará em revisão.

Para elaboração do Projeto Básico de Implantação da nova ETA pré-fabricada, a DESPRO não fará a verificação de perdas de carga, gradientes hidráulicos, meios filtrantes, taxas de aplicação hidráulica, pois, considera-se ser escopo do Fabricante dos Equipamentos a ser CONTRATADO e aceito pela SAAE de Guanhães.

O fabricante a ser CONTRATADO para fornecer os equipamentos de tratamento de água devem seguir as seguintes características e especificações de dimensionamento:

Mistura Rápida:

Os dispositivos para promover a mistura rápida devem ser do tipo hidráulico, instalados em canal aberto. Cada dispositivo deverá assegurar gradiente de velocidade mínimo de 700 s^{-1} e máximo de 1100 s^{-1} e tempo de detenção máximo de 5 s.

Floculador:

Os floculadores deverão ser do tipo hidráulico, cujo tempo de detenção não deverá ser inferior a 20 minutos, considerando a amplitude máxima da sua capacidade por módulo, propiciando a ocorrência de, no mínimo, três gradientes de velocidade decrescentes, sendo o máximo de 70 s -1 e o mínimo de 10 s-1.

Deverão ser previstos dispositivos de descarga de lodo, com diâmetro mínimo de 150 mm, adequados à retirada hidráulica do lodo, eventualmente depositado.

Decantador:

Os decantadores deverão ser de fluxo laminar, sendo que a zona de decantação constituída de módulos capazes de assegurar a remoção da totalidade dos flocos com velocidade de sedimentação igual a 1,74 centímetros por minuto, considerando a amplitude máxima de sua capacidade.

O espaçamento (d) mínimo transversal entre os elementos de decantação (placas, módulos e outros) será de 40 mm.

O comprimento total mínimo, no sentido do fluxo da água, dos elementos de decantação deverá ser de 1000 mm, devendo incluir o comprimento da zona de transição e o comprimento da zona de escoamento laminar.

Para deposição do lodo, deverão ser previstos troncos de pirâmides invertidos, com altura mínima de 1,25 m abaixo da geratriz inferior dos tubos de distribuição de água floculada.

Para cada tronco de pirâmide invertido, deverá ser previsto uma válvula de descarga com diâmetro mínimo de 150 mm.

Filtros:

Os filtros deverão ser de fluxo descendente e constituirão sistemas autolaváveis, de taxa declinante variável. Deve-se modular o número de filtros de modo que o tratamento não paralise por completo durante a autolavagem, mantendo-se 50 L/s para o tratamento.

O leito filtrante será duplo de areia (espessura = 20 cm; T.E. = 0,55 a 0,65 mm e C.U. = 1,4 a 1,7) e antracito (espessura = 40 cm; T.E. = 0,8 A 1,00 mm e C.U. = 1,4 a 1,7) suportado por camada de seixos rolados com espessura mínima de 30 centímetros com granulometria adequada para efetuar a transição entre o fundo falso e a camada de areia.

O número de filtros por modulação da ETA deve ser mínimo de 04 (quatro) unidades, autolaváveis, onde um filtro é lavado utilizando-se a água originaria dos demais filtros em operação normal, sem auxílio de bombas ou reservatórios elevados.

A taxa média de filtração não pode exceder a 360 m^3/m^2 x dia com todas as unidades operando na amplitude máxima da sua capacidade.

A velocidade ascensional para lavagem dos filtros não deverá ser inferior a 0,70 metros por minuto nem superior a 1,00 metros por minuto.

Durante a operação de lavagem, por modulação, a metade da vazão da estação será utilizada no filtro que estiver sendo lavado, sendo nula a vazão no dispositivo geral de saída do sistema de filtros, por modulação.

O vertedouro de saída de água filtrada deve ser constituído de canalização vertical ascendente, com saída posicionada na parte superior e horizontal, que garanta carga hidráulica para que o Sistema de Filtração seja autolavável.

3.2 INTERLIGAÇÃO ETA PRÉ FABRICADA AO TANQUE DE CONTATO

- Vazão dimensionamento: ..... .100 L/s;
- Material e diâmetro da tubulação projetada: .....Ferro Fundido DN 400 mm
- Velocidade: ..... .0,95 m/s;
- Cota saída filtros: .....855,22 m;
- Cota chegada tanque de contato: .....854,27 m
- Desnível disponível:.....0,95 m

A perda de carga localizada foi determinada pela equação apresentada a seguir:

$$h_L = \frac{K\,x\,v^2}{2\,g}$$

Onde:

h_L = perda de carga localizada (m);

K = coeficiente de perda de carga localizada;

v = velocidade (m/s);

g = aceleração da gravidade (m/s²).

Valores de K:

Tabela 1 Perdas de Carga Localizadas

Singularidades	Qte	DN	Vazão	V	K	hs
Entrada normal em canalização	1	400	100,00	0,80	0,50	0,016
Curva 90°	5	400	100,00	0,80	0,40	0,065
Registro de gaveta	1	400	100,00	0,80	0,20	0,007
Saída de canalização	1	400	100,00	0,80	1,00	0,033
Junção	2	400	100,00	0,80	0,40	0,026
Total (h_l)						**0,147**

$$h_L = 0{,}147\,m$$

A perda de carga distribuída foi determinada a partir do equacionamento de Hazen William que pode ser visualizada abaixo:

$$h_d = 10{,}643\, x\, Q^{1{,}85}\, x\, C^{-1{,}85}\, x\, D^{-4{,}87}\, x\, L$$

Onde:

- Q - vazão:.....0,100 m³/s
- D - diâmetro da tubulação.....0,40 m
- C - coeficiente de rugosidade.....110 - Ferro Fundido
- L - comprimento da tubulação .....27,30 m
- h_d - perda de carga distribuída .....0,060 m
- Perda de carga total (h_L + h_d).....0,207 m

Verificação

- Desnível disponível.....0,950 m
- Perda de carga total.....0,207 m
- Carga disponível na entrada do tanque de contato.....0,743 m

3.3 TANQUE DE CONTATO

A garantia do tempo de retenção mínimo recomendado de 30 minutos (1.800 segundos), entre o agente oxidante e a água proveniente da ETA será exercida num tanque de contato, em concreto armado dotado de chicanas para minimizar curtos circuitos, cujo volume útil necessário é calculado a seguir:

$$V = T_R \times Q$$ Onde:

- T_R – tempo de retenção mínimo.....1800 s
- Q – vazão.....0,1 m³/s
- V – volume útil.....180 m²

As principais dimensões do tanque de contato serão:

- Área útil .....32,00 m²
- Altura útil.....3,00 m
- Volume útil.....96,00 m³
- Tempo de retenção real .....16 minutos

Observa-se que o tempo de retenção do tanque de contato é inferior ao preconizado pela norma, contudo, essa unidade foi solicitada pelo SAAE de forma a garantir melhor mistura dos produtos químicos aplicados ao final do processo de tratamento e salienta-se que antes da água ser encaminhada ao sistema de distribuição ficará armazenada no reservatório de 1000 m³ que por si só garante o tempo de retenção superior ao mínimo necessário.

4 CASA DE QUÍMICA

4.1 DESCRIÇÃO DA UNIDADE

Para essa ETA foi projetada uma casa de química que constituíra em uma edificação de único pavimento que contará com os seguintes recintos:

- Sala de dosagem de alcalinizante;
- Sala de dosagem de coagulante;
- Sala de dosagem de flúor;
- Sala de dosagem de ortopolifosfato;
- Depósito de materiais de limpeza;
- Sala de insumos para produção de hipoclorito de sódio;
- Sala de produção e dosagem de hipoclorito de sódio;
- Área de armazenamento de hipoclorito de sódio, com bacia de contenção;
- Sala de administração;
- Sala de supervisão/reuniões;
- Laboratório;
- Copa;
- Instalações sanitárias feminina e masculina.

4.2 DOSAGEM DOS PRODUTOS QUÍMICOS

O sistema de tratamento de água projetado deve garantir a qualidade da água atendendo aos padrões de potabilidade estabelecidos na Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021.

As dosagens dos produtos químicos serão dimensionadas para promover a oxidação (remoção de ferro e manganês), coagulação, alcalinização, desinfecção, fluoretação e eventual correção do pH.

Os produtos químicos selecionados pelo SAAE que serão utilizados nos processos são:

- Hipoclorito de Sódio – pré-oxidação – aplicado na adutora de água bruta;
- Policloreto de Alumínio (PAC) – coagulação – aplicado na mistura rápida;
- Hidróxido de Cálcio em suspensão aquosa (Geocálcio) – alcalinização – aplicado na Calha Parshall;
- Hipoclorito de Sódio – desinfecção – aplicado no tanque de contato;
- Ácido Fluossilícico – Fluoretação – aplicado no tanque de contato;

- Ortopolifosfato - -proteção das tubulações - aplicado no tanque de contato;
- Hidróxido de Cálcio em suspensão aquosa (Geocálcio) – eventual correção do pH – aplicado no tanque de contato.

4.2.1 Coagulante – Policloreto de Alumínio - PAC

O coagulante será o Policloreto de Alumínio – PAC que é fornecido em solução líquida em concentração usual de 18% que, a pedido do SAAE, será armazenado em 02 (dois) tanques estacionários (plataforma de produtos químicos) capacidade 10.000 litros cada na área externa da Casa de Química.

A reposição do produto somente será realizada mediante esvaziamento completo de um dos tanques, mantendo-se outro em operação. A autonomia do armazenamento total é de cerca de 119 dias.

Dentro da Sala de Dosagem de Coagulante da Casa de Química será instalado 01 (um) tanque de nível constante, capacidade 50 litros, interligado diretamente com os tanques de armazenamento.

As bombas dosadoras eletromagnéticas de sulfato de alumínio (1+1 reserva) farão a sucção diretamente no tanque de nível constante.

Para estimativa das vazões de dosagem no tratamento adotou-se as expressões a seguir:

$$q_d = \frac{Q \times D \times 3,6}{\rho}$$

Onde:

q_d = Vazão de Dosagem (L//h);

Q = Vazão de tratamento (100 L/s);

D = Dosagem (mg/L);

ρ = Peso Específico (1.370 Kg/m³).

Dosagem média = 20 mg/L

$$q_d = 5,26\ L/h$$

Dosagem máxima = 40 mg/L

$$q_d = 10,51\ L/h$$

Tanques de Nível Constante:

- Número de tanques: ..... 01 und;
- Capacidade: ..... 50 litros;
- Material: ..... Polipropileno;
- Dimensões internas: ..... Diâmetro: 0,40 m x altura: 0,60 m (dimensões de referência. Podem variar de acordo com fabricante).

Bomba Dosadora:

- Tipo: ..... eletromagnética (Ref.: GRABE, Mod.: Digital TPG 803);
- Vazão de dosagem: ..... 50 L/h;
- Nº de bombas: .....02 (1 reserva);
- Contrapressão máx: ..... 1,0 bar;
- Alimentação elétrica: ..... 100-240 Vac – 50/60 Hz;
- Cabeçote: ..... PVDF;
- Diafragma: ..... PTFE (Teflon);
- Automação: ..... sensor de pulsos e sinal 4-20mA.
- Linha de Aplicação: ..... PVC Rosca ½";
- Ponto de Aplicação: .....Garganta do Parshall.

Consumo Diário:

$C = q_d \times t$

Onde:

C = Consumo Diário (L/dia);

q_d = vazão de dosagem

t = tempo de operação do sistema (16 horas);

$C = 84,09\ L/dia$

Tanques de Armazenamento:

- Número de tanques: 02;
- Capacidade: .....10.000 litros;
- Material: ..... Polipropileno;
- Autonomia: ..... 119 dias cada tanque – dosagem média.

4.2.2 Alcalinizante – Hidróxido de Cálcio em Suspensão Aquosa (Geocálcio)

Será utilizado o Hidróxido de Cálcio em Suspensão Aquosa também conhecido como Geocálcio. O produto será armazenado em 02 (dois) tanques estacionários (plataforma de produtos químicos) capacidade 5.000 litros cada, na área externa da Casa de Química.

A reposição do produto somente será realizada mediante esvaziamento completo de um dos tanques, mantendo-se outro em operação. A autonomia do armazenamento total é de cerca de 29 dias.

Nos 02 tanques de armazenamento (5000 Litros cada) devem contar com agitadores em aço inox e motores elétricos, com controle de velocidade através de inversor de frequência.

Dentro da Sala de Dosagem de Alcalinizante da Casa de Química serão instaladas 02 (duas) bombas dosadoras peristálticas interligadas diretamente com os tanques de armazenamento.

Os pontos de aplicação serão a montante da garganta da Calha Parshall para reação, e quando necessário, no tanque de contato existente para correção do pH.

Para estimativa das vazões de dosagem no tratamento adotou-se as expressões a seguir:

$$q_d = \frac{Q \times D \times 3,6}{\square}$$

Onde:

q_d = Vazão de Dosagem (L//h);

Q = Vazão de tratamento (100 L/s);

D = Dosagem (mg/L);

ρ = Peso Específico (1.100 Kg/m³).

Dosagem média = 10 mg/L

$$q_d = 10,91\, L/h$$

Dosagem máxima = 20 mg/L

$$q_d = 21,82\, L/h$$

Bombas Dosadoras:

- Tipo: ..... peristáltica (Ref.: ProMinent, Mod.: DULCOFLEX DFXa);
- Vazão de dosagem: ..... 30 L/h;
- Nº de bombas: ..... 4 (2 reservas);
- Contrapressão máx.: ..... 1 bar;
- Alimentação elétrica: ..... 100-380 V – 50/60Hz;
- Linha de Aplicação: ..... PVC rosca ½";
- Ponto de Aplicação: ..... montante da garganta da calha Parshall (reação) e tanque de contato (correção pH).

Consumo Diário:

$$C = \frac{Q\,x\,D\,x\,t\,x\,3{,}6 \times 2}{1000}$$

Onde:

C = Consumo Diário (Kg/dia);

Q = Vazão de tratamento (100 L/s);

D = Dosagem máxima (mg/L);

t = tempo de operação do sistema (16 horas);

(x 2 reação e correção de pH);

$$C = 346{,}09\,L/dia$$

Tanques de Armazenamento:

- Número de tanques: 02;
- Capacidade: ..... 10.000 litros;
- Material: ..... Polipropileno;
- Autonomia: ..... 14 dias cada tanque – dosagem média.

Agitadores Verticais dos Tanques de Armazenamento:

- Número de agitadores: ..... 02 (Ref.: GRABE, Mod.: FLUXOMIX F4R-030M);
- Fixação: ..... direto no tampo dos tanques de armazenamento;
- Material construtivo: ..... aço carbono e haste c/ revestimento em polipropileno;
- Tipo: ..... elétrico, trifásico, 60Hz;
- Potência: ..... 3 CV;

- Rotação: ..... 1700 rpm.

4.2.3 Fluoretação – Ácido Fluossilícico

De acordo com o “Manual de Fluoretação da Água para Consumo Humano”, elaborado pela FUNASA, a concentração, em mg/L, recomendada de íon fluoreto nas águas de abastecimento público é obtida por intermédio da seguinte equação:

$$C = \frac{22,2}{E}$$

Onde:

E = 10,3 + 0,725 T;

T = média das Temperaturas máximas diária observada durante um período mínimo de 1 ano;

Considerando T = 25° C, obtém-se E = 28,425 e C = 0,78 mg/L.

O Valor da dosagem também foi verificado no Quadro I – Anexo 1 do Anexo XXI da Portaria de Consolidação nº5/2017.

QUADRO I

Limites recomendados para a concentração do íon fluoreto em função da média das temperaturas máximas diárias.

Média das temperaturas máximas diárias do ar (°C)	Limites recomendados para a concentração do íon fluoreto (mg/l)		
	mínimo	máximo	ótimo
10,0 - 12,1	0,9	1,7	1,2
12,2 - 14,6	0,8	1,5	1,1
14,7 - 17,7	0,8	1,3	1,0
17,8 - 21,4	0,7	1,2	0,9
21,5 - 26,3	0,7	1,0	0,8
26,4 - 32,5	0,6	0,8	0,7

De acordo com o quadro acima, na linha da média de temperatura máxima entre 21,5º e 26,3º o limite recomendado para a concentração do íon fluoreto está entre 0,7 mg/L (mínimo) e 1,00 mg/L (máximo), sendo a concentração denominada ótimo 0,8 mg/L, que será adotada para a dosagem da ETA 100 L/s.

O Ácido Fluossilícico será fornecido puro e armazenado em 02 (dois) tanques estacionários (plataforma de produtos químicos) capacidade 5.000 litros cada na área externa da Casa de Química.

A reposição do produto somente será realizada mediante esvaziamento completo de um dos tanques, mantendo-se outro em operação. A autonomia do armazenamento total é de cerca de 516 dias.

Dentro da Sala de Dosagem de Flúor da Casa de Química será instalado 01 (um) tanque de nível constante, capacidade 50 litros, interligado diretamente com os tanques de armazenamento.

As bombas dosadoras eletromagnética de ácido fluossilícico (1+1 reserva) farão a sucção diretamente do tanque de nível constante.

Para estimativa da vazão de dosagem no tratamento adotou-se as expressões a seguir:

$$q_d = \frac{Q \times D \times 3,6}{\left(\frac{P}{100}\right) \times}$$

Onde:

q_d = Vazão de Dosagem (L//h);

Q = Vazão de tratamento (100 L/s);

D = Dosagem (0,80 mg/L);

P = Pureza Comercial do produto 100% puro (79,20%);

ρ = Peso Específico (1.200 Kg/m³).

$$q_s = 1,21\, L/h$$

Tanque de nível constante:

- Número de tanques: 01;
- Capacidade: ..... 50 litros;
- Material: ..... Polipropileno;

Bomba Dosadora:

- Tipo: ..... eletromagnética (Ref.: GRABE, Mod.: Digital TPG 803);
- Vazão de dosagem: ..... 2 L/h;
- Nº de bombas: .....02 und (1 reserva);
- Contrapressão máx: ..... 1 bar;

- Alimentação elétrica: ..... 100-240 Vac – 50/60 Hz;
- Cabeçote: ..... PVDF;
- Diafragma: ..... PTFE (Teflon);
- Automação: ..... . sensor de pulsos e sinal 4-20mA.
- Linha de Aplicação: ..... PVC Rosca ½";
- Ponto de Aplicação: ..... Tanque de Contato.

Consumo Diário:

$C = q_s \times t$

Onde:

q_d = Vazão de Dosagem (L//h);

t = tempo de operação do sistema (16 horas);

$C = 19,39\, L/dia$

Tanques de Armazenamento:

- Número de tanques: 02;
- Capacidade: ..... 5.000 litros;
- Material: ..... Polipropileno;
- Autonomia: ..... 258 dias cada tanque.

4.2.4 Pré Oxidação e Desinfecção – Hipoclorito de Sódio

Para pré oxidação e desinfeção será utilizado o hipoclorito de sódio que será produzido na própria casa de química com o emprego de geradores de hipoclorito (Hidrogeron) que utilizam cloreto de sódio e água como insumos na produção.

A produção de hipoclorito de sódio será realizada no interior da Casa de Química que contará com área para depósito de sacos de cloreto de sódio, sala de preparo de solução, sala dos geradores e bombas dosadoras e área de armazenamento de hipoclorito que contará com um tanque de armazenamento com capacidade para 8.000 L instalado no interior de uma bacia de contenção.

O dimensionamento e especificação dos equipamentos ficarão a cargo do fornecedor que deverá garantir, quantidades, dosagens e concentrações exigidas

Para estimativa das vazões de dosagem e consumo diário de hipoclorito de sódio usado no tratamento adotou-se as expressões a seguir:

$q_d = Q \, x \, D$

Onde:

q_d = vazão de dosagem (Kg/h);

Q = vazão do sistema (100 L/s = 360 m³/h);

D = dosagem de hipoclorito de sódio (Kg/m³) – para pré oxidação a dosagem adotada será 2 mg/L (0,002 Kg/m³) e para desinfecção a dosagem adotada será 3 mg/L (0,003 Kg/m³).

De acordo com a ABNT/NBR12216:1992 item 5.19.2. “O consumo de cloro necessário para desinfecção da água é estimado em 5 mg/L, com mínimo de 1 mg/L; para oxidação e preparo de compostos, é estimado de acordo com a necessidade do tratamento.”.

Pré Oxidação – dosagem 2 mg/L:

$q_d = 0,72 \, Kg/h$

Consumo diário = 11,52 Kg/dia.

Desinfecção – dosagem 3 mg/L:

$q_d = 1,08 \, Kg/h$

Consumo diário = 17,28 Kg/dia.

Consumo diário total = 28,8 Kg/dia

Para essa demanda o fornecedor indica 2 equipamentos (1 reserva) com capacidade de produção para 36 kg de cloro ativo por dia e consumo diário de 162 kg de cloreto de sódio, portanto o consumo mensal será de 4.860 kg.

Para estimativa das vazões de dosagem no tratamento adotou-se as expressões a seguir:

$$q_d = \frac{Q \times D \times 3,6}{\times (C¿¿p/100}$$

Onde:

q_d = Vazão de Dosagem (L//h);

Q = Vazão de tratamento (100 L/s);

D = Dosagem (mg/L);

ρ = Peso Específico (1.010 Kg/m³);

C_p = concentração média do produto (0,65%)

Dosagem de Desinfecção = 3 mg/L

$$q_d = 164,51\, L/h$$

Dosagem de Oxidação = 2 mg/L

$$q_d = 109,67\, L/h$$

Bomba Dosadora:

- Tipo: .....pneumática;
- Vazão máxima de dosagem: ..... 50 L/min;
- Nº de bombas: .....04 (2 reservas);
- Contrapressão máx: ..... 6,9 bar;
- Alimentação elétrica: ..... 100-240 Vac – 50/60 Hz;
- Automação: ..... sensor de pulsos e sinal 4-20mA.
- Linha de Aplicação: ..... PVC Rosca ½";
- Pontos de Aplicação: .....Garganta do Parshall e Tanque de Contato.

Consumo Diário:

$$C = q_d \times t$$

Onde:

C = Consumo Diário (L/dia);

q_d = vazão de dosagem

t = tempo de operação do sistema (16 horas);

Para oxidação:

$$C = 1754,76\, L/dia$$

Para desinfecção:

$$C = 2632,16\, L/dia$$

Consumo diário total = 4.386,90 L/dia

Tanques de Armazenamento:

- Número de tanques: 01;
- Capacidade: .....8.000 litros;
- Material: ..... Polipropileno;
- Autonomia: ..... 1,8 dias.

4.3 LABORATÓRIO

De acordo com a ABNT NBR12216:1992, o laboratório é a área da ETA que tem função de controlar e acompanhar a eficiência do tratamento, através de análises e ensaios físicos, químicos e bacteriológicos.

As análises e os ensaios físico-químicos que, no mínimo, o laboratório deve realizar compreendem: pH, Alcalinidade, Turbidez, Cor Aparente, Cloro, Flúor e Coagulação.

Em estações com capacidade igual ou superior a 10000 m³/dia, deve ser prevista, obrigatoriamente, área para laboratório de bacteriologia. Em estações com capacidade inferior, como é o caso da ETA de Guanhães, essa área pode ser dispensada, desde que exista o laboratório regional que controle a qualidade bacteriológica de diversas estações de tratamento, porém, não é o caso de Guanhães. Devido a isso, será projetado o laboratório de bacteriologia. A área mínima segundo a ABNT NBR12216:1992 é de 12 m² e no presente caso foi projetado um laboratório de 3,15 m x 6,10 m, totalizando 19,215 m².

O pé direito mínimo deve ser de 3,0 m, com paredes internas revestidas à prova de umidade e o piso impermeável e dotado de ralo como segue os preceitos da norma.

5 UNIDADE DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS – UTR

5.1 SISTEMA PROPOSTO E PARÂMETROS PARA DIMENSIONAMENTO

A Unidade de Tratamentos dos Resíduos – UTR, será implantada na mesma área da Estação de Tratamento de Água. As unidades da UTR foram dimensionadas considerando a cota de implantação e as descargas dos filtros e decantadores da ETA projetada.

A UTR tem como premissa básica a redução de umidade do lodo com consequente diminuição de massa fluída e de volume, criando condições adequadas para a disposição final do lodo (resíduo sólido) e do sobrenadante (água clarificada).

O projeto básico da Unidade de Tratamento de Resíduos – UTR contempla:

- Implantação de 2 Tanques de Sedimentação, para recebimento da água de lavagem dos filtros e esgotamento dos decantadores, e ainda possibilitar a sedimentação dos sólidos (partículas sólidas sedimentáveis);
- Esgotamento por gravidade do sobrenadante interligando à elevatória de recirculação ou lançamento no curso d'água;
- Implantação do Pátio de deságue de lodo com 3 Bag's (geotube). Depois de atingida a capacidade de retenção de cada bag, o lodo será encaminhado para disposição final em Aterro Sanitário;
- Implantação de edificação para preparo e dosagem do polímero para aplicação no lodo facilitando a desidratação;

Para elaboração do projeto básico da Unidade de Tratamento de Resíduos (UTR) da ETA projetada, estabeleceu-se algumas diretrizes, a saber:

- Vazão da ETA pré-fabricada: .....100 L/s total;
- Concentração de sólidos nos decantadores: 1%;
- Concentração de sólidos nos filtros: 0,05%;
- Densidade do Lodo: .....1.002 kg/m³;
- Polímero:..... .Concentração da solução: 0,25 %;
- Dosagem: .....20 mg/L;

A limpeza dos floculadores, geralmente é efetuada anualmente, preferencialmente em meses considerados de menor consumo. Além disso, os floculadores não produzem efluente

significativo para concepção e dimensionamento de uma UTR, em razão de volumes, da periodicidade e rotina de limpeza.

Parâmetros operacionais para lavagem dos Filtros:

- Nº de filtros:..... 4 unidades (1 filtro é lavado utilizando a água dos outros 3);
- Vazão de lavagem de cada Filtro: ..... .100 L/s = 6,0 m³/min;
- Tempo de Lavagem de cada Filtro: ..... .adotado 8 minutos;
- Volume de lavagem calculado: .....6,0 m³/min x 8 min = 48,00 m³;
- Área de cada Filtro: .....6,60 m² (apenas referência – poderá ser alterado de acordo com o equipamento a ser adquirido);
- Altura do meio filtrante de cada Filtro:.... 1,20 m (apenas referência – poderá ser alterado de acordo com o equipamento a ser adquirido)
- Volume de descarte operacional antes da lavagem: .....7,93 m³;
- Volume total de descarga de 1 Filtro: .....55,93 m³.
- Carreira de filtração:.....adotado 16 horas (4 filtros, lavando-se 1 a cada 4 horas).

Parâmetros operacionais para lavagem dos decantadores:

- Nº de decantadores: .....3 unidades;
- Volume de descarga cada decantador: 29,91 m³ (apenas referência – poderá ser alterado de acordo com o equipamento a ser adquirido);
- Altura = 3,10 m (apenas referência – poderá ser alterado de acordo com o equipamento a ser adquirido);

Para o dimensionamento da UTR, será considerada a descarga semanal dos decantadores, porém, deve haver um intervalo entre as descargas.

5.2 DIMENSIONAMENTO DA UTR

5.2.1 Corpo Principal do Tanque de Sedimentação

Cada Tanque de Sedimentação utilizado possui as seguintes dimensões:

- Largura: ..... 6,50 m;
- Comprimento: ..... . 6,50 m;
- Profundidade útil sobrenadante: ..... 1,75 m;
- Profundidade útil lodo: ..... 2,70 m.

Dimensões e cálculo do volume:

Lodo sedimentado: Cálculo volume tronco pirâmide

$$V = \frac{h}{3} x \left(A_B + A_b + \sqrt{A_B + A_b} \right)$$

Sendo:

Largura maior = 6,50 m;

Largura menor = 1,20 m;

Altura total lodo = 3,20 m (altura útil = 2,70 m).

O Volume de lodo sedimentado é 52,90 m³. O volume de lodo sedimentado abaixo do Namín é 1,30 m³, portanto, o volume útil de lodo sedimentado é 54,20 m³.

Sobrenadante:

Comprimento do tanque = 6,50 m;

Largura tanque = 6,50 m;

Altura sobrenadante acima do tronco pirâmide = 1,75 m;

Volume útil sobrenadante = 73,94 m³.

5.2.2 Descarga Filtros:

A concentração de sólidos nos filtros é 0,010%. Admitindo-se que a concentração de lodo poderá atingir 1% dentro do tanque de sedimentação, o volume de lodo sedimentado por lavagem de filtro é:

$$Volume\ de\ Lodo\ Sedimentado = 223,72\ m^3\ x\ \frac{0,010\ \%}{1\ \%} = 2,24\ m^3$$

5.2.3 Descarga Decantadores:

Conforme descrito nos parâmetros para dimensionamento, a concentração de sólidos nos decantadores é de 1%.

O volume útil de lodo sedimentado de cada tanque de sedimentação é 9,97 m³. A partir da descarga dos 3 decantadores (sendo necessário intervalo entre as descargas e descarte de sobrenadante quando atingir o nível máximo de seu limite). Nestas condições, após sedimentação de lodo, a concentração dentro de 1 tanque de sedimentação será:

$$Concentração\ de\ Lodo\ Sedimentado = 3\ x\ 9{,}97\ m^3\ x\ \frac{1\%}{52{,}90\ m^3}\ x\ 100 = 0{,}56\%$$

5.2.4 Ciclo de Operação:

O ciclo será iniciado com a chegada de água de lavagem nas câmaras dos tanques de sedimentação. Em seguida, a água acumulada em seu interior será deixada em repouso, até minutos antes da próxima lavagem de filtro. Neste tempo é possível descarregar o sobrenadante para recebimento de nova descarga. O sobrenadante será encaminhado e interligada ao sistema de descarga existente.

Uma vez atingido o nível de lodo, entrará em funcionamento a Estação Elevatória de Lodo Sedimentado. A vazão do conjunto moto bomba foi dimensionada de acordo com a capacidade de recebimento de um dos Bag's que está limitado a 10 L/s.

Quando da lavagem dos decantadores, deverá ser realizado o bombeamento semanal de lodo sedimentado para os Bag's.

5.2.5 Interligações

As descargas da ETA serão interligadas à URT através de tubulações de ferro fundido DN 400 mm. As entradas dos decantadores contarão com registros de manobra manual que permitirão o controle do fluxo para cada um dos tanques de sedimentação.
Caso seja necessária eventual manutenção na UTR foi previsto um *by pass* da UTR através de uma derivação dotada também de registro de manobra manual que encaminhará o fluxo diretamente para a rede de drenagem que por sua vez fará o lançamento em curso d'água próximo à área da ETA.
O sobrenadante dos tanques de sedimentação será encaminhado para a elevatória de reuso através de uma rede projetada que também recolherá o percolado dos Bags de desidratação de lodo e extravasores dos reservatórios.
O lodo acumulado no fundo dos tanques de sedimentação será encaminhado para desidratação nos Bags através de elevatória de lodo e linha de recalque, conforme dimensionamento apresentado no subitem a seguir.

5.3 ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE LODO DO TANQUE DE SEDIMENTAÇÃO

5.3.1 Poço de Lodo

O volume útil de cada tanque de sedimentação é 126,86 m³, sendo 73,94 m³ de sobrenadante e 52,90 m³ de lodo sedimentado. Para dimensionamento e escolha das bombas de lodo, existe a premissa estabelecida junto ao fabricante do Bag (geotube) projetado, que suporta a entrada de 10 L/s.

Tempo de esvaziamento do poço de lodo de cada Tanque de Sedimentação:

- Volume do poço de lodo: .....52,90 m³;
- Vazão de bombeamento: .....10 L/s (36 m³/h);

Tempo de esvaziamento de lodo cada tanque de sedimentação é 1 hora e 25 minutos.

5.3.2 Elevatória de Lodo do Tanque de Sedimentação

Dentro do poço de lodo de cada Tanque de Sedimentação, serão instalados 2 conjuntos motobombas (1+1 Reserva/Rodízio), de onde partirá o recalque do lodo sedimentado (Q = 10 L/s) para 1 dos Bag's projetados. As principais características estão apresentadas a seguir:

Dados Gerais

- Vazão: ..... 10,00 L/s;
- NA min: ..... 845,470 m;
- NA máx.: .....850,320 m;
- Cota de chegada nos Bag's: .....851,400 m;
- Desnível geométrico máximo: .....5,93 m;
- Desnível geométrico mínimo: .....1,08 m;

Bombas

- Número de bombas: 1 + 1 (Rodízio / Reserva) em cada tanque de sedimentação;
- Tipo: ..... Submersível;

5.3.3 Canalização de recalque

A partir dos conjuntos motobomba instalados dentro dos tanques de sedimentação, será implantada uma linha de recalque interligando até o pátio de Bag's.

Utilizando a Fórmula de Bresse para cálculo do diâmetro econômico, obteve-se o diâmetro de 0,11 m. O diâmetro nominal comercial mais próximo encontrado é de 100 mm, que atende ao parâmetro de velocidade em recalques 0,60 m/s < D < 3,00 m/s.

Fórmula de Bresse para determinação do diâmetro econômico:

$$De = k \times \sqrt{Q(m^3/s)}$$

Onde:

K = (adotado 1,10);

Q = Vazão de recalque (0,01 m³/s);

De = 1,10 x $0{,}0100^{0,5}$ = 0,11 m.

Diâmetro nominal do projeto = 100 mm.

- Diâmetro: ..... 100 mm;
- Material: ..... Ferro Fundido;
- Extensão: ..... 50,47 m.

5.3.4 Barrilete de recalque e chegada nos Bag's

- Diâmetro: ..... 100 mm;
- Material: ..... Mangote;
- Extensão: ..... 13 m.

Segue abaixo a planilha de dimensionamento da unidade.

SISTEMA DE RECALQUE

-DADOS GERAIS

.Cota de chegada topo dos Bag's (m) : 851,400
.Cota do $NA_{mín.}$ no poço de sucção (m) : 845,470
.Cota do $NA_{máx.}$ no poço de sucção (m) : 850,320
.Desnível geométrico máximo (m) : 5,93
.Desnível geométrico mínimo (m) : 1,08

- ALTURA MANOMÉTRICA (m)

. Perdas de Carga Localizadas no Recalque

.. Vazão (l/s) : 10,00
.. Material : ..... F^oF^o

.. Perda de carga localizada (m) :

$$hp_l = \frac{K \times V^2}{2g}$$

CODIGO	PEÇAS	Vazão (l/s)	Diâmetro (mm)	Veloc. (m/s)	Quant.	$K_{UNIT.}$	K_{TOTAL}
11	Entrada normal de canalização	10,00	100	1,27	1	0,50	0,50
8	Curva de 90º	10,00	100	1,27	15	0,40	6,00
25	Válvula de retenção	10,00	100	1,27	1	2,50	2,50
18	Registro de gaveta aberto	10,00	100	1,27	2	0,20	0,40
21	Tê, de passagem direta	10,00	100	1,27	6	0,60	3,60
22	Tê, de saída de lado	10,00	100	1,27	1	1,30	1,30
20	Saída de Canalização	10,00	100	1,27	1	1,00	1,00
						Σ	15,30

hp_l : ..... 1,26 m

. Perdas de Carga Contínuas no Recalque - (barrilete e chegada)

.. Vazão (l/s) : 10,00
.. Material : ..... Fofo
.. Coeficiente de rugosidade : 120
.. Comprimento (m) : 50,47
.. Diâmetro (mm) : 100
.. Velocidade (m/s) : 1,27

. Perdas de Carga Contínuas no Recalque - (linha de recalque e mangote)

.. Vazão (l/s) : 10,00
.. Material : ..... Mangote
.. Coeficiente de rugosidade : 140
.. Comprimento (m) : 13,00
.. Diâmetro (mm) : 100
.. Velocidade (m/s) : 1,27

$$hp_c = 10{,}643 \times Q^{1{,}85} \times C^{-1{,}85} \times D^{-4{,}87} \times L$$

hp_c : 1,13
hp_c 2: 0,22

. Altura manométrica(m)

.. Altura manométrica máxima (m) 8.54

5.3.5 Verificação para o fabricante

Para avaliação do sistema realizou-se uma pesquisa entre fabricantes e para efeito de dimensionamento utilizou-se os dados do fabricante Ebara. Salienta-se que o fabricante e modelo aqui apresentados apenas para efeito de dimensionamento e para aquisição deverá ser feita consulta de mercado com equipamentos que atendam os pontos de funcionamento apresentados no presente memorial.

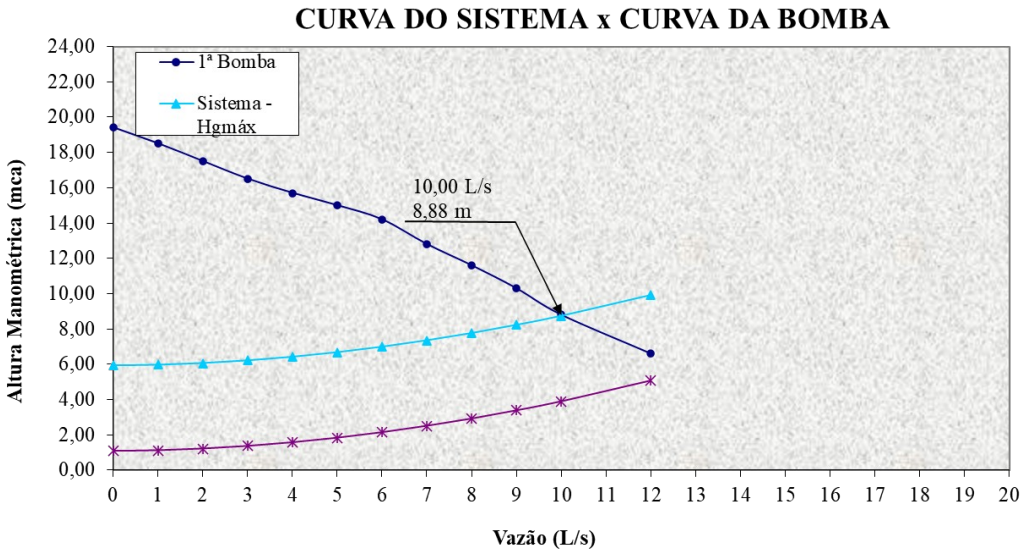
Os pontos correspondentes à curva característica da bomba consultada e os pontos para a construção do gráfico de curvas características do sistema estão apresentados a seguir:

Tabela 2 Curva do Sistema x Bomba

VAZÃO (l/s)	VAZÃO (m^3/h)	CURVA DA BOMBA 1 Bomba	CURVA DO SISTEMA	
			Hm máx	Hm mín
0,00	0,00	19,40	5,93	1,08
1,00	3,60	18,50	5,96	1,11
2,00	7,20	17,50	6,06	1,21
3,00	10,80	16,50	6,21	1,36
4,00	14,40	15,70	6,42	1,57
5,00	18,00	15,00	6,68	1,83
6,00	21,60	14,20	6,99	2,14
7,00	25,20	12,80	7,35	2,50
8,00	28,80	11,60	7,76	2,91
9,00	32,40	10,30	8,23	3,38
10,00	36,00	8,80	8,74	3,89
11,00	39,60	7,60	9,30	4,45

A figura a seguir mostra os pontos de operação para sistema segundo as características do conjunto Motobomba.

Figura 01. Curva do Sistema x Bomba



A seguir são apresentados os dados do fabricante com os principais parâmetros:

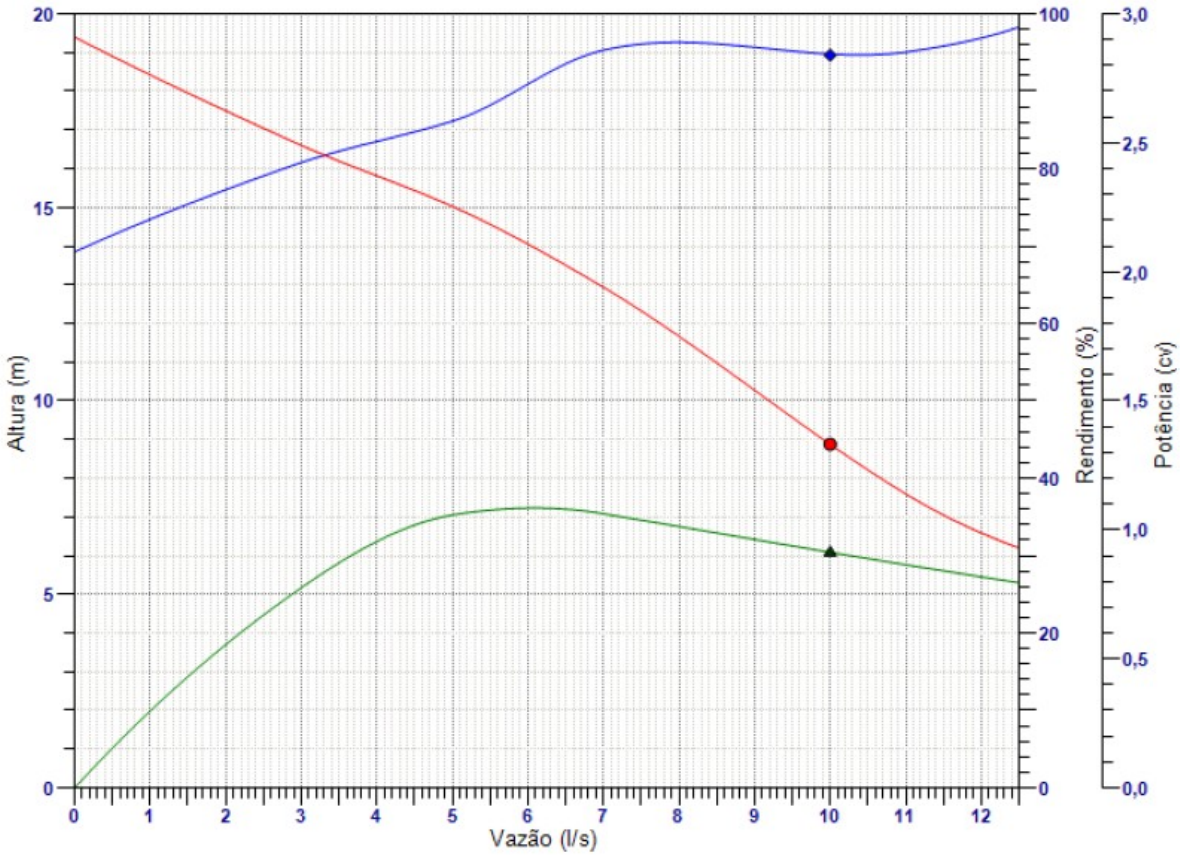
EBARA

CURVA DE DESEMPENHO

Página 1 ESB-BR LD ver. 3.2

Cliente							Data
							19/10/2025
Produto	Potência (cv)	Freq. (Hz)	Nº Pólos	Ø Rotor (mm)	Sub. Máx. (m)	Material	Cos ƒ (100%)
65(80)DVS62.2	3,00	60,00	2	108,00	8	Ferro Fundido	88,23
Motor	Tensão (V)	Ind. Prot.	Fases	Rotação (rpm)	M. Inércia (kg.m²)	Rend. (100%)	Corr. Nom. (A)
ZDS62.2222	220	IP68	3	3500	0,0105	74,36	8,8
Cabos Controle	Cabos Força	Classe Isol.	Fator serv.	Nº Part. Hora	Temp. Máx.ºC	Nº Curva	Corr. Part. (A)
	2 mm²	F	1,15	20	40,00	B1504	58

- Ponto Selecionado -			Tipo de Rotor
			Semi-vortex
Vazão	Altura	NPSHr	
10 l/s	8,88 m	-	
Potência Cons.	Rend. Hidr.	R. Conj.	
2,84 cv	30,44 %	22,50 %	



Desempenho Potência Consumida Rendimento

Os equipamentos citados devem ser considerados apenas como referência, não sendo obrigatório a utilização destes modelos ou marcas. Existindo outros modelos ou marcas no mercado com características similares e que apresente resultados também parecidos, estes deverão ser avaliados quanto a critérios econômicos e logísticos para aquisição. O sistema foi dimensionado para a situação mais crítica de funcionamento dos conjuntos motobombas.

5.4 SALA DE PREPARO E DOSAGEM DE POLÍMERO

Na Sala de Preparo e Dosagem de Polímero, serão armazenadas as sacas, permitindo a preparação e dosagem do polímero destinado ao condicionamento do lodo advindo da lavagem diária dos filtros, e do esgotamento dos decantadores. Na sala serão abrigados os tanques de preparo e as bombas dosadoras.

A aplicação de polímero será realizada na linha de recalque que alimenta os Bag's com objetivo de melhorar e acelerar as condições de desidratação dos resíduos sólidos no interior dessas bolsas.

O polímero será fornecido em sua forma sólida. Portanto, foram previstos dois tanques para sua dissolução, cada um dos quais com volume de 1000 litros. Cada um deles alimentará uma bomba dosadora.

Os cálculos correspondentes as dosagens e armazenamento do polímero são apresentados a seguir, ressaltando que as dosagens de aplicação deverão ser ajustadas pela operação local mediante ensaios de trabalhabilidade específico.

Após lavagem das unidades, já com as descargas dentro dos tanques de sedimentação, e após passado o tempo de repouso, a concentração de lodo sedimentado poderá atingir:

Filtros

- Concentração do lodo sedimentado dos Filtros dentro do tanque de sedimentação: ……1%;
- Volume de lodo sedimentado de 1 Filtro ..... .2,24 m³/lavagem;
- Carreira de Filtração ..... . 1 filtro a cada 4 horas;

A partir da premissa de concentração de lodo dentro do tanque de sedimentação, conclui-se que, cada tanque comporta o lodo sedimentado de até 27 lavagens de Filtros.

Decantadores:

- Concentração do lodo sedimentado dos decantadores dentro do tanque de sedimentação: 0,65% (calculado);
- Volume de lodo sedimentado de 1 decantador = 9,97 m³.

A partir da premissa de concentração de lodo dentro do tanque de sedimentação, conclui-se que, cada tanque comporta o lodo sedimentado de 4 Decantadores por vez. A lavagem dos decantadores é semanal.

5.4.1 Armazenagem de Polímero

O polímero será fornecido em sacas de 25 kg que serão mantidas no interior da sala de preparo, devendo ser abertas à medida em que forem sendo utilizadas.

Filtros:

Está sendo considerado que 1 tanque de sedimentação pode receber o lodo sedimentado de 27 vezes lavagens de filtros = 1,69 m³ x 27 = 45,63 m³ (o sobrenadante deve ser descartado a cada 2 lavagens de filtros);

Será adotado o volume de lodo de 1 tanque de sedimentação = 47,00 m³;

O recalque de lodo sedimentado de cada tanque de sedimentação, quando somente da lavagem de filtros será 1 bombeamento a cada 3 dias, sendo, 10 bombeamentos por mês – Volume = 470 m³/mês – lodo sedimentado das lavagens dos filtros.

Decantadores:

Está sendo considerado que 1 tanque de sedimentação pode receber o lodo sedimentado da descarga da lavagem dos 4 decantadores = 11,75 m³ x 4 = 47,00 m³ (o sobrenadante deve ser descartado no intervalo de cada lavagem);

1 bombeamento por semana, sendo 4 bombeamentos por mês = 188 m³/mês – lodo sedimentado da lavagem dos decantadores.

Total = 658 m³/mês.

Dosagem de Polímero = 20 mg/L = 20 g/m³;

Volume lodo sedimentado por tanque de sedimentação = 52,90 m³.

Carga de Polímero:

$$Carga\left(kg/dia\right)=\frac{dosagem\left(g/m^3\right)x\,vazão\left(m^3/d\right)}{1000\left(g/kg\right)}$$

$$Carga=\frac{20\,g/m^3\,x\,52,9\,m^3/dia}{1000\,g/kg}=1,06\,Kg/bombeamento$$

Bombeamento de lodo sedimentado de 27 lavagens de Filtros – 52,9 m³x10 bombeamentos/mês:

Carga mensal quando da lavagem de filtros = 10 bombeamentos de lodo x 1,06 Kg = 10,60 Kg.

Bombeamento de lodo sedimentado da lavagem de decantadores – 52,9 m³x4 bombeamentos/mês:

Carga mensal quando da lavagem de decantadores = 4 bombeamentos de lodo x 1,06 Kg = 4,24 Kg.

Carga total de Polímero = 14,84 Kg/mês.
Será necessária1 saca de 25 Kg de polímero a cada 50 dias.

5.4.2 Preparo do Polímero

Concentração no tanque de Preparo: 0,25%;
Carga de Polímero: 1,06 Kg/bombeamento.

$$Vazão\left(\frac{m^3}{dia}\right)=\frac{\frac{1,06\,Kg}{dia}}{\frac{0,25\,\%}{100}x\,1000\left(\frac{Kg}{m^3}\right)}=0,42\,m3/bombeamento=424\,L/bombeamento$$

Serão instalados 02 tanques de Preparo com capacidade para armazenar 1000 litros de solução cada.

5.4.3 Dosagem do polímero

Para cálculo da dosagem de polímero, será considerada a vazão de recalque da bomba de lodo sedimentado = 10 L/s. Seguem dados para dimensionamento:

Dosagem de Polímero = 20 mg/L = 20 g/m³;

Vazão de bombeamento = 10 L/s = 36 m³/h;

Concentração da Solução de Polímero: 0,25%.

Carga = (36 m³/h x 20 g/m³) ÷ 1000 g/Kg = 0,72 Kg/h

Vazão = 0,72 Kg/h ÷ (0,25 % ÷100) x 1000 Kg/m³ = 0,288 m³/h = 288 L/h.

Adotou-se bomba dosadora com vazão de 300 L/h.

5.5 PÁTIO DE DESÁGUE DO LODO – BAG'S

Está sendo prevista a implantação de 3 Bag's de 3,40m x 9,00m e 1,70 m de altura máxima de enchimento, onde, após o preenchimento completo de 1 bag, a carga de sólidos deverá ser dirigida ao outro bag para que ocorra a desidratação do lodo.

O lodo poderá ser retirado a partir do momento que o seu teor de sólidos atinja o mínimo de 25%.

Recomenda-se a retirada do lodo desidratado no bag, rompendo-se o geotube com auxílio de pá carregadeira e caminhão, tomando cuidado para não danificar a camada drenante do Pátio de Deságue sobre o qual ele será assentado. Os sólidos retirados dos bag's serão encaminhados para o aterro sanitário licenciado na região.

O Bag projetado, possui dimensões de (3,40 x 15,00 x 1,70) e capacidade para 40,50 m³ cada.

- Concentração de sólidos totais da ETA..... .25 g/m³
- Produção de lodo produzido nos decantadores..... .90% do total
- Produção e lodo produzido nos filtros..... .10% do total

Carga de sólidos da ETA

$$Carga\left(\frac{kg}{h}\right)=\frac{Concentração\left(\frac{mg}{L}\right)\times vazão\left(\frac{m^3}{h}\right)}{1000\left(\frac{g}{kg}\right)}$$

Carga de sólidos da ETA = 9,00 kg/h (216 kg/dia)

Concentração de lodo a ser atingida no Bag: 25%;

Volume diário de lodo

$$Volume=\frac{216\,Kg/dia}{\frac{25\,\%}{100}\,x\,1002\,Kg/m^3}=0,86\,m^3/dia=25,80\,m^3/mês$$

Tempo máximo de desidratação no bag = 90 dias

Volume máximo necessário para desidratação = 77,40 m³

Adotado 3 bags de 40,50 m³ de volume

Autonomia de cada bag 47 dias

5.6 ELEVATÓRIA DE RECIRCULAÇÃO

O sobrenadante dos tanques de sedimentação da UTR, assim como o percolado da desidratação de lodo serão retornarão ao sistema de tratamento e/ou para o reservatório elevado de água de reuso a ser instalado na área da ETA.

Para determinação da vazão, como a lavagem de cada filtro será realizada a cada 4 horas, considerou-se que a elevatória tenha capacidade de recalcar o volume de sobrenadante de um dos tanques de sedimentação da UTR em até 3 horas.

- Volume de sobrenadante do tanque de sedimentação.....73,94 m³
- Tempo de operação da elevatória .....3 horas
- Vazão .....24,65 m³/h (6,85 L/s)

Dados Gerais

- Vazão: ..... 6,85 L/s;
- NA min: ..... 845,470 m;
- NA máx.: .....850,320 m;
- Cota de chegada nos Bag's: .....851,400 m;
- Desnível geométrico máximo: ..... .5,93 m;
- Desnível geométrico mínimo: .....1,08 m;

Bombas

- Número de bombas: 1 + 1 (Rodízio / Reserva) em cada tanque de sedimentação;
- Tipo: ..... Submersível;

5.6.1 Canalização de recalque

Utilizando a Fórmula de Bresse para cálculo do diâmetro econômico, obteve-se o diâmetro de 0,09 m. O diâmetro nominal comercial mais próximo encontrado é de 100 mm, que atende ao parâmetro de velocidade em recalques 0,60 m/s < D < 3,00 m/s.

Fórmula de Bresse para determinação do diâmetro econômico:

$$De = k \times \sqrt{Q\left(m^3/s\right)}$$

Onde:

K = (adotado 1,10);

Q = Vazão de recalque (0,00685 m³/s);

De = 1,10 x $0{,}00685^{0,5}$ = 0,09 m.

Diâmetro nominal do projeto = 100 mm.

- Diâmetro: ..... 100 mm;
- Material: ..... Ferro Fundido/PVC;
- Extensão em F°F°: ..... 19,35 m;
- Extensão em PVC..... 51,30 m.

A seguir é apresentada a planilha de dimensionamento da unidade.

-DADOS GERAIS

.Cota de chegada topo dos REL (m) : 868,700

.Cota do $NA_{mín.}$ no poço de sucção (m) : 847,000

.Cota do $NA_{máx.}$ no poço de sucção (m) : 848,400

.Desnível geométrico máximo (m) : 21,70

.Desnível geométrico mínimo (m) : 20,30

- ALTURA MANOMÉTRICA (m)

. Perdas de Carga Localizadas no Recalque

.. Vazão (l/s) : 6,85

.. Material : ..... F^oF^o

.. Perda de carga localizada (m) :

$$hp_l = \frac{K \times V^2}{2g}$$

CODIGO	PEÇAS	Vazão (l/s)	Diâmetro (mm)	Veloc. (m/s)	Quant.	KUNIT.	KTOTAL
8	Curva de 90º	6,85	80	1,36	1	0,40	0,40
1	Ampliação Gradual	6,85	100	0,87	1	0,30	0,30
25	Válvula de retenção	6,85	100	0,87	1	2,50	2,50
18	Registro de gaveta aberto	6,85	100	0,87	1	0,20	0,20
21	Tê, de passagem direta	6,85	100	0,87	1	0,60	0,60
22	Tê, de saída de lado	6,85	100	0,87	2	1,30	2,60
9	Curva de 45º	6,85	100	0,87	5	0,20	1,00
8	Curva de 90º	6,85	100	0,87	5	0,40	2,00
20	Saída de Canalização	6,85	100	0,87	1	1,00	1,00
						Σ	10,60

hp_l : ..... 0,43 m

. Perdas de Carga Contínuas no Recalque - tubulação ferro fundido

.. Vazão (l/s) : 6,85

.. Material : ..... Fofo

.. Coeficiente de rugosidade : 110

.. Comprimento (m) : 19,35

.. Diâmetro (mm) : 100

.. Velocidade (m/s) : 0,87

. Perdas de Carga Contínuas no Recalque - tubulação PVC

.. Vazão (l/s) : 6,85

.. Material : ..... PVC

.. Coeficiente de rugosidade : 130

.. Comprimento (m) : 51,30

.. Diâmetro (mm) : 100

.. Velocidade (m/s) : 0,87

$$hp_c = 10{,}643 \times Q^{1{,}85} \times C^{-1{,}85} \times D^{-4{,}87} \times L$$

hp_c : 0,25

hp_c 2: 0,49

. Altura manométrica(m)

.. Altura manométrica máxima (m) 22,88

5.6.2 Verificação para o fabricante

Para avaliação do sistema realizou-se uma pesquisa entre fabricantes e para efeito de dimensionamento utilizou-se os dados do fabricante Ebara. Salienta-se que o fabricante e modelo aqui apresentados apenas para efeito de dimensionamento e para aquisição deverá ser feita consulta de mercado com equipamentos que atendam os pontos de funcionamento apresentados no presente memorial.

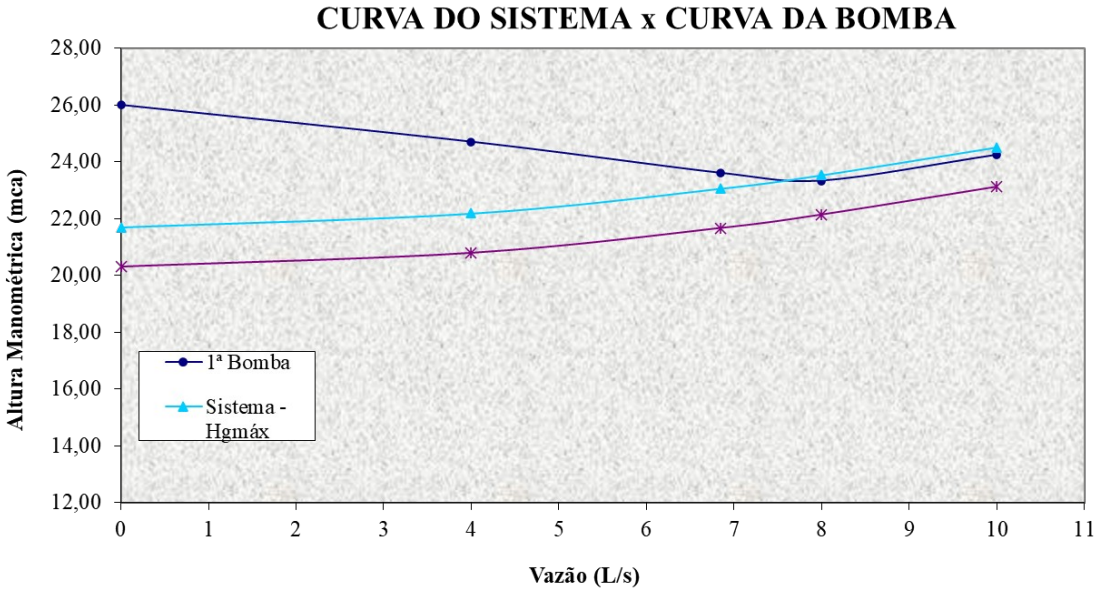
Os pontos correspondentes à curva característica da bomba consultada e os pontos para a construção do gráfico de curvas características do sistema estão apresentados a seguir:

Tabela 3 Curva do Sistema x Bomba

VAZÃO (l/s)	VAZÃO (m^3/h)	CURVA DA BOMBA 1 Bomba	CURVA DO SISTEMA	
			Hm máx	Hm mín
0,00	0,00	26,00	21,70	20,30
4,00	14,40	24,70	22,19	20,79
6,85	24,66	23,60	23,06	21,66
8,00	28,80	23,33	23,53	22,13
10,00	36,00	24,24	24,51	23,11

A figura a seguir mostra os pontos de operação para sistema segundo as características do conjunto Motobomba.

Figura 02. Curva do Sistema x Bomba



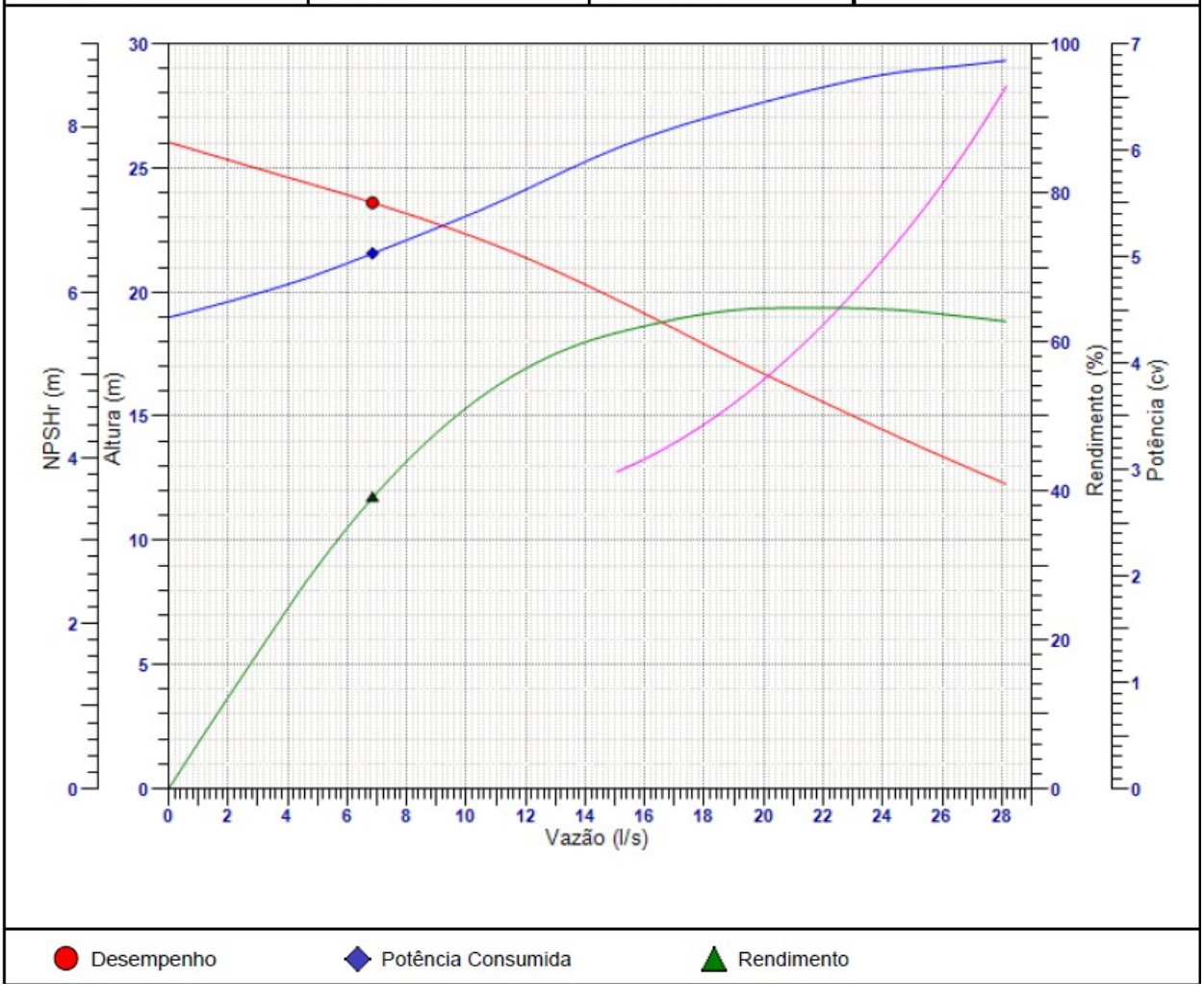
A seguir são apresentados os dados do fabricante com os principais parâmetros:

CURVA DE DESEMPENHO

Página 1 ESB-BR LD ver. 3.2

Cliente							Data
							19/10/2025
Produto	Potência (cv)	Freq. (Hz)	Nº Pólos	Ø Rotor (mm)	Sub. Máx. (m)	Material	Cos *f* (100%)
80DLCR65.5	7,50	60,00	4	212,25	20	Ferro Fundido	80.5
Motor	Tensão (V)	Ind. Prot.	Fases	Rotação (rpm)	M. Inércia (kg.m²)	Rend. (100%)	Corr. Nom. (A)
MBRARMT5.5	220/380/440	IP68	3	1800	0,0955	77,43	24/14/12
Cabos Controle	Cabos Força	Classe Isol.	Fator serv.	Nº Part. Hora	Temp. Máx.ºC	Nº Curva	Corr. Part. (A)
1.00mm²	7x2.5mm²	H	1,15	10	40,00	B1847-1	155.7/89.9/77.8

- Ponto Selecionado -			Tipo de Rotor
			Semiaberto
Vazão	Altura	NPSHr	
6,85 l/s	23,6 m	-	
Potência Cons.	Rend. Hidr.	R. Conj.	
5,03 cv	39,03 %	29,96 %	



Os equipamentos citados devem ser considerados apenas como referência, não sendo obrigatório a utilização destes modelos ou marcas. Existindo outros modelos ou marcas no mercado com características similares e que apresente resultados também parecidos, estes deverão ser avaliados quanto a critérios econômicos e logísticos para aquisição. O sistema foi dimensionado para a situação mais crítica de funcionamento dos conjuntos motobombas.

6 RESERVATÓRIO DE ÁGUA DE REUSO

A pedido do SAAE será implantado na área da ETA um reservatório elevado com capacidade total para 50 m³ que terá a função de armazenar água de reuso proveniente da UTR que será recalcada pela elevatória de recirculação. Sua saída alimentará a linha de abastecimento de caminhão pipa de água não potável e também terá uma derivação que retornará para a mistura rápida da ETA, assim retornando para o processo de tratamento

Apresentam-se a seguir as principais características do novo reservatório:

- Tipo..... elevado
- Material..... metálico
- Formato..... taça de coluna seca
- Volume nominal..... 50 m³
- Diâmetro interno..... 3,18 m
- Altura útil..... 5,95 m
- Altura livre..... 0,35 m
- Altura da coluna..... 10,00 m
- Cota do terreno..... 851,700 m
- Cota da base..... 851,850 m
- Conta de entrada da tubulação de alimentação..... 868,700 m
- Cota do N.A. máximo..... 868,600 m
- Cota do N.A. mínimo..... 862,650 m
- Cota da descarga..... 860,950 m

7 RESERVATÓRIO 1000 M³

A pedido do SAAE será implantado na área da ETA um novo reservatório semienterrado com capacidade total para 1000 m³ que será alimentado diretamente pela ETA por gravidade.

Apresentam-se a seguir as principais características do novo reservatório:

- Tipo.....Montante/apoiado
- Material.....concreto armado
- Formato.....prismático de base retangular
- Volume nominal.....1000 m³
- Comprimento interno.....20,00 m
- Largura interna.....10,00 m
- Altura útil.....4,50 m
- Altura livre.....0,50 m
- Altura interna total.....4,70 m
- Cota do terreno.....851,700 m
- Cota do N.A. máximo.....854,700 m
- Cota do N.A. mínimo.....850,200 m
- Cota da descarga de fundo.....849,200 m

O novo reservatório se interligará à rede existente de DN 150 mm através de uma nova adutora de água tratada de DN 300 mm.