

Companhia de Água e Esgoto do Ceará

DEN - Diretoria de Engenharia

GPROJ - Gerência de Projetos de Engenharia

Pacoti - CE

Projeto Básico de Readequação das Estações  
de Tratamento de Esgoto de Pacoti

VOLUME I  
Projeto Hidráulico e  
Especificações Técnicas

Cagece

JUNHO/2017



**EQUIPE TÉCNICA DA GPROJ – Gerência de Projetos**

**Produto: Projeto Básico de Readequação das Estações de Tratamento de Esgoto de Pacoti**

**Gerente de Projetos**

Eng<sup>a</sup>. Cailiny Darley de Menezes Medeiros

**Coordenação de Projetos Técnicos**

Eng<sup>o</sup>. Raul Tigre de Arruda Leitão

**Coordenação de Serviços Técnicos de Apoio**

Eng<sup>o</sup>. Celso Lira Ximenes Júnior

**Engenheiro Projetista**

Eng<sup>o</sup>. Ruam Magalhães da Silva

**Desenhos**

Kaio Bevilaqua Carneiro

Paulo Helano Pinheiro Veras

João Maurício e Silva Neto

**Engenheira Eletricista**

Eng<sup>a</sup> Amanda Rodrigues Rangel

**Desenhos**

Roberto Pinheiro Sampaio

**Orçamento**

Antônia Jéssica Ribeiro da Silva

**Edição**

Janis Joplin Saara Moura Queiroz

**Arquivo Técnico**

Patrícia Santos Silva

**Colaboração**

Eng<sup>o</sup>. Antônio Praxedes Berto

Eng<sup>o</sup>. Marcelo Telles de Souza Quixadá

Regina Célia Brito da Silva

Ana Beatriz Caetano de Oliveira

Gleiciane Cavalcante Gomes

## I – APRESENTAÇÃO

O presente relatório consiste no Projeto Básico de Readequação das Estações de Tratamento de Esgoto de Pacoti, desenvolvido pela Gerência de Projetos (GPROJ) da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece). O projeto em questão contempla o dimensionamento de duas estações elevatórias e suas linhas de recalque, além de uma estação de tratamento de esgoto compacta.

Este documento é parte integrante do seguinte conjunto de volumes:

- **Volume I – Projeto Básico de Readequação das Estações de Tratamento de Esgoto de Pacoti – Projeto Hidráulico e Especificações Técnicas;**
- Volume II – Projeto Básico de Readequação das Estações de Tratamento de Esgoto de Pacoti – Peças Gráficas;
  - Volume II – Tomo I
  - Volume II – Tomo II
- Volume III – Projeto Elétrico Básico de Readequação das Estações de Tratamento de Esgoto de Pacoti – Projeto Elétrico;
- Volume IV – Projeto Básico de Readequação das Estações de Tratamento de Esgoto de Pacoti – Orçamento.

## II – SUMÁRIO DE FIGURAS

Figura 1 - Zona Urbana de Pacoti .....	4
Figura 2 - Tanques Imhoff e filtros anaeróbios enterrados.....	15
Figura 3 - Casa de cloração .....	15
Figura 4 - Tratamento preliminar com bastante material sólido do matadouro .....	15
Figura 5 - Ponto de cloração do efluente.....	15
Figura 6 – Entrada da EEE-01.....	16
Figura 7 – Espaço interno da estação .....	16
Figura 8 – Tratamento preliminar .....	16
Figura 9 – Poço de sucção com material sólido do matadouro.....	16
Figura 10 - ETE do Matadouro Público de Pacoti .....	17
Figura 11 - Couro dos animais abatidos.....	17
Figura 12 - Caixa de passagem aberta recebendo materiais sólidos.....	17
Figura 13 - Caixa de passagem com sangue dos animais abatidos .....	17
Figura 14 – Instalações do Matadouro Público .....	17
Figura 15 – Local do abate de animais de grande porte .....	17
Figura 16 - Tratamento preliminar precário .....	18
Figura 17 - Fossa séptica totalmente preenchida por material sólido .....	18
Figura 18 - Vista externa da estação.....	20
Figura 19 - Tratamento Preliminar.....	20
Figura 20 - Poço de sucção e linha de recalque .....	20
Figura 21 - Tanque Imhoff .....	20
Figura 22 - Vista dos filtros anaeróbios e caixas divisoras de vazão .....	21
Figura 23 - Cloração na saída dos filtros anaeróbios.....	21
Figura 24 – Layout da concepção proposta na Alternativa 02 .....	31
Figura 25 – Local da nova ETE 13 de maio na Alternativa 02 .....	31
Figura 26 – Layout da concepção proposta na Alternativa 03 .....	32
Figura 27 - Representação gráfica dos volumes de inóculo necessários .....	141

### III – SUMÁRIO DE TABELA

Tabela 1 – Posição e Extensão .....	5
Tabela 2 - Medidas territoriais .....	5
Tabela 3 - Aspectos climáticos de Pacoti .....	5
Tabela 4 - Componentes ambientais de Pacoti.....	6
Tabela 5 - População residente de Pacoti em 1991, 2000 e 2010 .....	6
Tabela 6 - Indicadores demográfico de Pacoti em 1991, 2000 e 2010 .....	7
Tabela 7 - Domicílios particulares ocupados por situação e média de moradores – 2010 .....	7
Tabela 8 - Principais indicadores de saúde de Pacoti em 2014.....	7
Tabela 9 - Número de empregos formais – 2014 .....	8
Tabela 10 - Saldo de empregos formais – 2014.....	8
Tabela 11 - Empresas industriais ativas em Pacoti em 2014.....	9
Tabela 12 - Estabelecimentos comerciais em Pacoti no ano de 2014.....	9
Tabela 13 - Esgotamento Sanitário da zona urbana – 2014 .....	11
Tabela 14 - Domicílios segundo os tipos de esgotamento sanitário - 2000/2010 .....	11
Tabela 15 – Concentrações de esgoto bruto tipicamente doméstico.....	12
Tabela 16 - Programa de Monitoramento de Rotina de um UASB.....	144
Tabela 17 - Programa de Monitoramento de Rotina de um FSA .....	146

## IV – SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>CONSIDERAÇÕES INICIAIS</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE PROJETO</b> .....	<b>4</b>
2.1	Posição e extensão.....	5
2.2	Características ambientais.....	5
2.3	Demografia.....	6
2.4	Domicílios .....	7
2.5	Saúde.....	7
2.6	Emprego e renda.....	8
2.7	Indústria e Comércio.....	8
<b>3</b>	<b>DESCRIÇÃO DO SISTEMA EXISTENTE</b> .....	<b>11</b>
3.1	Características gerais.....	11
3.2	SB Alho .....	15
3.3	SB 13 de Maio .....	20
<b>4</b>	<b>LEVANTAMENTO DOS ESTUDOS E PLANOS EXISTENTES</b> .....	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>ESTUDO POPULACIONAL E DE DEMANDA</b> .....	<b>26</b>
5.1	Estudo populacional.....	26
5.2	Estudo de demanda .....	27
<b>6</b>	<b>ESTUDO DE CONCEPÇÃO</b> .....	<b>29</b>
6.1	Alternativa 01 .....	29
6.2	Alternativa 02.....	30
6.3	Alternativa 03.....	31
6.4	Alternativa selecionada .....	32
<b>7</b>	<b>PROJETO PROPOSTO</b> .....	<b>35</b>
7.1	Configuração geral.....	35
7.2	Estações elevatórias de esgoto (EEE) .....	37
7.2.1	<i>Etapas de construção da EEE Alho</i> .....	38
7.3	Linhas de recalque (LR).....	39
7.3.1	<i>Transientes hidráulicos</i> .....	40

<b>7.4</b>	<b>Estação de Tratamento de Esgoto (ETE 13 de maio)</b>	<b>41</b>
7.4.1	Reator UASB	41
7.4.2	Filtro submerso aerado (FSA)	42
7.4.3	Decantador lamelar (DL)	42
7.4.4	Tanque de Contato (TC)	42
7.4.5	Leito de secagem (LS)	43
7.4.6	Etapas de Construção	43
<b>8</b>	<b>MEMORIAL DE CÁLCULO</b>	<b>47</b>
<b>8.1</b>	<b>Considerações gerais</b>	<b>47</b>
<b>8.2</b>	<b>Estudo populacional</b>	<b>48</b>
<b>8.3</b>	<b>Estação Elevatória de Esgoto – EEE Alho</b>	<b>56</b>
8.3.1	Dados iniciais	56
8.3.2	Linha de Recalque	58
8.3.3	Poço de sucção	66
8.3.4	Perfil da LR	70
8.3.5	Estudo de Transientes	72
<b>8.4</b>	<b>Estação Elevatória de Esgoto – EEE 13 de Maio</b>	<b>79</b>
8.4.1	Dados iniciais	79
8.4.2	Linha de recalque	81
8.4.3	Tratamento preliminar	89
8.4.4	Poço de sucção	98
8.4.5	Perfil da LR	102
<b>8.5</b>	<b>Tratamento de Esgoto – ETE 13 de Maio</b>	<b>104</b>
8.5.1	Carga orgânica	104
8.5.2	Reator UASB	106
8.5.3	Filtro submerso aerado (FSA)	115
8.5.4	Decantador lamelar (DL)	121
8.5.5	Tanque de contato (TC)	125
8.5.6	Leito de secagem (LS)	128
8.5.7	Eficiência do sistema (ES)	131

<b>9</b>	<b>MANUAL DE OPERAÇÃO.....</b>	<b>134</b>
<b>9.1</b>	<b>Plano de manutenção .....</b>	<b>134</b>
9.1.1	<i>Aspectos gerais.....</i>	134
9.1.2	<i>Lubrificação.....</i>	135
9.1.3	<i>Bombas de alimentação das unidades de tratamento .....</i>	135
9.1.4	<i>Sopradores.....</i>	135
9.1.5	<i>Bomba de lavagem .....</i>	136
9.1.6	<i>Estruturas suportes.....</i>	136
9.1.7	<i>Prédios.....</i>	136
9.1.8	<i>Jardins.....</i>	136
<b>9.2</b>	<b>Manual de operação.....</b>	<b>136</b>
9.2.1	<i>Caixa de admissão.....</i>	136
9.2.2	<i>Grade .....</i>	137
9.2.3	<i>Caixa de areia.....</i>	137
9.2.4	<i>Bombas de alimentação das unidades de tratamento.....</i>	137
9.2.5	<i>Bombas de lavagem .....</i>	137
9.2.6	<i>Reator UASB.....</i>	138
9.2.7	<i>FSA/DL/TC.....</i>	144
<b>10</b>	<b>ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS.....</b>	<b>150</b>
<b>10.1</b>	<b>Ventosas.....</b>	<b>150</b>
<b>10.2</b>	<b>Tanque hidropneumático.....</b>	<b>150</b>
<b>10.3</b>	<b>Conjunto motor-bomba EEE Alho.....</b>	<b>151</b>
<b>10.4</b>	<b>Conjunto motor-bomba EEE 13 de Maio .....</b>	<b>152</b>
<b>10.5</b>	<b>Soprador ETE 13 de maio .....</b>	<b>152</b>
<b>10.6</b>	<b>Guarda-corpo, escadas, corrimão e grades.....</b>	<b>152</b>
<b>10.7</b>	<b>Medidor de nível ultrassônico para canais abertos .....</b>	<b>153</b>
<b>11</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>155</b>
<b>11.1</b>	<b>Anexo A – ART.....</b>	<b>156</b>
<b>11.2</b>	<b>Anexo B – Câmara Técnica.....</b>	<b>158</b>
<b>11.3</b>	<b>Anexo C – Equipamentos de referência.....</b>	<b>163</b>

<b>11.4</b>	<b>Anexo D – Bibliografia .....</b>	<b>175</b>
<b>11.5</b>	<b>Anexo E – Emails.....</b>	<b>176</b>
<b>11.6</b>	<b>Anexo F – Memorial de Desapropriação .....</b>	<b>190</b>



**Resumo do Projeto:  
Ficha Técnica e Croqui**

## V – FICHA TÉCNICA

### Informações do Projeto:

<b>Projeto</b>		
PROJETO BÁSICO DE READEQUAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE PACOTI		
<b>Projetistas</b>		<b>Programa</b>
RUAM MAGALHÃES DA SILVA		-
<b>Município</b>	<b>Localidade</b>	<b>Data de elaboração do Projeto</b>
PACOTI	SEDE	JUNHO/2017

### População:

Sub-bacia	Método da estimativa Populacional	População (hab) – Início de Plano	População (hab) – Final de Plano	Número de ligações existentes (2016)
SB-Alho	Geométrica	511,9	638,4	60
SB-13 de maio	Geométrica	6398,9	7979,7	750
TOTAL	-	6910,8	8618,1	810

### Vazões de Projeto:

Sub-bacia	Vazão (l/s) – INÍCIO DE PLANO			Vazão (l/s) – FINAL DE PLANO		
	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima
SB Alho	0,43	0,72	1,20	0,50	0,87	1,46
SB 13 de maio	5,19	8,89	14,82	6,10	10,72	18,11
TOTAL	5,62	9,61	16,02	6,60	11,59	19,57

### Estação Elevatória de Esgoto:

Elevatória	Tipo	Quant. Bombas		Q (l/s)	Hman (m)	Potência (cv)	Rotação (rpm)
		Ativas	Reserva				
EEE Alho	Submersível	1	1	5,2	10,5	5,0	1740
EEE 13 de Maio	Submersível	1	1	19,6	10,3	6,0	1730

### Linha de Recalque:

Elevatória	Localização		Vazão de projeto (l/s)	Material	Diâmetro (mm)	Extensão (m)
	Montante	Jusante				
LR Alho	EEE Alho	ETE 13 de Maio	5,2	DeFoFo	100	1460,0
LR 13 de Maio	EEE 13 de Maio	UASB	19,6	DeFoFo	200	46,5

**Estação de Tratamento de Esgoto:**

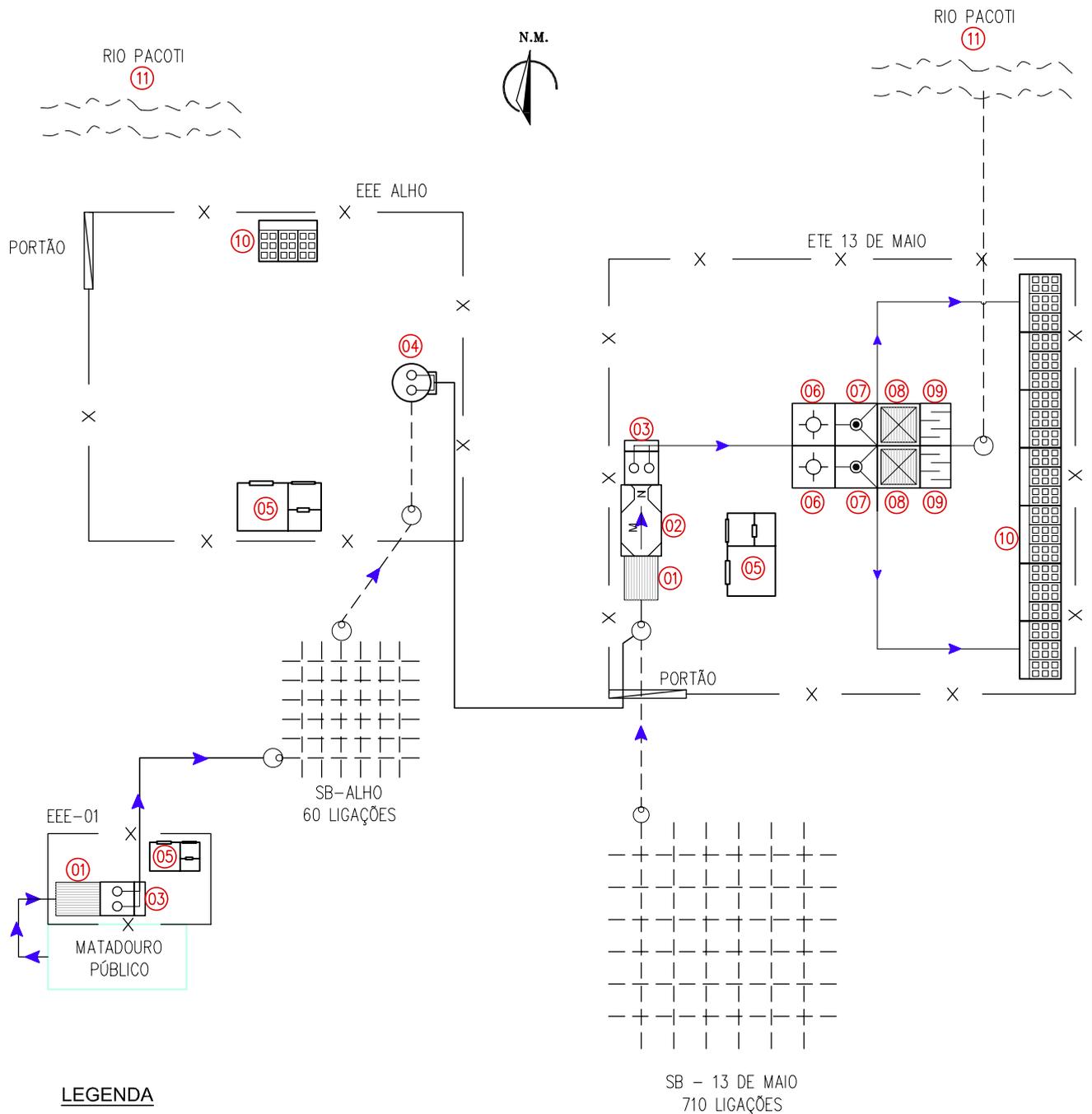
<b>Tipo</b>	<b>Dimensões dos módulos</b>	<b>Observação</b>
Reator tipo UASB Filtro Submerso Aerado Decantador Lamelar Tanque de Contato Leito de Secagem	UASB – 6,00 x 6,00 x 5,00 FSA – 6,00 x 3,50 x 4,00 DL – 1,80 x 2,53 x 2,55 TC – 6,00 x 2,00 x 0,85 LS – 3,50 x 7,00 x 0,29 m	-

**Corpo Receptor:**

<b>Corpo Receptor</b>
Rio Pacoti

**Desapropriação:**

<b>Nº Memorial de Desapropriação</b>	<b>Logradouro do Imóvel</b>	<b>Bairro/Bacia</b>	<b>Unidade a ser construída</b>	<b>Área do imóvel</b>
101/2016	Travessa Mariano Góes	Sub Bacia Alho	Acesso	141,18 m <sup>2</sup>



**LEGENDA**

- 01 - GRADE
- 02 - CAIXA DE AREIA COM CALHA PARSHALL
- 03 - POÇO DE SUÇÃO RETANGULAR E CONJ. MOTOR BOMBA
- 04 - POÇO DE SUÇÃO CIRCULAR E CONJ. MOTOR BOMBA
- 05 - CASA DO OPERADOR/BANHEIRO/BANHEIRO
- 06 - UASB
- 07 - FILTRO SUBMERSO AERADO
- 08 - DECANTADOR LAMELAR
- 09 - TANQUE DE CONTATO
- 10 - LEITO DE SECAGEM
- 11 - CORPO RECEPTOR

———— TUBULAÇÃO ESCOAMENTO PRESSURIZADO PROJETADA  
 - - - - TUBULAÇÃO ESCOAMENTO GRAVITÁRIO PROJETADA



COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ  
 DIRETORIA DE ENGENHARIA  
 GERÊNCIA DE PROJETOS DE ENGENHARIA

PRANCHA Nº  
 01/01

CROQUI - SES

PROJETO BÁSICO DE READEQUAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE  
 TRATAMENTO DE ESGOTO DE PACOTI

Projeto:  
 ENGª RUAM MAGALHÃES DA SILVA

Desenho:  
 ARQUIMEDES

Escala:  
 S/ESCALA

Data  
 AGO/16

Arquivo  
 CROQUI - SES Pacoti.dwg



## **Considerações Iniciais**

## 1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No dia 09/05/2016, foi veiculado pela imprensa cearense que as estações de tratamento de esgoto (ETE's) da Cagece e o Matadouro Público na cidade de Pacoti estavam poluindo o rio homônimo. À época, a Secretaria Estadual do Meio Ambiente (Sema), a Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará (Semace) e o Ministério Público Estadual (MPCE) iniciaram investigações para apurar os responsáveis pela poluição.

Por meio dos processos 0795.000050/2015-48 e 0766.000325/2016-26, o corpo técnico da companhia foi acionado a visitar a região, a analisar a problemática e a propor soluções. Conjuntamente, a Gerência de Projetos (GPROJ) e a Unidade de Negócio da Bacia Metropolitana (UNBME) realizaram uma visita técnica ao local no dia 10/05/2016. Posteriormente, a Gerência de Meio Ambiente (GEMAM) se juntou ao grupo inicial para mais uma visita no dia 23/06/2016. Foram realizadas inspeções nas duas estações de tratamento de esgoto operadas pela Cagece, as quais possuem mais de 20 anos de existência e são compostas pela associação entre tanques do tipo Imhoff e filtros anaeróbios, tecnologia que era a mais moderna e a mais condizente com a realidade das companhias de saneamento do Brasil na década de 80. Foram coletadas, ainda, amostras do esgoto afluente e efluente das ETE's, além de amostras da água do rio Pacoti.

Alguns estabelecimentos de usuários do sistema de esgoto da cidade também foram inspecionados. Cabe aqui destacar a influência do Matadouro Público Municipal, que de fato não trata adequadamente o efluente gerado nas suas atividades, desobedecendo ao Coema nº 02/2017, fato que vem alterando sobremaneira as características do esgoto a ser tratado pela companhia, que já sofre com altas concentrações de poluentes devido ao baixo consumo per capita da população.

Os resultados de monitoramento e de controle da qualidade dos efluentes das ETE's existentes, feitos tanto pela Cagece, como pelos órgãos de fiscalização e de controle ambiental do Estado, têm demonstrado a necessidade de que sejam tomadas providências de natureza técnica a fim de aprimorar as estruturas físicas e operacionais das estações, bem como outras medidas de caráter fiscalizador e jurídico-administrativo, que devem ser implementadas na alçada dos órgãos do Estado, do Município e do Ministério Público Estadual, corresponsáveis pela fiscalização, pelo controle ambiental e pela aplicação da legislação ambiental pertinente.

No dia 27/05/2016, foi realizada, em Pacoti, uma audiência pública para tratar do ocorrido e para que as partes envolvidas pudessem se manifestar. Participaram desta reunião: a Cagece, o prefeito do município, o Ministério Público, a Sema, a Semace, a Secretaria das Cidades e os membros da população. Nesta reunião, a Cagece apresentou o diagnóstico obtido na primeira visita técnica e a concepção do projeto que estava sendo desenvolvido para sanar o problema. Após as deliberações, o MPCE propôs que os envolvidos firmassem um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) e que a Cagece apresentasse o projeto de melhoria das estações de tratamento.

Após inúmeras reuniões com os setores ambientais, operacionais e de obras da companhia, além da avaliação de consultores externos, como o professor da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Dr.º Cícero Onofre de Andrade Neto, optou-se pela seguinte concepção: a estação de menor porte, chamada de ETE Alho, será desativada e, em seguida, transformada em elevatória, onde recalcará seu efluente à estação de maior porte, chamada de ETE 13 de maio. Nesta última, haverá a substituição do tratamento atual por um tratamento mais compacto, moderno e robusto, composto por reator do tipo UASB, Filtro Submerso Aerado (FSA), Decantador Lamelar (DL), Tanque de Contato (TC) e Leitos de Secagem (LS), de forma a tornar o seu tratamento mais resistente ao longo do tempo às variações de carga orgânica oriundas de contribuições indevidas e de oscilações de consumo inerentes a regiões turísticas. Portanto, o item Projeto Proposto deste relatório apresenta o desenvolvimento e o detalhamento desta solução, que será denominado aqui de Projeto Básico de Readequação das Estações de Tratamento de Esgoto de Pacoti.



## **Caracterização da Área de Projeto**

## 2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE PROJETO

Pacoti é um município brasileiro do estado do Ceará, distante aproximadamente 95 km de Fortaleza, localizado na Serra de Baturité e inserido em Área de Proteção Ambiental (APA). Possuindo características climáticas únicas, a APA da Serra de Baturité abriga uma cobertura vegetal complexa, a qual serve de refúgio ecológico para uma fauna e para uma flora diversificada, e se projeta como condição indispensável na formação e na manutenção da bacia hidrográfica, cuja importância é indiscutível tanto para região, como para o abastecimento da Região Metropolitana de Fortaleza.

Possuindo belas paisagens, cachoeiras, mirantes, densas florestas e um clima bastante agradável, Pacoti se consolida como um dos mais atraentes destinos turísticos do Estado, sobretudo para os cidadãos fortalezenses, que encontram na Serra, um lugar de descanso e contemplação. Atualmente, os municípios serranos contam com uma boa estrutura de hotéis e de pousadas para os mais variados gostos, tendo um maior destaque para os municípios de Guaramiranga e de Pacoti, que contam com um calendário de eventos turísticos diversificado, onde figuram os já famosos festivais de Teatro, de Jazz e Blues e de Vinho de Guaramiranga e o Festival de Café com Chocolate e Flores e o Festival de Cinema e Vídeos Ambientais em Pacoti. O turismo de aventura também encontra no Maciço de Baturité um reduto perfeito para as práticas ao ar livre, como rappel, caminhadas e vôo livre. A seguir, é apresentada a imagem com a sede de Pacoti.

Figura 1 - Zona Urbana de Pacoti



Fonte: Google Earth

## 2.1 Posição e extensão

A tabelas, a seguir, apresentam as principais informações quanto à posição, à extensão e a medidas territoriais do município de Pacoti:

Tabela 1 – Posição e Extensão

Coordenadas geográficas		Localização	Municípios limítrofes			
Latitude(S)	Longitude(WGr)		Norte	Sul	Leste	Oeste
4° 13' 30"	38° 55' 24"	Nordeste	Palmácia	Guaramiranga, Baturité	Baturité, Redenção, Palmácia	Caridade, Guaramiranga

Fonte: IBGE e IPECE

Tabela 2 - Medidas territoriais

Área		Altitude (m)	Distância em linha reta a capital (km)
Absoluta (km <sup>2</sup> )	Relativa (%)		
111,95	0,08	736,13	72

Fonte: IBGE e IPECE

## 2.2 Características ambientais

Em Pacoti, as temperaturas, de modo geral, são atenuadas pelos níveis altimétricos elevados, variando entre 24 a 26°C. As máximas são registradas durante a estação seca, onde os efeitos da insolação tendem a ser intensificados. Constata-se, também, a ocorrência de duas estações: uma chuvosa, correspondente ao período de verão-outono, e outra seca, relacionada com o período de inverno-primavera.

As precipitações médias anuais máximas e mínimas têm um significativo afastamento das médias normais, daí resulta uma acentuada variabilidade das chuvas no decorrer dos anos. Sob o ponto de vista climático, na área serrana, a incidência de totais pluviométricos elevados (média de 1558,1 mm anuais) permite incluí-la como uma das cidades mais úmidas do Estado. Esse fato é oriundo da ação combinada da altitude e da exposição do relevo face aos deslocamentos de massas de ar úmidas. A Tabela, abaixo, apresenta informações sobre clima, sobre pluviosidade, sobre temperatura média e sobre período chuvoso do município de Pacoti:

Tabela 3 - Aspectos climáticos de Pacoti

Clima	Pluviosidade (mm)	Temperatura média (°C)	Período chuvoso
Tropical Subquente Úmido e Tropical Quente Úmido	1.558,1	24° a 26°	janeiro a maio

Fonte: FUNCEME e IPECE

A APA apresenta um dos mais importantes enclaves da mata úmida do Estado do Ceará, representando um ambiente de exceção do bioma caatinga, sendo o principal centro dispersor de drenagem do setor norte ocidental do Estado. A área em questão constitui um dos mais expressivos compartimentos do relevo elevado do Ceará, os chamados relevos residuais, resultantes dos processos erosivos ocorridos na era Cenozóica. Geologicamente, a região é formada por rochas do embasamento cristalino do pré-cambriano (período geológico mais antigo da terra), com primazias litólicas metamórficas, graníticas ou gnaisses; e apresentando instabilidade nas encostas, face ao declive acentuado (45 a 70%). Ocorrem predominantemente na área, os solos Podzólicos Vermelhos-Amarelos Distróficos, que embora apresentando baixa fertilidade natural, nas áreas de florestas, a folhagem morta e detritos vegetais a ele incorporados, promovem a manutenção de sua fertilidade natural em níveis bastante elevados.

Tais características climáticas e geomorfológicas possibilitaram a evolução de uma complexa cobertura vegetal, com características gerais de floresta tropical úmida, e, atualmente, fazendo parte do Complexo Florestal da Mata Atlântica. A seguir, é apresentada uma tabela com o resumo das informações para a cidade de Pacoti:

Tabela 4 - Componentes ambientais de Pacoti

Relevo	Solos	Vegetação	Bacia hidrográfica
Maçios Residuais	Podzólico Vermelho-Amarelo	Caatinga Arbustiva Densa, Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial e Floresta Subperenifólia Tropical Plúvio-Nebular	Curu e Metropolitana

Fonte: FUNCEME e IPECE

### 2.3 Demografia

Considerando sua extensão territorial, os aspectos históricos da colonização e ao fato de ser composta por 8 municípios, a APA da Serra de Baturité, abriga em seu território as mais diversas comunidades, com diferentes origens e etnias, totalizando um contingente populacional relativamente alto se comparado com outras regiões serranas do Estado. A seguir, são apresentadas mais informações sobre as características demográficas de Pacoti:

Tabela 5 - População residente de Pacoti em 1991, 2000 e 2010

Discriminação	População residente					
	1991		2000		2010	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Total	10.100	100,00	10.929	100,00	11.607	100,00
Urbana	3.179	31,48	3.809	34,85	4.745	40,88
Rural	6.921	68,52	7.120	65,15	6.862	59,12
Homens	5.249	51,97	5.641	51,61	5.850	50,40
Mulheres	4.851	48,03	5.288	48,39	5.757	49,60

Fonte: IBGE

Tabela 6 - Indicadores demográfico de Pacoti em 1991, 2000 e 2010

Discriminação	Indicadores demográficos		
	1991	2000	2010
Densidade demográfica (hab./km <sup>2</sup> )	84,17	116,14	105,92
Taxa geométrica de crescimento anual (%) <sup>(1)</sup>			
Total	0,09	0,88	0,60
Urbana	4,02	2,03	2,22
Rural	-1,46	0,32	-0,37
Taxa de urbanização (%)	31,48	34,85	40,88
Razão de sexo	108,20	106,68	101,62
Participação nos grandes grupos populacionais (%)	100,00	100,00	100,00
0 a 14 anos	40,31	36,24	28,06
15 a 64 anos	53,65	55,80	63,37
65 anos e mais	6,04	7,96	8,57
Razão de dependência <sup>(2)</sup>	86,38	79,22	57,81

Fonte: IBGE

## 2.4 Domicílios

Os dados, abaixo, retirados do IBGE, apresentam a média de moradores de Pacoti em 2010.

Tabela 7 - Domicílios particulares ocupados por situação e média de moradores – 2010

Situação	Domicílios particulares ocupados		
	Quantidade	Média de moradores	
		Município	Estado
Total	3.060	3,79	3,56
Urbana	1.225	3,81	3,49
Rural	1.835	3,75	3,79

Fonte: IBGE

## 2.5 Saúde

A Tabela, abaixo apresenta indicadores de saúde, como nascidos vivos, como unidades de saúde, como taxa de mortalidade infantil, dentre outros, no ano de 2014.

Tabela 8 - Principais indicadores de saúde de Pacoti em 2014

Discriminação	Principais Indicadores de Saúde	
	Município	Estado
Médicos/1.000 hab.	0,76	1,38
Dentistas/1.000 hab.	0,50	0,34
Leitos/1.000 hab.	1,68	2,25
Unidades de saúde/1.000 hab.	1,09	0,43
Taxa de internação por AVC (40 anos ou mais)/10.000 hab.	22,01	29,65
Nascidos vivos	169	127.421
Óbitos	-	1.575
Taxa de mortalidade infantil/1.000 nascidos vivos	-	12,36

Fonte: SESA

## 2.6 Emprego e renda

Com o desenvolvimento do turismo local, incentivado pela exuberância e pelas belezas da paisagem serrana, aos poucos, as comunidades vêm se adaptando à chegada dos visitantes temporários, havendo um crescimento significativo dos seguimentos econômicos ligados à hospedagem, ao artesanato e à alimentação, abrindo-se uma nova perspectiva de emprego e de renda para a população local. As Tabelas, a seguir, apresentam o panorama de emprego e renda em Pacoti no ano de 2014.

Tabela 9 - Número de empregos formais – 2014

Discriminação	Número de empregos formais					
	Município			Estado		
	Total	Masculino	Feminino	Total	Masculino	Feminino
Total das Atividades	971	339	632	1.552.447	870.979	681.468
Extrativa Mineral	7	7	0	3.336	3.034	302
Indústria de Transformação	30	18	12	264.640	162.810	101.830
Serviços Industriais de Utilidade Pública	-	-	-	8.974	7.435	1.539
Construção Civil	-	-	-	92.801	85.779	7.022
Comércio	97	44	53	274.168	160.615	113.553
Serviços	85	32	53	489.854	275.286	214.568
Administração Pública	728	221	507	391.925	152.560	239.365
Agropecuária	24	17	7	26.749	23.460	3.289

Fonte: MTb - RAIS

Tabela 10 - Saldo de empregos formais – 2014

Discriminação	Saldo de empregos formais					
	Município			Estado		
	Admitidos	Desligados	Saldo	Admitidos	Desligados	Saldo
Total das Atividades	79	76	3	579.568	524.755	54.813
Extrativa Mineral	8	1	7	1.544	1.091	453
Indústria de Transformação	3	6	-3	108.482	101.727	6.755
Serviços Industriais de Utilidade Pública	-	-	-	1.998	1.451	547
Construção Civil	0	19	-19	85.629	78.661	6.968
Comércio	42	40	2	126.026	112.798	13.228
Serviços	18	9	9	211.108	190.219	20.889
Administração Pública	-	-	-	1.970	1.608	362
Agropecuária	8	1	7	14.898	14.181	717

Fonte: MTb - CAGED

## 2.7 Indústria e Comércio

A seguir, é apresentado o número de empresas industriais ativas em 2014 no município de Pacoti por tipo de atividades.

Tabela 11 - Empresas industriais ativas em Pacoti em 2014

Discriminação	Empresas industriais ativas			
	Município	%	Estado	%
Total	26	100,00	35.573	100,00
Extrativa mineral	2	7,69	340	0,96
Construção civil	1	3,85	2.943	8,27
Utilidade pública	-	-	257	0,72
Transformação	23	88,46	32.033	90,05

Fonte: SEFAZ

A seguir, é apresentado o número de estabelecimentos em 2014 no município de Pacoti.

Tabela 12 - Estabelecimentos comerciais em Pacoti no ano de 2014

Discriminação	Estabelecimentos comerciais			
	Município	%	Estado	%
Total	181	100,00	154.770	100,00
Atacadista	-	-	3.608	2,33
Varejista	181	100,00	150.679	97,36
Reparação (1)	-	-	483	0,31

Fonte: SEFAZ



## **Descrição do Sistema Existente**

### 3 DESCRIÇÃO DO SISTEMA EXISTENTE

#### 3.1 Características gerais

De acordo com dados da Cagece e do IPECE, o Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) existente no município de Pacoti atendia cerca de 83,25% da zona urbana do município, com 766 ligações ativas. Em 2010, a cidade apresentava ainda um total de 19,52% de residências que utilizavam fossas sépticas:

Tabela 13 - Esgotamento Sanitário da zona urbana – 2014

Discriminação	Esgotamento sanitário		
	Município	Estado	% sobre o total do Estado
Ligações reais	843	542.116	0,16
Ligações ativas	766	510.813	0,15
Taxa de cobertura urbana de esgoto (%)	83,25	36,16	-

Fonte: CAGECE

Tabela 14 - Domicílios segundo os tipos de esgotamento sanitário - 2000/2010

Tipos de esgotamentos sanitários	Município				Estado			
	2000	%	2010	%	2000	%	2010	%
Total (1)	2.404	100,00	3.054	100,00	1.757.888	100,00	2.365.276	100,00
Rede geral ou pluvial	430	17,89	795	26,03	376.884	21,44	774.873	32,76
Fossa séptica	278	11,56	596	19,52	218.682	12,44	251.193	10,62
Outra	675	28,08	1.532	50,16	731.075	41,59	1.167.911	49,38
Não tinham banheiros	1.021	42,47	131	4,29	431.247	24,53	171.277	7,24

Fonte: IBGE

De acordo com informações cedidas pela Supervisão de Esgoto da Unidade de Negócio da Bacia Metropolitana (UNBME), atualmente, o Sistema de Esgotamento Sanitário de Pacoti conta com duas sub-bacias, Sb Alho e Sb 13 de maio, totalizando 810 ligações ativas de esgoto e 6413,42 metros de rede coletora, com diâmetros variando entre 100 e 150 mm. As duas sub-bacias não se comunicam, ambas têm estação de tratamento própria. A Unidade informou ainda que o consumo per capita atual da cidade gira em torno de 60 l/hab.d. Este consumo foi fornecido em um período no qual os municípios cearenses sofrem com escassez hídrica, fato que diminui o consumo de água pelos cidadãos e, conseqüentemente, a geração de esgoto.

Baixos valores de consumo per capita tendem a aumentar consideravelmente a concentração de poluentes (DQO, DBO, SST, dentre outros), o que pode comprometer a capacidade de tratamento das estações de tratamento de Pacoti. Resultados de análises laboratoriais realizadas em agosto de 2016 pela Gerência de Controle de Qualidade de Produto (GECOQ) no esgoto bruto afluente às ETE's, registraram uma DQO de 1.699,14

mg/L para a ETE Alho e 1.227,53 mg/L para a ETE 13 de maio. A tabela, a seguir, apresenta os valores comumente encontrados para esgotos brutos tipicamente domésticos:

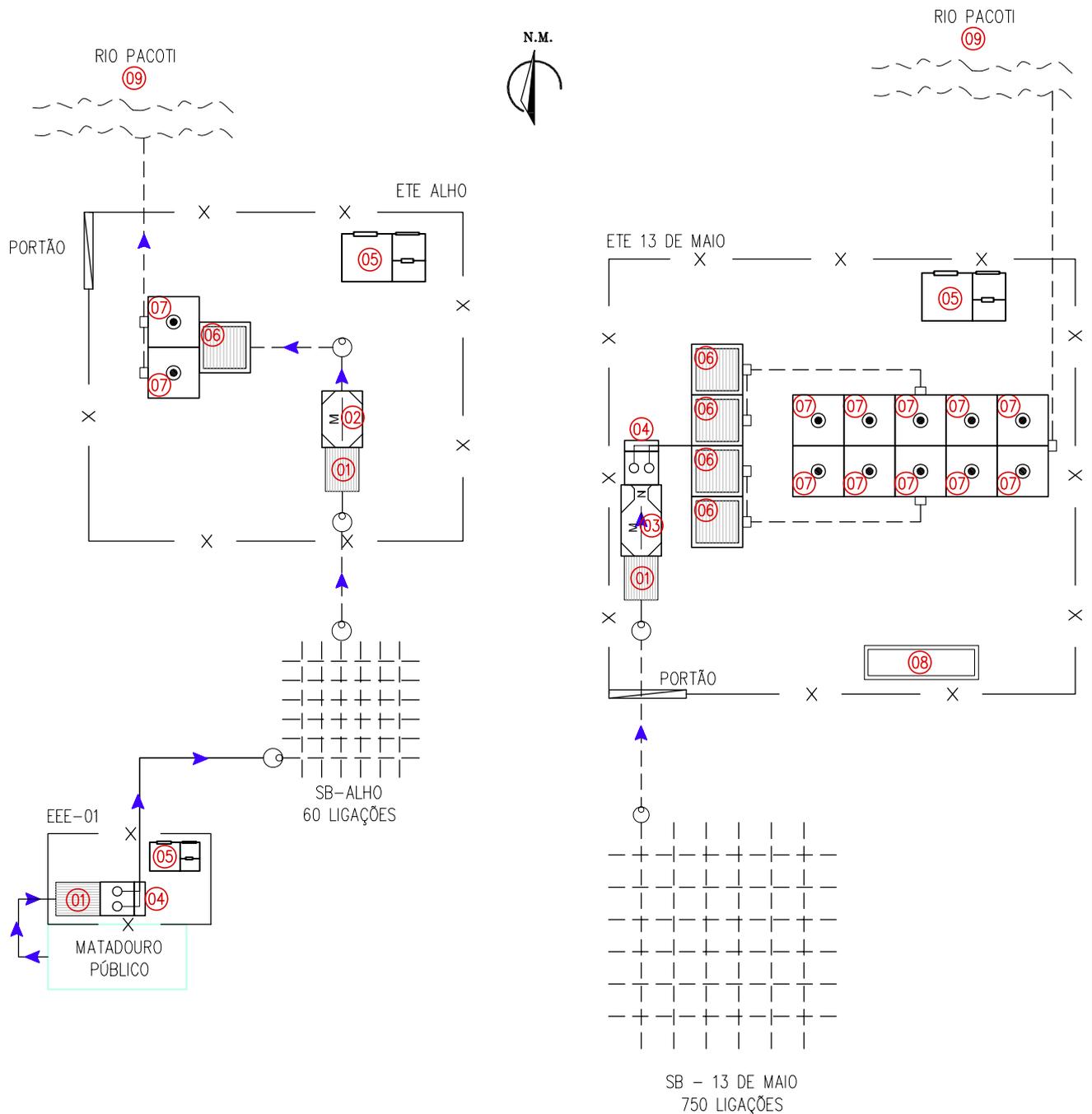
Tabela 15 – Concentrações de esgoto bruto tipicamente doméstico

Parâmetro	Contribuição per capita (g/hab.d)		Concentração (mg/L)		
	Faixa	Típico	Faixa	Faixa	Típico
Sólidos Totais	120-220	180	mg/L	700-1350	1100
<i>Em suspensão</i>	35-70	60	mg/L	200-450	350
Fixos	7-14	10	mg/L	40-100	80
Voláteis	25-80	50	mg/L	135-350	320
<i>Dissolvidos</i>	85-150	120	mg/L	600-900	700
Fixos	50-90	70	mg/L	300-550	400
Voláteis	35-50	50	mg/L	200-350	300
<i>Sedimentáveis</i>	-	-	mg/L	10-20	15
<b>Matéria Orgânica</b>					
<i>DBO<sub>5</sub></i>	40-60	50	mg/L	250-400	300
<i>DQO</i>	80-120	100	mg/L	450-800	600
<i>DBO<sub>últ</sub></i>	60-90	75	mg/L	350-600	450
Nitrogênio Total	6,0-10,0	8	mgN/L	35-60	45
<i>Nitrogênio orgânico</i>	2,5-4,0	3,5	mgN/L	15-25	20
<i>Amônia</i>	3,5-6,0	4,5	mgNH <sub>3</sub> -N/L	20-35	25
<i>Nitrito</i>	0	0	mgNO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N/L	0	0
<i>Nitrato</i>	0,0-0,2	0	mgNO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N/L	0-1	0
Fósforo	0,7-2,5	1,0	mgP/L	4-15	7
<i>Fósforo Orgânico</i>	0,2-1,0	0,3	mgP/L	1-6	2
<i>Fósforo Inorgânico</i>	0,5-1,5	0,7	mgP/L	3-9	6
pH	-	-	-	6,7-8,0	7,0
Alcalinidade	20-40	30	mgCaCO <sub>3</sub> /L	100-250	200
Metais Pesados	0	0	mg/L	traços	traços
Compostos orgân.tóxicos	0	0	mg/L	traços	traços

Fonte: Von Sperling (1996).

Além da influência do baixo consumo per capita, as concentrações elevadas também podem ser causadas por contribuições de estabelecimentos públicos, comerciais e industriais que não fazem o pré-tratamento adequado do seu efluente, desrespeitando o Coema nº 02/2017. Destacam-se como potenciais agentes poluidores: os hospitais, os postos de saúde, os postos de gasolina, as lavanderias públicas, os restaurantes, a atividade hidropônica, os matadouros públicos, dentre outros. Em Pacoti, alguns destes estabelecimentos estão presentes e, comprovadamente, fora dos padrões estabelecidos pelo órgão ambiental. Assim, é extremamente necessário que medidas de caráter fiscalizador e jurídico-administrativo devam ser implementadas na alçada dos órgãos do

Estado, do Município e do Ministério Público Estadual, corresponsáveis pela fiscalização, pelo controle ambiental e pela aplicação da legislação ambiental pertinente. O croqui e as imagens, a seguir, detalham o sistema de esgotamento atual da cidade:



**LEGENDA**

- 01 - GRADE
- 02 - CAIXA DE AREIA
- 03 - CAIXA DE AREIA COM CALHA PARSHALL
- 04 - POÇO DE SUÇÃO E CONJ. MOTOR BOMBA
- 05 - CASA DO OPERADOR/BANHEIRO/BANHEIRO
- 06 - DECANTADO DIGESTOR
- 07 - FILTRO ANAERÓBIO
- 08 - LEITO DE SECAGEM
- 09 - CORPO RECEPTOR

- TUBULAÇÃO ESCOAMENTO PRESSURIZADO
- - - - TUBULAÇÃO ESCOAMENTO GRAVITÁRIO



COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ  
DIRETORIA DE ENGENHARIA  
GERÊNCIA DE PROJETOS DE ENGENHARIA

PRANCHA Nº  
01/01

CROQUI - SES

SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO EXISTENTE -  
PACOTI

Projeto:  
ENGª RUAM MAGALHÃES DA SILVA

Desenho:  
ARQUIMEDES

Escala:  
S/ESCALA

Data:  
AGO/16

Arquivo:  
CROQUI - SES Pacoti.dwg

### 3.2 SB Alho

A Sb Alho possui apenas 60 ligações (7,41% do número total de ligações) e está situada no extremo oeste da cidade. A sua estação de tratamento, denominada ETE Alho, é composta por tratamento preliminar, 01 Tanque Imhoff, seguido de 02 filtros anaeróbios ascendentes, ambos enterrados. O efluente final ainda recebe uma cloração antes de ser lançado no corpo receptor, o Rio Pacoti. As imagens, a seguir, apresentam a estação:

<p>Figura 2 - Tanques Imhoff e filtros anaeróbios enterrados</p>	<p>Figura 3 - Casa de cloração</p>
	
<p>Figura 4 - Tratamento preliminar com bastante material sólido do matadouro</p>	<p>Figura 5 - Ponto de cloração do efluente</p>
	

Fonte: Cagece

Nota-se, na Figura 4, que o tratamento preliminar da ETE contém uma quantidade de sólidos maior do que o normalmente encontrado em outras estações operadas pela companhia. Além do esgoto das 60 ligações, esta ETE também recebe contribuição da estação elevatória mostrada nas imagens a seguir. Chamada de EEE-01 e operada pela Cagece, esta elevatória possui apenas cesto para retenção de sólidos e bombas

submersíveis e recebe, basicamente, o efluente do Matadouro Público da cidade e de uma granja localizada nas proximidades.



Fonte: Cagece

Do mesmo modo que ocorre no tratamento preliminar da ETE Alho, percebe-se que o poço de sucção da estação também apresenta uma quantidade de sólidos acima do comum, inclusive com a presença constante de restos de penas e um odor mais forte que o normal. Devido aos fortes indícios de que o Matadouro Público e a granja poderiam ser os responsáveis pela mudança na característica do esgoto afluente à elevatória, foram realizadas visitas a esses locais. As imagens são apresentadas a seguir:

Figura 10 - ETE do Matadouro Público de Pacoti



Figura 11 - Couro dos animais abatidos



Figura 12 - Caixa de passagem aberta recebendo materiais sólidos



Figura 13 - Caixa de passagem com sangue dos animais abatidos



Figura 14 - Instalações do Matadouro Público



Figura 15 - Local do abate de animais de grande porte





Fonte: Cagece

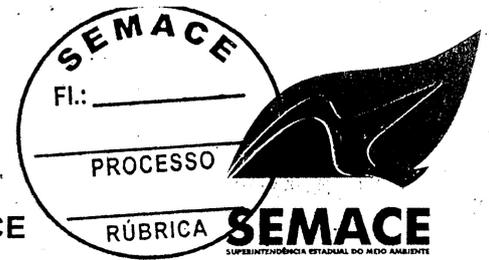
É possível perceber que o tratamento preliminar existente, composto por gradeamento e caixa de areia, encontra-se em estado precário. O tratamento biológico é feito por decanto digestores, que estão totalmente preenchidos por material sólido, fato que impede a deposição da matéria orgânica, ocorrendo a sua passagem direta para a EEE-01 e, conseqüentemente, para a ETE Alho.

A matéria orgânica comumente presente no efluente de matadouros e de frigoríficos é composta por grande quantidade de sangue, por sólidos do conteúdo intestinal dos animais, por tecidos e por gorduras que são liberadas durante o processo de abate. O sangue deveria merecer uma atenção especial, pois contém uma carga muito elevada de DBO, mas é possível vê-lo nas caixas de inspeção. Os despejos também possuem alta concentração de sólidos em suspensão e de nitrogênio orgânico. Devido à sua constituição, começam a se decompor em poucas horas, formando gases fétidos que tornam difícil a respiração nos arredores dos estabelecimentos, causando incômodos à população local.

Diante desse quadro, a seguir, é apresentado o laudo nº 259/2016, referente ao efluente da ETE Alho, realizado pela Semace no dia 10/05/2016. O resultado mostra que os parâmetros Sólidos em Suspensão (SS), Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Substâncias Solúveis em Hexano não estavam dentro dos padrões estabelecidos pelo Coema nº 02/2017.



Governo do Estado do Ceará  
Secretaria do Meio Ambiente - SEMA  
Superintendência Estadual do Meio Ambiente - SEMACE



**LAUDO 259/2016**

**INTERESSADO:** SEMACE/GEAMO  
**ENDEREÇO:** RUA JAIME BENEVOLO - Nº 1400 - FORTALEZA/CE  
**TIPO DE AMOSTRA:** Efluente doméstico tratado.  
**PONTO DE COLETA:** Ponto 01 - Saída final da ETE Alho - Pacoti/CE  
**COORDENADAS(UTM):** 508272 / 9533013  
**DATA DA COLETA:** 10/5/2016  
**DATA DE ENTRADA NO LABORATÓRIO:** 11/5/2016  
**RESPONSÁVEL PELA COLETA:** Janelane Coelho - SEMACE/GEAMO

Análise Físico-Química			
Parâmetros	Resultado	Padrão <sup>1</sup>	Metodologia
pH	6,4	5,0 - 9,0	Potenciométrico
Temperatura (°C)	27,5	< 40	Termométrico
Mat. Sedimentáveis (ml/L.h)	1	≤1,0	Cone Imhoff
Mat. Flutuantes	Ausente	Ausente	Visual
Sólidos em Suspensão (mg/L)	351	Industrial ≤ 100 Doméstico ≤ 50	Gravimétrico
DQO (mg/L)	324	≤ 200,0	Digestão com Dicromato de Potássio
Sulfeto (mg S/L)	0,3	1,0	Azul de Metileno
Subst. Solúveis em Hexano (mg/L)	72	Mineral 20,0 Vegetal e Animal 50,0	Gravimétrico
Cloro Residual Livre (mg/L)	3,0	-	Orto-Tolidina

Análise Bacteriológica			
Parâmetros	Resultado	Padrão <sup>1</sup>	Metodologia
Coliformes Fecais (Escherichia coli) (NMP/100mL)	Zero	≤ 5000	Tubos Múltiplos

**Conclusão:** Dentre as análises efetuadas, a amostra apresentou os parâmetros **Sólidos em Suspensão, DQO e Subst. Solúveis em Hexano** em desacordo com os padrões estabelecidos pela Portaria SEMACE N.º 154/02, Art.4º

Fortaleza, 11 de junho de 2016

Janelane Coelho da Rocha  
Gestor Ambiental  
Responsável pelas Análises

MAIRA GADELHA ALVES BRANDÃO  
Gerência de Análise e Monitoramento - GEAMO  
Gerente

Legenda: <sup>1</sup> Padrões SEMACE para lançamento em recursos hídricos e solo.  
(NMP) - Numero Mais Provável.

Determinações segundo a metodologia do "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater".

### 3.3 SB 13 de Maio

Com 750 ligações (92,59% do total), é a maior sub-bacia do sistema. A sua estação de tratamento encontra-se no extremo leste da cidade. Chamada de ETE 13 de maio, é composta de tratamento preliminar com gradeamento, caixa de areia e calha Parshall, seguida de estação de bombeamento com bombas do tipo submersível. Possui 4 células de Tanque Imhoff, seguidas de 10 filtros anaeróbios ascendente com meio filtrante em brita nº 4 e cloração na saída dos filtros. Diferentemente da outra ETE do município, esta possui toda sua estrutura acima do nível do terreno, conforme imagens a seguir. O corpo receptor também é o Rio Pacoti.



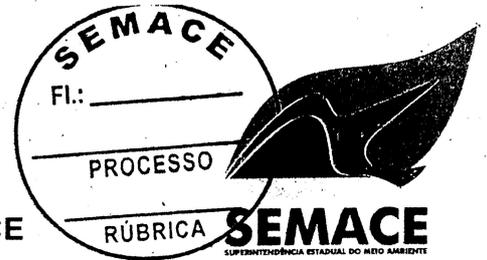


Fonte: Cagece

A seguir, é apresentado o laudo nº 262/2016, referente ao efluente da ETE 13 de maio realizado pela Semace no dia 10/05/2016. O resultado mostra que os parâmetros Materiais Sedimentáveis, Sólidos em Suspensão (SS), Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Substâncias Solúveis em Hexano não estavam de acordo com o Coema nº 02/2017.



Governo do Estado do Ceará  
Secretaria do Meio Ambiente - SEMA  
Superintendência Estadual do Meio Ambiente - SEMACE



### LAUDO 262/2016

**INTERESSADO:** SEMACE/GEAMO  
**ENDEREÇO:** RUA JAIME BENEVOLO - Nº 1400 - FORTALEZA/CE  
**TIPO DE AMOSTRA:** Efluente doméstico tratado.  
**PONTO DE COLETA:** Saída final da E.T.E 13 de Maio - Pacoti/CE.  
**COORDENADAS(UTM):** 509623 / 9532960  
**DATA DA COLETA:** 10/5/2016  
**DATA DE ENTRADA NO LABORATÓRIO:** 11/5/2016  
**RESPONSÁVEL PELA COLETA:** Janelane Coelho - SEMACE/GEAMO

Análise Físico-Química			
Parâmetros	Resultado	Padrão <sup>1</sup>	Metodologia
pH	6,8	5,0 - 9,0	Potenciométrico
Temperatura (°C)	27	< 40	Termométrico
Mat. Sedimentáveis (ml/L.h)	1,2	≤ 1,0	Cone Imhoff
Mat. Flutuantes	Ausente	Ausente	Visual
Sólidos em Suspensão (mg/L)	178,4	Industrial ≤ 100 Doméstico ≤ 50	Gravimétrico
DQO (mg/L)	456	≤ 200,0	Digestão com Dicromato de Potássio
Sulfeto (mg S/L)	0,3	1,0	Azul de Metileno
Subst. Solúveis em Hexano (mg/L)	92	Mineral 20,0 Vegetal e Animal 50,0	Gravimétrico
Cloro Residual Livre (mg/L)	2,0		Orto-Tolidina

Análise Bacteriológica			
Parâmetros	Resultado	Padrão <sup>1</sup>	Metodologia
Coliformes Fecais (Escherichia coli) (NMP/100mL)	Zero	≤ 5000	Tubos Múltiplos

**Conclusão:** Dentre as análises efetuadas, a amostra apresentou os parâmetros **Mat. Sedimentáveis, Sólidos em Suspensão, DQO e Subst. Solúveis em Hexano** em desacordo com os padrões estabelecidos pela Portaria SEMACE N.º 154/02, Art.4º

Fortaleza, 11 de junho de 2016

Janelane Coelho da Rocha  
Gestor Ambiental  
Mat. 000605-1-8 SEMACE  
Responsável pelas Análises

MAIRA GADELHA ALVES BRANDAO  
Gerência de Análise e Monitoramento - GEAMO  
Gerente

Legenda: <sup>1</sup> Padrões SEMACE para lançamento em recursos hídricos e solo.  
(NMP) - Numero Mais Provável.

Determinações segundo a metodologia do "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater".



**Levantamento dos estudos  
e Planos Existentes**

## 4 LEVANTAMENTO DOS ESTUDOS E PLANOS EXISTENTES

A identificação e a análise crítica dos estudos, projetos e planos existentes foram realizadas com o intuito de verificar a influência destes elementos nos parâmetros, nos critérios e nas alternativas do projeto.

O projeto original do Sistema de Esgotamento Sanitário da cidade, elaborado em 1988, foi consultado a fim de possibilitar o entendimento do sistema implantado atualmente. O levantamento de loteamentos e de grandes empreendimentos em Pacoti mostrou que estes não estão localizados na sede do município, área de influência das duas estações de tratamento de esgoto operadas pela Cagece e objeto deste projeto. A prefeitura de Pacoti foi consultada quanto a informações que caracterizassem a atividade turística na região, fator de grande relevância no desenvolvimento do estudo populacional e de demanda, mas nenhum dado foi enviado até a finalização deste projeto.

Dados como população residente, taxa geométrica de crescimento, média de moradores por domicílio, dentre outras informações relevantes, foram retiradas do Perfil Básico Municipal de Pacoti. Este é um documento elaborado pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), com o intuito de apresentar uma visão panorâmica dos municípios que compõem o Estado do Ceará. Sua estrutura é composta por cinco temas: caracterização geográfica, aspectos demográficos e sociais, infraestrutura, economia e finanças, e por fim, política.

O levantamento de áreas protegidas ambientalmente e com restrições à ocupação e ao uso foi fornecido pela Gerência de Meio Ambiente (GEMAM) da Cagece a partir de informações da APA da Serra de Baturité. Esta APA é a primeira e mais extensa área de proteção criada pelo Governo do Estado do Ceará. Abrange uma área de 32.690 hectares e está localizada na porção Nordeste do Estado, na região serrana de Baturité. Delimitada pela cota 600 m, é composta pelos municípios de Aratuba, de Baturité, de Capistrano, de Guaramiranga, de Mulungu, de Pacoti, de Caridade e de Redenção.

O levantamento planialtimétrico, utilizado na elaboração deste projeto, foi realizado pela equipe de topografia da Gerência de Projetos (GPROJ) da Cagece. Por meio do seu setor de geotécnica, a GPROJ também analisou o estudo geotécnico realizado, tão necessário à correta elaboração do orçamento.



**Estudo Populacional e de  
Demanda**

## 5 ESTUDO POPULACIONAL E DE DEMANDA

### 5.1 Estudo populacional

Este projeto engloba somente a sede do município de Pacoti, pois se trata da área de abrangência das duas estações de tratamento existentes. Esta parte da cidade possui, atualmente, 810 ligações de esgoto ativas, o equivalente a 3.086 pessoas utilizando o sistema de esgotamento existente (taxa de ocupação de 3,81 hab/casa). Conforme informações do Perfil Básico Municipal da cidade, a sede já possuía 4745 habitantes em 2010, valor superior ao estimado pelo número de ligações atuais e que, portanto, será utilizado como ponto de partida para as projeções. Por se tratar de valor inferior a 5.000 habitantes, o item 4.8.1.6 da SPO-012 estabelece que deve ser adotado método de crescimento geométrico para a estimativa populacional, aplicando-se a taxa de crescimento definida a partir dos dois últimos censos.

Entretanto, esta região da cidade encontra-se em processo final de adensamento, uma vez que não há espaço físico para crescimento horizontal por se tratar de zona serrana e Área de Proteção Ambiental, protegida por lei. Portanto, adotou-se uma taxa de crescimento de 1,11% por considerar ainda a possibilidade de verticalização das residências. Esse valor é metade da taxa de 2,22% indicada pelo último censo do IBGE.

Pacoti possui ainda uma população flutuante relevante, principalmente nos finais de semana. O clima agradável, a presença marcante dos últimos resquícios da Mata Atlântica e a proximidade com Guaramiranga, um pólo turístico em franco crescimento nos últimos anos, contribuem para esse aporte significativo de visitantes à cidade. A prefeitura do município foi consultada a fim de se obter informações que caracterizassem melhor essa atividade turística, mas nenhum dado tinha sido enviado até a finalização deste projeto. Baseado em dados do aumento da atividade do comércio nos períodos de alta estação, estimou-se que a população flutuante represente 25% da população total da cidade e a população fixa represente os demais 75%. Assim, foi considerada para 2010, uma população flutuante de 1.582 habitantes e uma população total de 6.327 habitantes na sede da cidade.

Os cálculos e as considerações realizados no estudo populacional estão detalhados no Memorial de Cálculo.

## 5.2 Estudo de demanda

Na elaboração do estudo de demanda, foram utilizados os parâmetros listados a seguir:

Consumo per capita (q) .....	125 l/hab.d
Comprimento da rede coletora da sede (L) .....	6413,42 m
Início de plano.....	2018
Final de plano.....	2038
Alcance de projeto (n) .....	20 anos
Coefficiente da hora de maior consumo (k1) .....	1,50
Coefficiente do dia de maior consumo (k2) .....	1,20
Coefficiente da hora de menor consumo (k3) .....	0,50
Coefficiente de retorno (C) .....	0,80
Taxa de Infiltração (Ti) .....	0,25 L/s.km

Com exceção dos 4 primeiros, os outros parâmetros foram todos retirados do item 4.8.5.2 da SPO-012. O comprimento da rede coletora existente foi fornecido pela Supervisão de Esgoto da UNBME.

A unidade também forneceu o consumo per capita real da cidade, que atualmente gira em torno de 60 l/hab.d, valor que reflete o período de escassez hídrica no qual os municípios cearenses estão passando. Portanto, considerando valores de consumo comumente empregados em períodos de disponibilidade hídrica, a preponderância do setor de serviços na economia da cidade, a ausência de indústrias de grande porte e a influência negativa do clima frio no consumo de água, adotou-se, neste projeto, um consumo per capita de 125 l/hab.d.

Devido à natureza intermitente da atividade de abate de animais do Matadouro Público da cidade, a sua vazão foi considerada como uma contribuição pontual na Sub-bacia Alho. A partir de informações colhidas na literatura específica (consumo de água por cabeça abatida) e obtidas pelos funcionários do local (quantidade de animais de grande e pequeno porte abatidos por semana), foi possível estimar a magnitude dessa contribuição.

Os cálculos e as considerações realizados no estudo de demanda estão detalhados no Memorial de Cálculo.



## **Estudo de Concepção**

## 6 ESTUDO DE CONCEPÇÃO

Foram elencadas três alternativas e, posteriormente, discutidas quanto aos aspectos econômicos, ambientais, construtivos e operacionais. As alternativas não contemplam a readequação da rede coletora, que só será objeto de estudo numa etapa posterior a este projeto. Descrevem somente a solução empregada para a ETE 13 de maio, uma vez que a solução dada à ETE Alho é comum a todas.

Portanto, a ETE Alho será totalmente desativada e, posteriormente, transformada em estação elevatória, contendo cesto para retenção de sólidos grosseiros e bombas submersíveis. Nesta nova elevatória, optou-se por não incluir desarenadores no tratamento preliminar, uma vez que a vazão de contribuição da Sub-bacia Alho é muito pequena e a ETE 13 de maio, destino final do bombeamento, já possui caixa de areia. Como medida de proteção ao conjunto moto-bomba, foram adotados rotores especiais resistentes a agentes químicos e à abrasão causada pelos sólidos. A desativação da ETE Alho tornou-se necessária devido ao histórico de problemas no tratamento, ocasionados pelas contribuições indevidas do Matadouro Público da cidade.

### 6.1 Alternativa 01

Nesta alternativa, não serão realizadas modificações na estrutura da estação existente, apenas inversão de fluxo de algumas unidades e introdução de aeração artificial no sistema. Com as modificações a serem introduzidas, a estação passará de uma configuração de reatores do tipo decanto digestor de câmaras sobrepostas seguidos de filtros anaeróbios ascendentes para uma nova configuração do tipo decanto digestor de câmaras sobrepostas seguido por uma filtração em linha, composta por filtros anaeróbios, filtros submersos aerados e filtros anóxicos.

Atualmente, existem 10 filtros anaeróbios individuais de fluxo ascendente, dispostos lado a lado em duas fileiras de 5 filtros, todos desagando em uma calha coletora central. Pretende-se agora que os 4 primeiros filtros anaeróbios trabalhem de maneira descendente (FAD), alimentados por um conjunto de tubulações perfuradas de PVC, instaladas sobre a parte superior de suas camadas filtrantes. Na sequência, o efluente dos FAD alimentará, paralelamente, 4 filtros aerados submersos de fluxo ascendente. Nesta etapa, será implantado um sistema de ar difuso simplificado, com sopradores de baixa pressão, utilizando-se mangueiras plásticas perfuradas no lugar de difusores padrões, lançadas na

base dos filtros para insuflar o oxigênio juntamente com a entrada do esgoto nos reatores. O efluente do FSA será recolhido pela calha coletora central existente, que alimentará em fluxo descendente, o último filtro da série, que será do tipo anóxico. Após a passagem pelos últimos filtros, o efluente final da ETE sofrerá desinfecção com solução de hipoclorito.

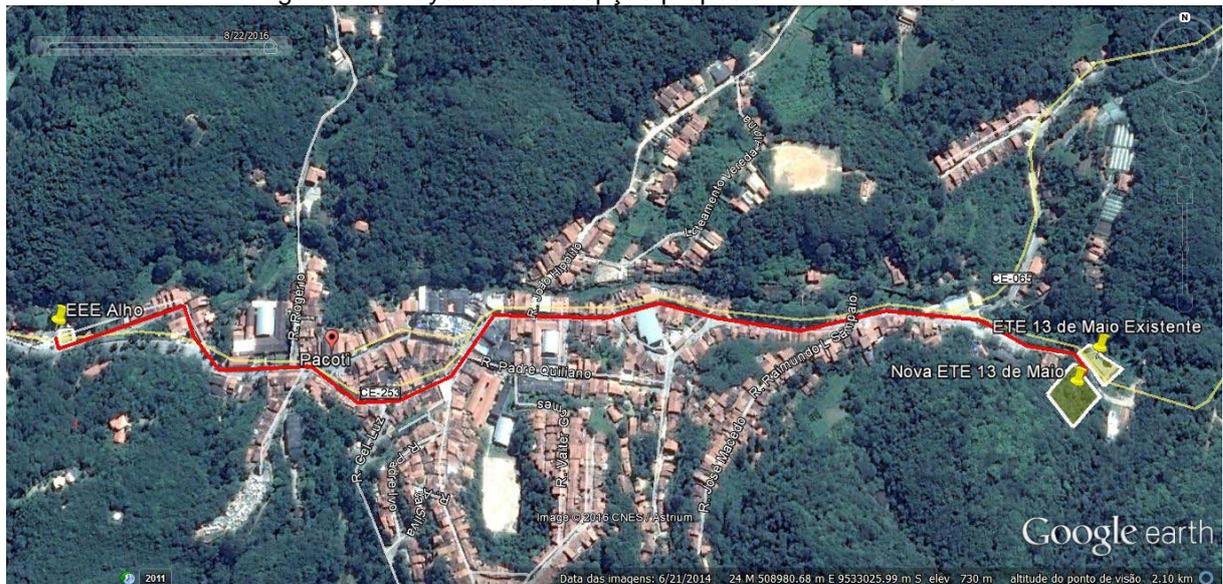
## **6.2 Alternativa 02**

Nesta alternativa, optou-se por não reutilizar a estrutura da estação de tratamento existente, mas construir uma nova ETE com tecnologia de tratamento mais moderna. A nova estação, com dimensões de 45 x 50 m (2.250 m<sup>2</sup>), seria executada em frente a existente. Esta última funcionaria apenas enquanto a nova estrutura não fosse construída.

Assim, a nova ETE 13 de maio seria composta por um novo tratamento preliminar com gradeamento e caixa de areia, bombas do tipo submersível, reatores do tipo UASB e Filtro Submerso Aerado (FSA) para a remoção da matéria orgânica, Decantador Lamelar (DL) para a remoção dos sólidos suspensos, Tanque de Contato (TC) para propiciar a remoção de coliformes fecais por meio de cloração e Leitões de Secagem (LS) para secagem de lodo oriundo do sistema e para viabilizar o retorno do percolado para a estação elevatória. Contaria ainda com uma casa de operação onde ficariam os sopradores, as bombas dosadoras, o gerador, os quadros de comando e o escritório para o operador.

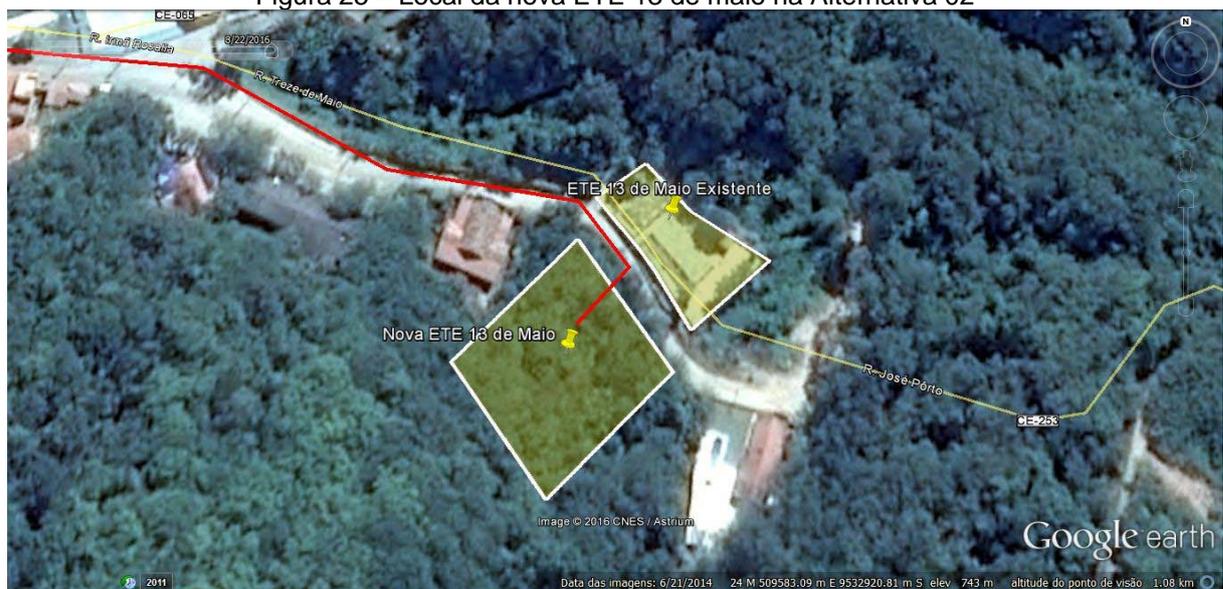
Ao final da execução, a nova urbanização ainda proporcionaria um ambiente favorável à entrada e à manobra de veículos de todos os portes para operação/manutenção de serviços e de equipamentos. As imagens, a seguir, apresentam a concepção proposta na Alternativa 02 e o local da nova estação:

Figura 24 – Layout da concepção proposta na Alternativa 02



Fonte: Google Earth

Figura 25 – Local da nova ETE 13 de maio na Alternativa 02



Fonte: Google Earth

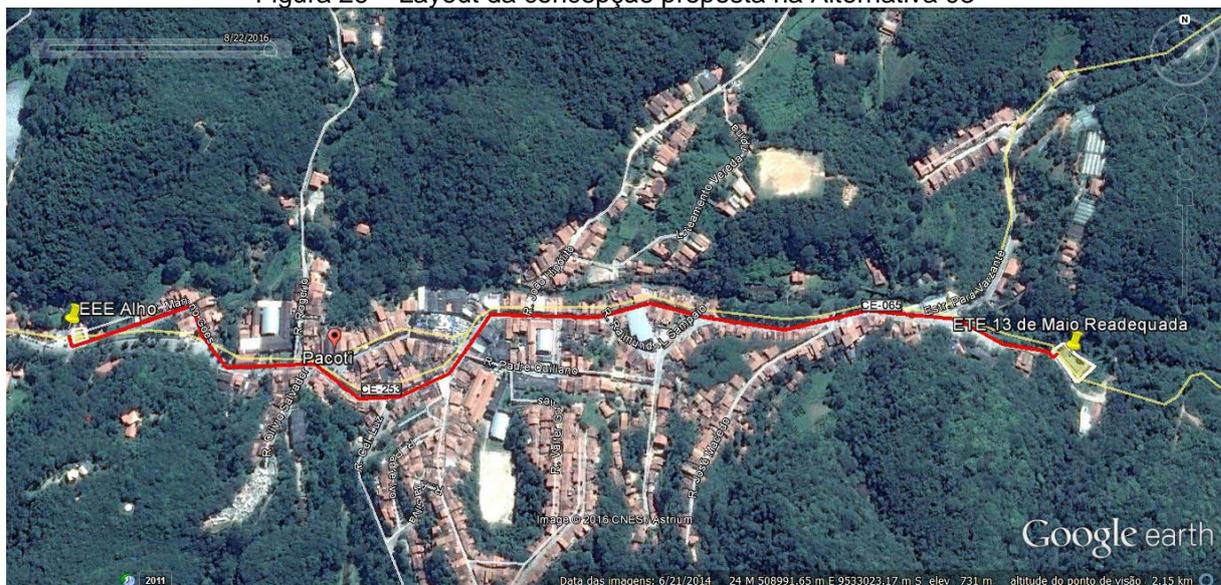
### 6.3 Alternativa 03

Nesta alternativa, a estação de tratamento existente seria demolida para a construção de uma nova no mesmo local. Como a área existente não oferece condições para a construção total da nova estrutura sem que haja paralisação das unidades existentes, a execução seria realizada por etapas. A etapalização permitiria que as unidades existentes e as unidades a serem executadas pudessem ser compatibilizadas a cada nova etapa, possibilitando que o esgoto afluyente fosse lançado sempre com algum grau de tratamento no copo receptor.

A nova ETE 13 maio também seria composta por um novo tratamento preliminar com gradeamento e caixa de areia, bombas do tipo submersível, reatores do tipo UASB e Filtro Submerso Aerado (FSA) para a remoção da matéria orgânica, Decantador Lamelar (DL) para a remoção dos sólidos suspensos, Tanque de Contato (TC) para propiciar a remoção de coliformes fecais por meio de cloração e Leitos de Secagem (LS) para secagem de lodo oriundo do sistema e para retorno do percolado para a estação elevatória. Contaria com uma casa de operação onde ficariam os sopradores, as bombas dosadoras, o gerador, os quadros de comando e o escritório para o operador.

Ao final da execução, a nova urbanização também proporcionaria um ambiente favorável à entrada de veículos de todos os portes para operação/manutenção de serviços e de equipamentos, mas não possibilitaria a manobra de veículos de grande porte. A imagem, a seguir, apresenta a concepção proposta na Alternativa 03:

Figura 26 – Layout da concepção proposta na Alternativa 03



Fonte: Google Earth

#### 6.4 Alternativa selecionada

A **Alternativa 02**, apesar de apta a suportar um alcance de projeto de 20 anos e construtivamente menos complexa que a alternativa 03, possui a desvantagem da necessidade de desapropriação de um terreno em torno de 2.250 m<sup>2</sup> (45 x 50 m) em uma região que se valorizou muito ao longo da última década. Outro fator impeditivo foi a possibilidade elevada da ETE ser executada em solo rochoso, fato que tornaria o preço da obra mais elevado, dificultando a captação de recurso e postergando a implantação desta solução. Além disso, a questão legal e burocrática que envolve a permissão para a

construção de obras em Áreas de Proteção Ambiental foi outro fator que tornou esta alternativa menos atraente que a terceira.

A **Alternativa 01** é a solução mais barata, de menor complexidade construtiva e operacional dentre as três alternativas apresentadas. Todavia, nesta solução, a ETE não suportaria o incremento de vazão ocasionado pelo crescimento populacional ao longo dos anos e, caso a vazão não alterasse, ainda seria necessária uma análise estrutural da edificação a fim de verificar se resistiria a mais 20 anos de funcionamento, perfazendo quase 50 anos de vida útil.

A **Alternativa 03** é a mais complexa do ponto de vista construtivo, uma vez que durante a execução de cada etapa será necessária a compatibilização constante entre a estrutura existente e a estrutura projetada. Todavia, devido ao fato da estação ser executada em um local já pertencente à Cagece, não necessita de desapropriação e nem envolve novas permissões por parte do órgão gestor da área de proteção ambiental. Devido a essas facilidades, aliado ao fato da tecnologia proposta atender satisfatoriamente no horizonte de projeto de 20 anos os padrões de lançamento de efluentes estabelecidos pelo Coema nº 02/2017, a Alternativa 03 foi selecionada para ser implantada definitivamente como solução para a ETE 13 de maio. O projeto apresentado no item Projeto Proposto é o desenvolvimento e o detalhamento desta alternativa e será denominado aqui de Projeto Básico de Readequação das Estações de Tratamento de Esgoto de Pacoti.



## **Projeto Proposto**

## 7 PROJETO PROPOSTO

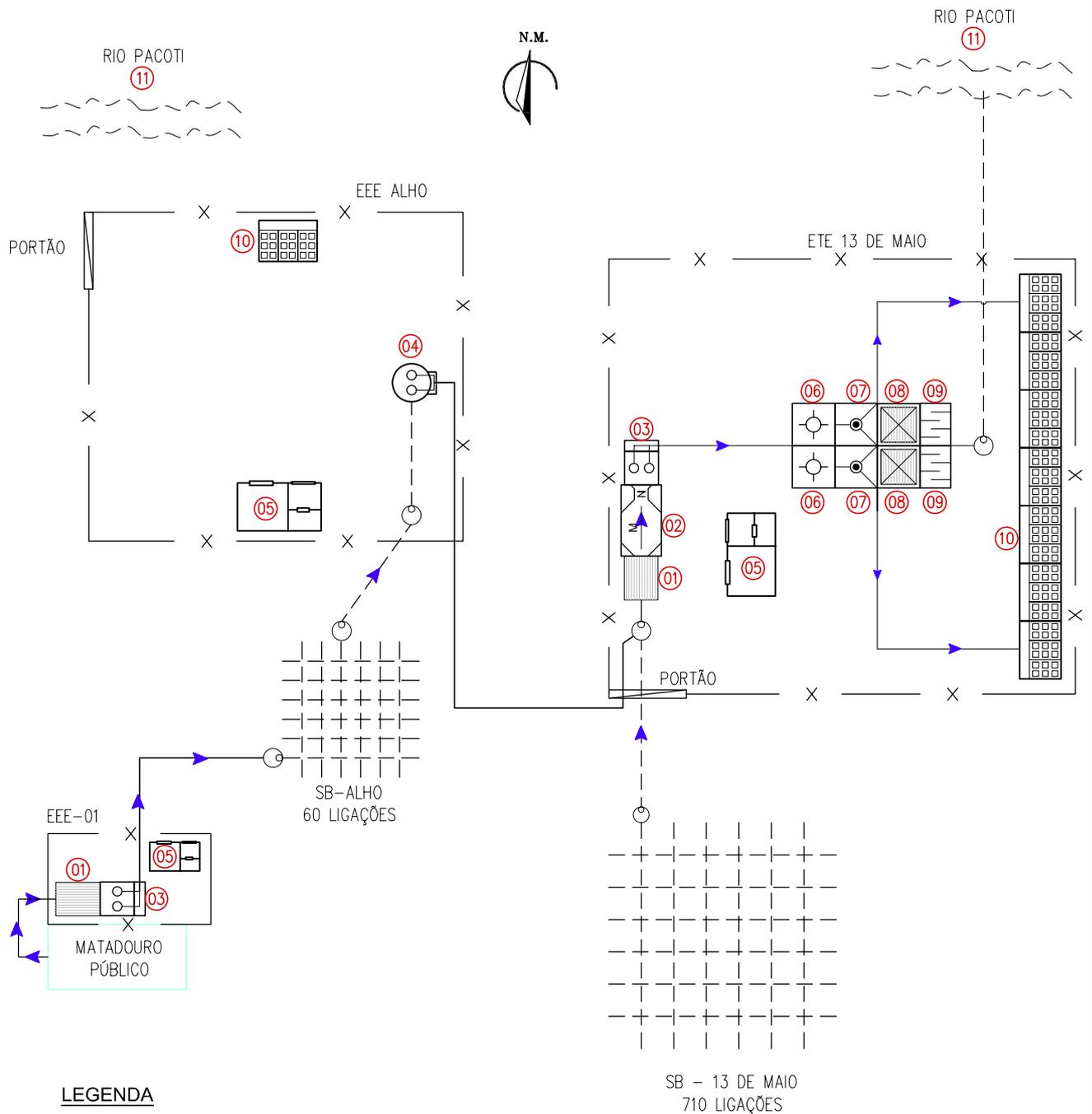
### 7.1 Configuração geral

Como visto anteriormente, o arranjo original do sistema de esgotamento sanitário da cidade consiste em duas sub-bacias que não se interligam, pois cada uma possui a sua própria estação de tratamento. Neste projeto, propõe-se que as duas sub-bacias continuem a existir, mas interligadas por meio de estação de bombeamento, contando agora com apenas uma ETE, localizada na sub-bacia de maior porte. Vale salientar que o projeto engloba somente a sede do município de Pacoti, por tratar-se da área de abrangência das duas estações de tratamento.

Devido ao histórico de problemas no tratamento ocasionados pelas contribuições indevidas do Matadouro Público da cidade, a ETE da Sb Alho será totalmente desativada e transformada em estação elevatória e o seu efluente será bombeado para a ETE 13 de maio. Nesta última, o tratamento atual será substituído por uma tecnologia mais moderna e mais robusta em decorrência da necessidade de tornar o tratamento mais resistente às variações de carga orgânica oriundas de contribuições indevidas e das oscilações de consumo inerentes a pólos turísticos como Pacoti.

Este projeto não contempla melhorias na EEE-01, elevatória operada pela Cagece que recebe o efluente do Matadouro Público. Por se tratar de uma estação de pequeno porte, a própria UNBME prontificou-se a fazer as intervenções necessárias. Este projeto também não contempla a readequação da rede coletora existente, pois se trata de uma intervenção significativa que tornaria o preço global do projeto mais elevado, algo que poderia dificultar a obtenção de recurso para a construção da obra, e atrapalhando a intenção primordial deste projeto que é solucionar o problema do tratamento do esgoto o mais rápido possível. Portanto, o estudo mais aprofundado acerca da ampliação da rede coletora e dos diâmetros das tubulações ficará para uma etapa posterior a este projeto.

Quanto ao Matadouro Público de Pacoti, a Prefeitura Municipal deverá implementar ações para que o efluente deste estabelecimento obedeça aos parâmetros de lançamento impostos pelo Coema nº 02/2017, compatíveis com as características de esgotos domésticos. É importante frisar que se nada for feito nesse sentido, o projeto ora apresentado não surtirá o efeito positivo desejado, com consequências danosas ao meio ambiente. A seguir, é apresentado o croqui do sistema proposto:



### LEGENDA

- 01 - GRADE
- 02 - CAIXA DE AREIA COM CALHA PARSHALL
- 03 - POÇO DE SUÇÃO RETANGULAR E CONJ. MOTOR BOMBA
- 04 - POÇO DE SUÇÃO CIRCULAR E CONJ. MOTOR BOMBA
- 05 - CASA DO OPERADOR/BANHEIRO/BANHEIRO
- 06 - UASB
- 07 - FILTRO SUBMERSO AERADO
- 08 - DECANTADOR LAMELAR
- 09 - TANQUE DE CONTATO
- 10 - LEITO DE SECAGEM
- 11 - CORPO RECEPTOR

———— TUBULAÇÃO ESCOAMENTO PRESSURIZADO PROJETADA  
 - - - - TUBULAÇÃO ESCOAMENTO GRAVITÁRIO PROJETADA



COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ  
 DIRETORIA DE ENGENHARIA  
 GERÊNCIA DE PROJETOS DE ENGENHARIA

PRANCHA Nº  
 01/01

CROQUI - SES

PROJETO BÁSICO DE READEQUAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE  
 TRATAMENTO DE ESGOTO DE PACOTI

Projeto:  
 ENGª RUAM MAGALHÃES DA SILVA

Desenho:  
 ARQUIMEDES

Escala:  
 S/ESCALA

Data  
 AGO/16

Arquivo  
 CROQUI - SES Pacoti.dwg

## 7.2 Estações elevatórias de esgoto (EEE)

A proposição da estação elevatória de esgoto foi desenvolvida com base nos levantamentos topográficos e nas visitas a campo. Como a área onde será locada a estação não possui drenagem, a elevatória foi projetada com cota superior a cota da via pública, evitando que possíveis alagamentos entrem em contato com quadros de comando e dificultem a operação pela Cagece.

No projeto, também foram observadas as condições estabelecidas na NBR 12208/1992 e NBR 12209/2011. As configurações das elevatórias quanto às dimensões e aos formatos do poço de sucção, barrilete e tratamento preliminar, obedeceram aos padrões utilizados pela Cagece e às orientações da SPO-024 no que foi possível. Optou-se pela utilização de conjunto motor-bomba submersível, já que neste tipo de instalação, pode-se dispensar a casa de bombas, com redução do espaço necessário e com economia no custo de implantação das obras civis. Foi previsto grupo gerador para garantir o funcionamento das bombas em situações emergenciais, quando houver falta de fornecimento de energia elétrica.

Para a EEE Alho, tentou-se inicialmente projetar um sistema com tratamento preliminar completo e com poço de sucção prismático, mas esta opção tornou-se inviável, pois na área disponível atualmente, não seria possível construir a nova estrutura em uma única etapa sem interromper o funcionamento da ETE existente. A construção deveria ser executada por etapas, o que tornaria a execução da obra bem mais complexa. Além disso, a implantação da caixa de areia, em uma situação onde é alta a probabilidade de recebimento de um esgoto não tratado do Matadouro Público, causaria problemas à população local devido ao odor desagradável deste tipo de atividade. Tamponar o tratamento preliminar, coletar os gases por meio de exaustores e realizar o seu tratamento também tornariam os custos de implantação e de operação bem elevados, algo inviável para uma estação elevatória de pequeno porte como esta, que recebe contribuição de apenas 60 ligações.

Assim, optou-se pela adoção de estação elevatória sem desarenador, mas com cesto em aço inox 316L para retenção de sólidos grosseiros, bombas submersíveis com trituradores, rotores anti-abrasão e anticorrosivos, além de um leito de secagem. A areia bombeada será removida somente na ETE 13 de maio, que possui caixa de areia e é o ponto de descarga da linha de recalque da EEE Alho. O poço de sucção é circular e foi selecionado por ser mais compacto que o convencional e a sua geometria propicia o acúmulo de sólidos no fundo sem a ocorrência de cantos mortos. Também não há compartimentação entre as

bombas, uma vez que isto aumentaria o diâmetro do poço e dificultaria a sua execução pela proximidade com o Tanque Imhoff existente. Entretanto, a sua limpeza será realizada por meio de um tubo guia com diâmetro 150 mm fixado na parede, no qual um caminhão limpafossa poderá acoplar sua mangueira e realizar a sucção. A execução desta estação também se dará por etapas, porém menos complexas que as previstas inicialmente.

A EEE 13 de maio contará com um tratamento preliminar completo, composto por grade de barras de aço inox 316L (para remoção de sólidos grosseiros), caixa de areia (para remoção de substâncias inertes, como areia e sólidos minerais sedimentáveis, prejudiciais ao tratamento), calha Parshall com medidor de nível ultrassônico para canais abertos (para medição das vazões afluentes), leito de secagem e poço de sucção prismático compartimentado com bombas submersíveis, conforme padrão já adotado pela companhia.

Apesar da área onde ficarão as elevatórias e a estação de tratamento já pertencerem a Cagece, houve a necessidade de regularizar a rua de acesso à EEE Alho, que atualmente pertence a um hotel localizado ao lado da estação. Essa regularização, que ocorrerá preferencialmente por meio de uma cessão de uso, visa dar maior liberdade operacional à UNBME, uma vez que hoje é necessária a permissão do dono do hotel para que os veículos da companhia possam adentrar ao local. Além disso, a partir da implantação deste projeto, o tráfego de veículos na estação irá aumentar devido à necessidade de transportar semanalmente os sólidos oriundos das limpezas do poço de sucção, do cesto de retenção e do leito de secagem, além das manutenções no conjunto motor-bomba e no grupo gerador.

### **7.2.1 Etapas de construção da EEE Alho**

O projeto da Estação Elevatória de Esgoto Alho foi concebido para ser executado em 3 etapas de construção, uma vez que não é possível interromper o funcionamento da ETE existente para a construção de uma só vez da nova estrutura. Portanto, em todas as etapas procurou-se sempre compatibilizar a estrutura existente com a estrutura a ser executada para que o esgoto fosse lançado e tratado no copo receptor ou lançado na Estação de Tratamento 13 de maio. As etapas são detalhadas a seguir:

#### **I. Etapa de execução nº 01**

- **Construção da elevatória e da linha de recalque** – realizada a demolição, deve ser iniciada a construção da estação elevatória, composta por cesto para retenção de sólidos, poço de sucção circular e hidropneumático. Além disso, a linha de recalque deverá ser construída paralelamente para que o esgoto da sub-

bacia possa ser bombeado para a nova ETE 13 de maio e assim possibilitar a demolição da estação de tratamento existente. Os primeiros 30 metros da LR serão assentados dentro da própria estação. Para viabilizar o funcionamento do conjunto motor-bomba, um quadro de comando temporário será construído, já que a Casa de Operação, onde fica localizado o quadro de comando definitivo, só será executada na etapa seguinte. Na caixa de inspeção, à montante do tanque Imhoff, será executado um by pass para o poço de visita da elevatória.

## II. Etapa de execução nº 02

- **Esgotamento da ETE** – Após a interrupção na alimentação da estação de tratamento, o tanque Imhoff e os filtros anaeróbios deverão ser esgotados e o seu efluente lançado na estação elevatória recém-construída para que seja enviado à ETE 13 de maio. Baseado nas dimensões do projeto original, o volume a ser esgotado é aproximadamente igual a 84 m<sup>3</sup>, considerando que o meio filtrante dos filtros anaeróbios apresenta metade do seu volume preenchido por lodo;
- **Demolição e posterior aterro da ETE** – Após o completo esgotamento da estação de tratamento, deve-se proceder a demolição da estrutura existente, que é composta basicamente por paredes e por lajes em concreto, além de camadas de brita nº 4 nos filtros anaeróbios. A demolição é seguida pelo aterro necessário para atingir a nova cota de piso da estação elevatória;
- **Construção da casa de operação** – a casa de operação, onde ficarão os quadros permanentes e o abrigo para o gerador, além de banheiro para o operador, serão construídos na fase final desta etapa.

## III. Etapa de execução nº 03

- **Execução da urbanização** – esta etapa é destinada para a conclusão da urbanização da estação elevatória. Para tanto, elementos como o muro padrão Cagece, o gradil, o piso em paralelepípedo e o portão serão finalizados. Vale ressaltar que alguns destes elementos podem ser concluídos nas etapas anteriores, ficando a critério da empresa vencedora da licitação.

### 7.3 Linhas de recalque (LR)

A linha de recalque foi dimensionada em uma primeira aproximação pela fórmula de Bresse, a qual traduz a importância cada vez mais significativa dos custos de energia elétrica para

os usuários em geral e, particularmente, para as concessionárias dos serviços de água e de esgotos. Também foram empregadas, preferencialmente, tubulações em PVC DeFoFo, uma vez que esse material apresenta uma melhor relação custo/benefício, quando comparados ao ferro dúctil para baixas pressões e menores perdas de carga.

### **7.3.1 Transientes hidráulicos**

O estudo dos transientes hidráulicos visa dimensionar o sistema de proteção das linhas de recalque para o caso de parada do bombeamento na estação elevatória, ocasionada pela interrupção do fornecimento de energia elétrica aos motores. A análise se deu através do emprego do software DYAGATS 2.0. Os estudos têm a seguinte sequência:

- 1) Primeiramente, foi analisada a linha de recalque em regime permanente para se ajustar aos parâmetros relativos ao tipo de bomba, a rotação e ao rotor aplicável a cada caso;
- 2) Em seguida, foram simulados os transientes hidráulicos sem as proteções anti-golpe para avaliar a compatibilidade e a classe de pressão do tubo empregado;
- 3) Depois disso, foi simulado o sistema adotando-se as proteções necessárias, primando pela economicidade e pela eficiência da proteção.

A subpressão mínima considerada para tubos em DeFoFo foi -4 mca, valor estabelecido pela SPO-014. Como elemento de proteção para a LR Alho, foi utilizado tanque hidropneumático. Este tipo de tanque pode operar em posição vertical e horizontal. É composto por um vaso em aço carbono contendo em seu interior uma membrana de borracha em butil revestida com pintura protetora ou várias cápsulas cilíndricas em poliuretano.

O efluente tem acesso ao interior do tanque, tendo contato somente com o lado de fora da membrana. Como não há contato entre o ar comprimido e o efluente, não ocorre dissolução do ar no efluente. Desta forma, não há necessidade de um sistema de correção da pressão do ar, compressores, energia elétrica no local, etc. Quando é posto em marcha de forma correta e com a pressão de pré-carga adequada, o vaso de pressão opera de forma automática, esvaziando-se quando acionado e enchendo-se novamente com o retorno da onda de pressão positiva, sucessivas vezes até o restabelecimento do equilíbrio de pressão entre o vaso e o sistema.

Não foi elaborado estudo para a linha de recalque da EEE 13 de maio, uma vez que apresentou extensão menor que 50 metros e descarga livre em uma caixa de quebra de pressão. Na ocorrência de transientes, a descarga livre trabalharia combatendo a subpressão, preenchendo o tubo com ar atmosférico, evitando o seu colapso.

#### **7.4 Estação de Tratamento de Esgoto (ETE 13 de maio)**

O sistema de tratamento de esgotos sanitários aqui proposto será composto de um tratamento biológico contendo 02 Reatores Anaeróbio de Fluxo Ascendente (UASB), seguido de 02 Filtros Submersos Aerados (FSA) acoplados a 02 Decantadores Lamelares (DL) com posterior desinfecção do efluente em 02 Tanques de Contato (TC) antes de seu lançamento no corpo receptor. O sistema conta ainda com 07 Leitos de Secagem (LS), 01 Soprador (SPR) e 01 Tanque de cloro (TDSQ).

No projeto de readequação da estação de tratamento de esgoto, foram observadas as condições estabelecidas nas normas NBR 12209/2011 da ABNT e na bibliografia específica sobre o assunto. Para os reatores UASB, também foram obedecidos os critérios e os parâmetros propostos por Chernicharo (2007).

##### **7.4.1 Reator UASB**

A primeira unidade de características anaeróbias corresponde a um reator de manta de lodo de fluxo ascendente, também conhecido com a denominação de UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*), que terá como objetivo a redução de grande parte da carga orgânica biodegradável e conversão do nitrogênio orgânico para a sua forma amoniacal, objetivos bastantes favoráveis na nossa região, onde temos a temperatura dos esgotos sempre acima de 25°C.

Seu funcionamento inicia com a entrada da água residuária pelo fundo da unidade, promovendo uma mistura do material orgânico do esgoto presente na zona de digestão, parte inferior do UASB separado da zona de sedimentação pelo dispositivo conhecido como separador de fases. Com o acontecimento da digestão anaeróbia, obteremos o crescimento do lodo e formação de biogás. O líquido continuando o seu percurso ascendente passará pelas aberturas existentes no separador de fases, entrando na zona de decantação. Os flocos que por ventura forem arrastados com a diminuição da velocidade em função do aumento de área na superfície da zona e com as possíveis agregações entre si dos flocos, formarão partículas pesadas que tenderão a retornar à zona de digestão, resultando num efluente com baixos teores de sólidos decantáveis. As bolhas de biogás, formadas no

processo de digestão, são captadas no coletor de gás, sendo encaminhadas para serem borbulhadas num tanque, contendo suspensão de cal, no sentido de se obter uma redução do problema de mau cheiro, sendo, em seguida, dirigidos para a atmosfera. O lodo digerido formado é encaminhado para os leitos de secagem onde é feita a sua desidratação. Após secos, serão encaminhados juntamente com o lixo da comunidade para aterros sanitários.

#### **7.4.2 Filtro submerso aerado (FSA)**

A qualidade em nível secundário para o efluente do UASB será obtida através da aplicação de um reator biológico aeróbio de filme fixo, no caso um Filtro Submerso Aerado (FSA), empregados como processo secundário de esgotos pré-decantados. Na prática, esse tipo de unidade é constituído de um tanque, tendo no seu interior um meio suporte, que no nosso caso será estruturado. São caracterizados como reatores que possuem três fases denominadas:

- Fase sólida: constituída do meio suporte e pelas colônias de microrganismos que nele se desenvolvem, sob a forma de um filme biológico (biofilme);
- Fase líquida: composta pelo líquido que percola através do meio suporte;
- Fase gasosa: formada pela aeração artificial e em menor escala pelos gases produzidos pelo processo biológico.

O fornecimento de ar para aeração será feito através de difusores de bolhas finas, colocados na parte inferior do filtro, sendo a alimentação do ar feita por sopradores. O lodo, produzido nessa última unidade, poderá ser secado diretamente ou poderá retornar para a elevatória no sentido de completar uma eventual digestão nos reatores UASB, sendo em conjunto ou em separado desidratado em leitos de secagem.

#### **7.4.3 Decantador lamelar (DL)**

Como os FSA não retém a biomassa, necessitam a jusante de um decantador. Portanto, o efluente do FSA passará ainda por uma unidade de decantação de alta taxa, de fluxo laminar obtido com o uso de placas paralelas, aqui denominado de Decantador Lamelar.

#### **7.4.4 Tanque de Contato (TC)**

No tanque de contato, é feita a cloração com a finalidade de desinfecção do efluente. O tanque de contato possuirá chicanas internas, garantindo o tempo de detenção do efluente

na unidade. A dosagem da solução de hipoclorito de sódio será feita através de tanques de solução de 250 litros e bombas dosadoras.

#### **7.4.5 Leito de secagem (LS)**

No leito de secagem, ocorre a desidratação do lodo. O líquido percolado dos leitos é colhido em um sistema de drenagem, retornando à estação elevatória de esgoto para posterior recirculação ao reator UASB. O lodo desidratado deverá ser encaminhado ao aterro sanitário, onde será feita sua disposição final. Os leitos de secagem foram dimensionados para o final de plano e com intervalo de limpeza semanal.

#### **7.4.6 Etapas de Construção**

O projeto da nova Estação de Tratamento de Esgoto foi concebido para ser executado em 3 etapas de construção, uma vez que não era possível parar totalmente a ETE existente para a construção de uma só vez da nova estrutura. Portanto, em todas as etapas, procurou-se sempre compatibilizar a estrutura construída com a estrutura a ser executada para que o esgoto afluente fosse lançado sempre com algum grau de tratamento no copo receptor. As etapas são detalhadas a seguir:

I. Etapa de execução nº 01

- **Eliminação da ligação entre os tanques Imhoff e os filtros anaeróbios** – As caixas de saída dos tanques Imhoff que estão ligadas aos filtros anaeróbios deverão ser capeadas e uma ligação entre ambas deverá ser executada para que o efluente seja enviado ao corpo receptor. Nesta etapa, somente o tratamento preliminar, o poço de sucção e os tanques Imhoff existentes farão o tratamento do efluente. A desinfecção do efluente desta etapa ficará sob a responsabilidade da UNBME, uma vez que o funcionamento dos tanques existentes é uma questão de caráter operacional e não construtivo, devendo a construtora acionar a unidade no momento da execução da obra. Como se pode notar, essa configuração não garante o atendimento ao Coema nº 02/2017, mas optou-se em mantê-la por se tratar de uma ETE que já não atende aos padrões, por não existir espaço físico para um tratamento complementar, por ser uma etapa passageira e pelo fato do objetivo maior ser a construção de uma nova estação de tratamento que irá atender integralmente a legislação ambiental. Entretanto, dois pontos são importantes: primeiramente, esta etapa específica necessita de aprovação pelo órgão ambiental fiscalizador. Segundo, à época da execução da obra, a UNBME deverá efetuar

limpeza e descarga do lodo excedente dos tanques para que estes funcionem no máximo da sua eficiência;

- **Esgotamento dos filtros anaeróbios** – Após a interrupção entre os tanques Imhoff e os filtros anaeróbios, estes últimos deverão ser esgotados e o seu fluente lançado no PV de entrada da estação para que seja recalcado para os Tanques Imhoff. Baseado nas dimensões do projeto original, o volume a ser esgotado é aproximadamente igual a 195 m<sup>3</sup>, considerando que o meio filtrante dos filtros anaeróbios apresenta metade do seu volume preenchido por lodo;
- **Demolição dos filtros anaeróbios** – Após o completo esgotamento, deve-se proceder à demolição da estrutura existente, que é composta basicamente por paredes e por lajes em concreto, além do meio suporte. A demolição é seguida pelo aterro necessário para atingir a nova cota de piso da estação de tratamento. Este aterro deverá seguir as orientações do estudo geotécnico. Nesta etapa, também serão demolidas as interligações com os tanques Imhoff, as caixas divisoras de vazão, a casa de química, a casa do gerador, a casa do soprador, os leitos de secagem e o que mais for necessário para a construção da ETE compacta;
- **Construção da estação elevatória e da estação de tratamento** – Após a demolição dos filtros anaeróbios, a ETE compacta, a nova estação elevatória, a linha de recalque e os leitos de secagem deverão ser construídos. Como o novo layout da estação de tratamento possibilitará o tráfego de veículos (algo que não era possível no layout antigo), fato que poderá modificar a estabilidade do aterro e da contenção existentes, foi proposto um reforço estrutural com muro de arrimo ao longo de parte da ETE. O cálculo do muro de arrimo deverá ser realizado pelo projeto estrutural.

## II. Etapa de execução nº 02

- **Funcionamento da estação elevatória e estação de tratamento recém construídas** – Para viabilizar o funcionamento do conjunto motor-bomba, um quadro de comando temporário será construído, já que a Casa de Operação, onde fica localizado o quadro de comando definitivo, só será executada na etapa seguinte. Pelo mesmo motivo, os filtros submersos aerados funcionarão temporariamente sem aeração. Nesta etapa, a desinfecção do efluente também ficará sob a responsabilidade da UNBME;

- **Descarga de lodo do tanque Imhoff** – Interrompida a alimentação do sistema de tratamento atual, o tratamento preliminar, a estação de bombeamento e os tanques Imhoff existentes estarão obsoletos. Portanto, os tanques deverão ser esgotados e o seu efluente líquido lançado no novo tratamento preliminar para ser enviado à ETE compacta recém construída. Baseado nas dimensões do projeto original, o volume a ser esgotado é aproximadamente igual a 415 m<sup>3</sup>;
- **Demolição da estrutura existente** – Após o completo esgotamento do efluente, deve-se proceder à demolição da estrutura existente, que é composta basicamente por paredes e por lajes em concreto. A demolição é seguida pelo aterro necessário para atingir a nova cota de piso da estação elevatória; respeitando as orientações do estudo geotécnico;
- **Construção da casa de operação e interligações restantes** – A casa de operação, onde ficarão os quadros permanentes, o abrigo para o gerador, a casa de química, a casa dos sopradores e o banheiro do operador serão construídos na fase final desta etapa. Paralelamente, as interligações entre os equipamentos recém instalados e a unidades da ETE compacta deverão ser finalizadas.

### III. Etapa de execução nº 03

- **Execução da urbanização** – Esta etapa é destinada para a conclusão da urbanização da estação de tratamento. Para tanto, elementos como o muro padrão Cagece, a via de acesso, o piso em paralelepípedo, o portão e o muro de arrimo serão finalizados. Vale ressaltar que alguns destes elementos podem ser concluídos nas etapas anteriores, ficando a critério da empresa vencedora da licitação.



## **Memorial de Cálculo**

## **8 MEMORIAL DE CÁLCULO**

### **8.1 Considerações gerais**

Neste memorial de cálculo, é apresentado o dimensionamento das unidades que compõem o novo sistema de esgotamento sanitário de Pacoti. A estimativa populacional, o dimensionamento das estações elevatórias e da estação de tratamento de esgoto foram realizados com auxílio do software Excel, pertencente à empresa Microsoft.

## 8.2 Estudio poblacional

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE PACOTI</b>	<b>30/10/16</b>
	<b>ESTUDO POPULACIONAL E DE DEMANDA</b>	<b>v.1</b>

## 1 - DADOS INICIAIS DO PROJETO

### 1.1 - Informações cedidas pela UNBME

Número de ligações de água (UNBME 2016)	<b>n° Pacoti</b>	1067 ligações
Número de ligações de esgoto - SB Alho	<b>n° Alho</b>	60 ligações
Número de ligações de esgoto - SB 13 de Maio	<b>n° 13/Maio</b>	750 ligações
Comprimento da rede coletora	<b>L<sub>rede</sub></b>	6413,42 m

### 1.2 - Informações retiradas do IPECE

População da SEDE de Pacoti (CENSO 2010)	<b>P<sub>IBGE</sub></b>	4745,0 hab
Taxa geométrica de crescimento (CENSO 2010)	<b>t<sub>geo</sub></b>	2,22%
Média de moradores por domicílio (CENSO 2010)	<b>t<sub>ocup</sub></b>	3,81 pes/uni

## 2 - ESTUDO POPULACIONAL

### 2.1 - Projeção da população fixa e flutuante

Como dito anteriormente, o projeto em questão abrange somente a sede do município de Pacoti. Esta parte da cidade encontra-se em processo final de adensamento, uma vez que não há espaço físico para crescimento horizontal por se tratar de zona serrana e Área de Proteção Ambiental, protegida por lei. Portanto, adotou-se uma taxa de crescimento igual à metade da taxa indicada pelo IPECE por considerar ainda a possibilidade de verticalização das residências. Assim:

Taxa geométrica de crescimento adotada **Tx** 1,11%

Verificou-se que Pacoti possui uma população flutuante relevante, principalmente nos finais de semana. O clima agradável, a presença marcante dos últimos resquícios da Mata Atlântica e a proximidade com Guaramiranga, um polo turístico em franco crescimento nos últimos anos, contribuem para esse aporte significativo de visitantes à cidade. Baseado em dados do comércio local, há um incremento populacional em torno de 1/3 da população residente da cidade nos períodos festivos. Assim:

Incremento de população flutuante **Inc** 33,3%

Tabela 01 - População fixa e flutuante da sede de Pacoti ao longo do horizonte de projeto

Ano	População (hab)		
	Fixa	Flutuante	TOTAL
2010	4745,0	1581,7	6326,7
2011	4797,7	1599,2	6396,9
2012	4850,9	1617,0	6467,9
2013	4904,8	1634,9	6539,7
2014	4959,2	1653,1	6612,28
2015	5014,3	1671,4	6685,7
<b>2016</b>	<b>5069,9</b>	<b>1690,0</b>	<b>6759,9</b>

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE PACOTI</b>	<b>30/10/16</b>
	<b>ESTUDO POPULACIONAL E DE DEMANDA</b>	<b>v.1</b>

2017	5126,2	1708,7	6834,9
<b>2018</b>	<b>5183,1</b>	<b>1727,7</b>	<b>6910,8</b>
2019	5240,6	1746,9	6987,5
2020	5298,8	1766,3	7065,1
2021	5357,6	1785,9	7143,5
2022	5417,1	1805,7	7222,8
2023	5477,2	1825,7	7303,0
2024	5538,0	1846,0	7384,0
2025	5599,5	1866,5	7466,0
2026	5661,6	1887,2	7548,8
2027	5724,5	1908,2	7632,6
<b>2028</b>	<b>5788,0</b>	<b>1929,3</b>	<b>7717,4</b>
2029	5852,3	1950,8	7803,0
2030	5917,2	1972,4	7889,6
2031	5982,9	1994,3	7977,2
2032	6049,3	2016,4	8065,8
2033	6116,5	2038,8	8155,3
2034	6184,4	2061,5	8245,8
2035	6253,0	2084,3	8337,3
2036	6322,4	2107,5	8429,9
2037	6392,6	2130,9	8523,5
<b>2038</b>	<b>6463,6</b>	<b>2154,5</b>	<b>8618,1</b>

## 2.2 - População atual da sede

Baseado no número de ligações ativas de água e no número de pessoas por domicílio fornecido pelo IPECE, calculou-se a população atual da sede de Pacoti. Considerando que há quase 100% de índice de atendimento de água na sede, pode-se afirmar que a população calculada abaixo representa o seu número de habitantes em 2016:

Número de habitantes **Pop<sub>BME</sub>** 4065,3 hab

Essa população foi comparada com a população fixa de 2016 oriunda do estudo populacional desenvolvido no item 2.1, onde se constatou que a projeção feita apresenta valor superior ao valor atual, validando o estudo desenvolvido.

## 2.3 - Projeção da população por Sub-bacias

Atualmente, a sede de Pacoti conta com duas Sub-bacias: Sub-bacia Alho e Sub-bacia 13 de Maio. As porcentagens de ligações calculadas abaixo foram utilizadas para o cálculo da população e do comprimento da rede em cada sub-bacia.

Porcentagem de ligações da SB Alho **(%)Alho** 7,41%

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE PACOTI</b>	<b>30/10/16</b>
	<b>ESTUDO POPULACIONAL E DE DEMANDA</b>	<b>v.1</b>

Porcentagem de ligações da SB 13 de Maio (%)<sub>13/Maio</sub> 92,59%

Além disso, as porcentagens de população fixa e flutuante resultantes do estudo populacional realizado no item 2.1 também foram utilizadas no estudo por sub-bacia.

Porcentagem referente a população fixa (%)<sub>Fix</sub> 75,00%

Porcentagem referente a população flutuante (%)<sub>Flut</sub> 25,00%

Tabela 02 - População por sub-bacia ao longo do horizonte de projeto

Ano	Pop. Total	Pop. (SB Alho)			Pop. (SB 13 de Maio)		
		Fixa	Flutuante	TOTAL	Fixa	Flutuante	TOTAL
2010	6326,7	351,5	117,2	468,6	4393,5	1464,5	5858,0
2011	6396,9	355,4	118,5	473,8	4442,3	1480,8	5923,0
2012	6467,9	359,3	119,8	479,1	4491,6	1497,2	5988,8
2013	6539,7	363,3	121,1	484,4	4541,5	1513,8	6055,3
2014	6612,3	367,3	122,4	489,8	4591,9	1530,6	6122,5
2015	6685,7	371,4	123,8	495,2	4642,8	1547,6	6190,4
<b>2016</b>	<b>6759,9</b>	<b>375,5</b>	<b>125,2</b>	<b>500,7</b>	<b>4694,4</b>	<b>1564,8</b>	<b>6259,2</b>
2017	6834,9	379,7	126,6	506,3	4746,5	1582,2	6328,6
<b>2018</b>	<b>6910,8</b>	<b>383,9</b>	<b>128,0</b>	<b>511,9</b>	<b>4799,2</b>	<b>1599,7</b>	<b>6398,9</b>
2019	6987,5	388,2	129,4	517,6	4852,4	1617,5	6469,9
2020	7065,1	392,5	130,8	523,3	4906,3	1635,4	6541,7
2021	7143,5	396,9	132,3	529,1	4960,8	1653,6	6614,3
2022	7222,8	401,3	133,8	535,0	5015,8	1671,9	6687,8
2023	7303,0	405,7	135,2	541,0	5071,5	1690,5	6762,0
2024	7384,0	410,2	136,7	547,0	5127,8	1709,3	6837,0
2025	7466,0	414,8	138,3	553,0	5184,7	1728,2	6912,9
2026	7548,8	419,4	139,8	559,2	5242,3	1747,4	6989,7
2027	7632,6	424,0	141,3	565,4	5300,4	1766,8	7067,3
<b>2028</b>	<b>7717,4</b>	<b>428,7</b>	<b>142,9</b>	<b>571,7</b>	<b>5359,3</b>	<b>1786,4</b>	<b>7145,7</b>
2029	7803,0	433,5	144,5	578,0	5418,8	1806,3	7225,0
2030	7889,6	438,3	146,1	584,4	5478,9	1826,3	7305,2
2031	7977,2	443,2	147,7	590,9	5539,7	1846,6	7386,3
2032	8065,8	448,1	149,4	597,5	5601,2	1867,1	7468,3
2033	8155,3	453,1	151,0	604,1	5663,4	1887,8	7551,2
2034	8245,8	458,1	152,7	610,8	5726,3	1908,8	7635,0
2035	8337,3	463,2	154,4	617,6	5789,8	1929,9	7719,8
2036	8429,9	468,3	156,1	624,4	5854,1	1951,4	7805,5
2037	8523,5	473,5	157,8	631,4	5919,1	1973,0	7892,1
<b>2038</b>	<b>8618,1</b>	<b>478,8</b>	<b>159,6</b>	<b>638,4</b>	<b>5984,8</b>	<b>1994,9</b>	<b>7979,7</b>

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE PACOTI</b>	<b>30/10/16</b>
	<b>ESTUDO POPULACIONAL E DE DEMANDA</b>	<b>v.1</b>

### 3 - VAZÕES DE PROJETO

#### 3.0 - Vazão Pontual

As vazões pontuais significantes identificadas do SES de Pacoti são oriundas principalmente do Matadouro Público. A quantidade de animais abatidos foi fornecido pelo próprio estabelecimento. Conforme Plínio Tomaz (2000), os consumos médios desses equipamentos são

<b>SB Alho</b>	<b>Consumo (L/d.cabeça)</b>	<b>Uni</b>	<b>Vazão (L/s)</b>
Matadouro/Animal grande porte	300	2	0,007
Matadouro/Animal pequeno porte	150	2	0,003
<b>Sub-total</b>			<b>0,01</b>

#### 3.1 - Vazões Totais

Para o cálculo das vazões de esgoto, foram utilizados os seguintes parâmetros da SPO-012:

Consumo per capita	<b>q</b>	125 L/hab.d
Coefficiente de retorno (item 4.8.5.3)	<b>C</b>	0,8
Coefficiente do dia de maior consumo (item 4.8.5.2.2)	<b>k1</b>	1,2
Coefficiente da hora de maior consumo (item 4.8.5.2.3)	<b>k2</b>	1,5
Coefficiente da hora de menor consumo (item 4.8.5.2.1)	<b>k3</b>	0,5
Taxa de infiltração (item 4.8.5.4)	<b>Ti</b>	0,00025 L/s.m

Tabela 03 - Vazões da sede de Pacoti ao longo do horizonte de projeto

<b>ANO</b>	<b>POP (hab)</b>	<b>L<sub>Rede</sub> (m)</b>	<b>Vazão (L/s) - SEDE DE PACOTI</b>				
			<b>Q<sub>INF</sub></b>	<b>Q<sub>PON</sub></b>	<b>Q<sub>MÍN</sub></b>	<b>Q<sub>MÉD</sub></b>	<b>Q<sub>MÁX</sub></b>
2010	6326,7	6413,42	1,60	0,01	5,28	8,94	14,79
2011	6396,9	6413,42	1,60	0,01	5,32	9,02	14,94
2012	6467,9	6413,42	1,60	0,01	5,36	9,10	15,09
2013	6539,7	6413,42	1,60	0,01	5,40	9,18	15,24
2014	6612,3	6413,42	1,60	0,01	5,44	9,27	15,39
2015	6685,7	6413,42	1,60	0,01	5,48	9,35	15,54
2016	6759,9	6413,42	1,60	0,01	5,53	9,44	15,70
2017	6834,9	6413,42	1,60	0,01	5,57	9,52	15,85
2018	6910,8	6413,42	1,60	0,01	<b>5,61</b>	<b>9,61</b>	16,01
2019	6987,5	6413,42	1,60	0,01	5,66	9,70	16,17
2020	7065,1	6413,42	1,60	0,01	5,70	9,79	16,33
2021	7143,5	6413,42	1,60	0,01	5,75	9,88	16,50
2022	7222,8	6413,42	1,60	0,01	5,79	9,97	16,66
2023	7303,0	6413,42	1,60	0,01	5,84	10,07	16,83
2024	7384,0	6413,42	1,60	0,01	5,89	10,16	17,00
2025	7466,0	6413,42	1,60	0,01	5,93	10,25	17,17
2026	7548,8	6413,42	1,60	0,01	5,98	10,35	17,34

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE PACOTI</b>	<b>30/10/16</b>
	<b>ESTUDO POPULACIONAL E DE DEMANDA</b>	<b>v.1</b>

2027	7632,6	6413,42	1,60	0,01	6,03	10,45	17,52
2028	7717,4	6413,42	1,60	0,01	6,08	10,55	17,69
2029	7803,0	6413,42	1,60	0,01	6,13	10,65	17,87
2030	7889,6	6413,42	1,60	0,01	6,18	10,75	18,05
2031	7977,2	6413,42	1,60	0,01	6,23	10,85	18,23
2032	8065,8	6413,42	1,60	0,01	6,28	10,95	18,42
2033	8155,3	6413,42	1,60	0,01	6,33	11,05	18,60
2034	8245,8	6413,42	1,60	0,01	6,39	11,16	18,79
2035	8337,3	6413,42	1,60	0,01	6,44	11,26	18,98
2036	8429,9	6413,42	1,60	0,01	6,49	11,37	19,18
2037	8523,5	6413,42	1,60	0,01	6,55	11,48	19,37
2038	8618,1	6413,42	1,60	0,01	6,60	11,59	<b>19,57</b>

Tabela 04- Resumo das vazões para a sede de Pacoti

<b>SEDE DE PACOTI</b>					
	<b>Q (l/s)</b>	<b>Q (m³/s)</b>	<b>(m³/min)</b>	<b>Q(m³/h)</b>	<b>Q(m³/d)</b>
<b>Máx</b>	19,57	0,0196	1,17	70,45	1690,68
<b>Méd</b>	9,61	0,0096	0,58	34,60	830,51
<b>Mín</b>	5,61	0,0056	0,34	20,21	484,97

### 3.2 - Vazões por Sub-bacia

Tabela 05 - Vazões para SB Alho ao longo do horizonte de projeto

<b>ANO</b>	<b>POP (hab)</b>	<b>L<sub>Rede</sub> (m)</b>	<b>Vazão (L/s) - SB ALHO</b>				
			<b>Q<sub>INF</sub></b>	<b>Q<sub>PON</sub></b>	<b>Q<sub>MÍN</sub></b>	<b>Q<sub>MÉD</sub></b>	<b>Q<sub>MÁX</sub></b>
2010	468,6	475,07	0,12	0,01	0,40	0,67	1,11
2011	473,8	475,07	0,12	0,01	0,40	0,68	1,12
2012	479,1	475,07	0,12	0,01	0,41	0,68	1,13
2013	484,4	475,07	0,12	0,01	0,41	0,69	1,14
2014	489,8	475,07	0,12	0,01	0,41	0,70	1,15
2015	495,2	475,07	0,12	0,01	0,42	0,70	1,16
2016	500,7	475,07	0,12	0,01	0,42	0,71	1,17
2017	506,3	475,07	0,12	0,01	0,42	0,72	1,18
2018	511,9	475,07	0,12	0,01	<b>0,43</b>	<b>0,72</b>	1,20
2019	517,6	475,07	0,12	0,01	0,43	0,73	1,21
2020	523,3	475,07	0,12	0,01	0,43	0,73	1,22
2021	529,1	475,07	0,12	0,01	0,44	0,74	1,23
2022	535,0	475,07	0,12	0,01	0,44	0,75	1,24
2023	541,0	475,07	0,12	0,01	0,44	0,76	1,26
2024	547,0	475,07	0,12	0,01	0,45	0,76	1,27
2025	553,0	475,07	0,12	0,01	0,45	0,77	1,28
2026	559,2	475,07	0,12	0,01	0,45	0,78	1,29

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE PACOTI</b>	<b>30/10/16</b>
	<b>ESTUDO POPULACIONAL E DE DEMANDA</b>	<b>v.1</b>

2027	565,4	475,07	0,12	0,01	0,46	0,78	1,31
2028	571,7	475,07	0,12	0,01	0,46	0,79	1,32
2029	578,0	475,07	0,12	0,01	0,46	0,80	1,33
2030	584,4	475,07	0,12	0,01	0,47	0,81	1,35
2031	590,9	475,07	0,12	0,01	0,47	0,81	1,36
2032	597,5	475,07	0,12	0,01	0,47	0,82	1,37
2033	604,1	475,07	0,12	0,01	0,48	0,83	1,39
2034	610,8	475,07	0,12	0,01	0,48	0,84	1,40
2035	617,6	475,07	0,12	0,01	0,49	0,84	1,42
2036	624,4	475,07	0,12	0,01	0,49	0,85	1,43
2037	631,4	475,07	0,12	0,01	0,49	0,86	1,44
2038	638,4	475,07	0,12	0,01	0,50	0,87	<b>1,46</b>

Tabela 06 - Resumo das vazões para SB Alho

<b>SB ALHO</b>					
	<b>Q (l/s)</b>	<b>Q (m³/s)</b>	<b>(m³/min)</b>	<b>Q(m³/h)</b>	<b>Q(m³/d)</b>
<b>Máx</b>	1,46	0,0015	0,09	5,25	126,07
<b>Méd</b>	0,72	0,0007	0,04	2,60	62,35
<b>Mín</b>	0,43	0,0004	0,03	1,53	36,76

Tabela 07 - Vazões para SB 13 de Maio ao longo do horizonte de projeto

<b>ANO</b>	<b>POP (hab)</b>	<b>L<sub>Rede</sub> (m)</b>	<b>Vazão (L/s) - SB 13 DE MAIO</b>				
			<b>Q<sub>INF</sub></b>	<b>Q<sub>PON</sub></b>	<b>Q<sub>MÍN</sub></b>	<b>Q<sub>MÉD</sub></b>	<b>Q<sub>MÁX</sub></b>
2010	5858,0	5938,35	1,48	0,00	4,87	8,26	13,69
2011	5923,0	5938,35	1,48	0,00	4,91	8,34	13,82
2012	5988,8	5938,35	1,48	0,00	4,95	8,42	13,96
2013	6055,3	5938,35	1,48	0,00	4,99	8,49	14,10
2014	6122,5	5938,35	1,48	0,00	5,03	8,57	14,24
2015	6190,4	5938,35	1,48	0,00	5,07	8,65	14,38
2016	6259,2	5938,35	1,48	0,00	5,11	8,73	14,52
2017	6328,6	5938,35	1,48	0,00	5,15	8,81	14,67
2018	6398,9	5938,35	1,48	0,00	<b>5,19</b>	<b>8,89</b>	14,82
2019	6469,9	5938,35	1,48	0,00	5,23	8,97	14,96
2020	6541,7	5938,35	1,48	0,00	5,27	9,06	15,11
2021	6614,3	5938,35	1,48	0,00	5,31	9,14	15,26
2022	6687,8	5938,35	1,48	0,00	5,35	9,23	15,42
2023	6762,0	5938,35	1,48	0,00	5,40	9,31	15,57
2024	6837,0	5938,35	1,48	0,00	5,44	9,40	15,73
2025	6912,9	5938,35	1,48	0,00	5,49	9,49	15,89
2026	6989,7	5938,35	1,48	0,00	5,53	9,57	16,05
2027	7067,3	5938,35	1,48	0,00	5,57	9,66	16,21
2028	7145,7	5938,35	1,48	0,00	5,62	9,76	16,37

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>		<b>Data</b>
	<b>SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE PACOTI</b>		<b>30/10/16</b>
	<b>ESTUDO POPULACIONAL E DE DEMANDA</b>		<b>v.1</b>

2029	7225,0	5938,35	1,48	0,00	5,67	9,85	16,54
2030	7305,2	5938,35	1,48	0,00	5,71	9,94	16,70
2031	7386,3	5938,35	1,48	0,00	5,76	10,03	16,87
2032	7468,3	5938,35	1,48	0,00	5,81	10,13	17,04
2033	7551,2	5938,35	1,48	0,00	5,85	10,22	17,22
2034	7635,0	5938,35	1,48	0,00	5,90	10,32	17,39
2035	7719,8	5938,35	1,48	0,00	5,95	10,42	17,57
2036	7805,5	5938,35	1,48	0,00	6,00	10,52	17,75
2037	7892,1	5938,35	1,48	0,00	6,05	10,62	17,93
2038	7979,7	5938,35	1,48	0,00	6,10	10,72	<b>18,11</b>

Tabela 08 - Resumo das vazões para SB 13 de Maio

<b>SB 13 DE MAIO</b>					
	<b>Q (l/s)</b>	<b>Q (m³/s)</b>	<b>(m³/min)</b>	<b>Q(m³/h)</b>	<b>Q(m³/d)</b>
<b>Máx</b>	18,11	0,01811	1,09	65,19	1564,61
<b>Méd</b>	8,89	0,00889	0,53	32,01	768,16
<b>Mín</b>	5,19	0,00519	0,31	18,68	448,21

### **8.3 Estação Elevatória de Esgoto – EEE Alho**

#### **8.3.1 Dados iniciais**

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>PROJETO BÁSICO DE READEQUAÇÃO DAS ETE'S DE PACOTI (EEE ALHO)</b>	<b>29/06/17</b>
	<b>DADOS INICIAIS</b>	<b>v.1</b>

## 1 - DADOS INICIAIS DO PROJETO

População de final de Plano	<b>P<sub>F</sub></b>	638,4 hab
População de início de Plano	<b>P<sub>I</sub></b>	511,9 hab
Consumo per capita	<b>q</b>	125 L/hab.d
Coeficiente de retorno	<b>C</b>	0,8 -
Coeficiente do dia de maior consumo	<b>k<sub>1</sub></b>	1,2 -
Coeficiente da hora de maior consumo	<b>k<sub>2</sub></b>	1,5 -
Cpeficiente da hora de menor consumo	<b>k<sub>3</sub></b>	0,5 -
Taxa de infiltração	<b>Ti</b>	0,00025 L/s.m
Comprimento da rede	<b>L</b>	475,07 m
Vazões pontuais de final de plano	<b>Q<sub>pF</sub></b>	0,010 L/s

## 2 - VAZÕES DE PROJETO

Tabela 01 - Vazões de final de plano

<b>ETAPA ÚNICA</b>					
	<b>Q (l/s)</b>	<b>Q (m³/s)</b>	<b>(m³/min)</b>	<b>Q(m³/h)</b>	<b>Q(m³/d)</b>
<b>Máx</b>	1,46	0,00146	0,09	5,25	126,04
<b>Méd</b>	0,72	0,00072	0,04	2,60	62,32
<b>Mín</b>	0,43	0,00043	0,03	1,53	36,72

### 8.3.2 Linha de Recalque

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>PROJETO BÁSICO DE READEQUAÇÃO DAS ETE'S DE PACOTI (EEE ALHO)</b>	<b>29/06/17</b>
	<b>LINHA DE RECALQUE e CONJUNTO MOTOR-BOMBA</b>	<b>v.1</b>

## LINHA DE RECALQUE

### a) Vazões de dimensionamento

Conforme item 5.5.6.3 da SPO-024, a vazão mínima de dimensionamento para elevatórias deverá ser de 5 L/s, mesmo que a contribuição máxima de final de plano seja menor. Neste projeto, adotou-se o valor determinado pela norma da Cagece para o dimensionamento da linha de recalque e conjunto motor-bomba. As vazões são apresentadas a seguir:

Tabela 02 - Vazões de final de plano

<b>FINAL DE PLANO</b>				
	<b>Q (l/s)</b>	<b>Q (m³/s)</b>	<b>Q(m³/h)</b>	<b>(m³/min)</b>
<b>Máx</b>	5,00	0,00500	18,00	0,30
<b>Méd</b>	0,72	0,00072	2,60	0,04
<b>Mín</b>	0,43	0,00043	1,53	0,03

### b) Diâmetro econômico

Para o cálculo do diâmetro econômico, foi utilizada a equação de Bresse. Este é um tratamento simples e aproximado do problema de dimensionamento econômico da tubulação de recalque em instalações que funcionam ininterruptamente 24 horas por dia. É dada por:

$$D_{ref} = k \cdot \sqrt{Q_B}$$

Em que:

Constante de Bresse, geralmente assume valores entre 0,7 e 1,3. Depende de fatores como custos de material, mão-de-obra, operação e manutenção do sistema.

k = 1,3

Vazão de dimensionamento

Q = 0,0050 m³/s

Diâmetro econômico

D<sub>econ</sub> = 92 mm

A partir do diâmetro econômico obtido, adotou-se então o material e o diâmetro comercial/nominal imediatamente próximo ao valor calculado para os trechos da elevatória. Em seguida foram calculadas as velocidades nas tubulações por meio da equação abaixo:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi \cdot \frac{D^2}{4}} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2}$$

Assim,

Tabela 04 - Verificação das velocidades

	<b>D<sub>N</sub> (mm)</b>	<b>Material</b>	<b>D<sub>ext</sub> (mm)</b>	<b>e<sub>mat</sub> (mm)</b>	<b>e<sub>rev</sub> (mm)</b>	<b>D<sub>int</sub> (mm)</b>	<b>Q (m³/s)</b>	<b>v (m/s)</b>
Subida	100	FoFo	118	6,00	2,50	101,0	0,0050	0,6
Barrilete	100	FoFo	118	6,00	2,50	101,0	0,0050	0,6
Recalque	100	DeFoFo	118	4,80	0,00	108,4	0,0050	0,5

Os valores de velocidade calculados estão entre os valores 0,6 e 1,5 m/s, intervalo determinado pela NBR 12208/1992 e pela SPO-024.

### c) Perda de carga distribuída

Para o cálculo da perda de carga ocasionada pela resistência ao movimento do esgoto na tubulação, também

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>PROJETO BÁSICO DE READEQUAÇÃO DAS ETE'S DE PACOTI (EEE ALHO)</b>	<b>29/06/17</b>
	<b>LINHA DE RECALQUE e CONJUNTO MOTOR-BOMBA</b>	<b>v.1</b>

chamada de perda de carga distribuída, foi utilizada a fórmula empírica de Hazem-Williams. Segundo Azevedo Netto (1998), esta fórmula é consagrada pela tradição de bons resultados e simplicidade de uso via tabelas. A equação é dada abaixo:

$$h_{\text{dist}} = \frac{10,64 \cdot Q^{1,85} \cdot L}{C^{1,85} \cdot D^{4,87}}$$

Onde:

- $h_{\text{dist}}$  Perda de carga distribuída (m)  
 $Q$  Vazão de bombeamento da elevatória ( $\text{m}^3/\text{s}$ );  
 $L$  Comprimento do trecho considerado (m);  
 $D$  Diâmetro da tubulação (m).  
 $C$  Coeficiente de rugosidade de Hazem-Williams, retirado de Azevedo Netto (1998) e Porto (2006). Os valores de  $C$  são dados em função do material da tubulação e do tempo de uso.

Tabela 05 - Coeficientes de rugosidade de Hazem-Williams

Material	$C_{\text{NOVO}}$	$C_{\text{VELHO}}$	Material	$C_{\text{NOVO}}$	$C_{\text{VELHO}}$
Aço corrugado	60	-	Concreto comum	130	110
Aço galvanizado rosc.	125	100	FoFo epóxico	140	120
Aço rebitado novo	110	80	FoFo cimentado	130	105
Aço soldado	125	90	Manilha cerâmica	110	110
Aço soldado epóxico	140	115	Latão	130	130
Chumbo	130	120	Aduelas de madeira	120	110
Cimento amianto	140	120	Tijolos	100	90
Cobre	140	130	Vidro	140	140
Concreto bem acabado	130	-	PVC/DeFoFo	140	130

Fonte: Azevedo Netto (1998) e Porto (2006)

A equação acima também pode ser reescrita em função da vazão, a fim de possibilitar o cálculo do coeficiente  $C_{\text{dist}}$  utilizado para a elaboração da curva do sistema mais adiante. Assim:

$$h_{\text{dist}} = \frac{10,64 \cdot Q^{1,85} \cdot L}{C^{1,85} \cdot D^{4,87}} = Q^{1,85} \cdot \left( \frac{10,64 \cdot L}{C^{1,85} \cdot D^{4,87}} \right)$$

$$\boxed{h}_{\text{dist}} = \left( \frac{10,64 \cdot L}{C^{1,85} \cdot D^{4,87}} \right)$$

$$h_{\text{dist}} = Q^{1,85} \cdot \boxed{h}_{\text{dist}}$$

Portanto,

Tabela 06 - Perdas de carga distribuídas

	$Q$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	$D$ (m)	$C$	$L$ (m)	$j$ (m/km)	$h_{\text{dist}}$ (m)	$C_{\text{dist}}$
Subida	0,0050	0,101	105	2,52	7,58	0,02	345,7687
Barrilete	0,0050	0,101	105	4,26	7,58	0,03	583,8614
Recalque	0,0050	0,108	130	396,94	3,62	1,44	25958,4458
					<b>SOMA</b>	<b>1,49</b>	<b>26888,0760</b>

#### d) Perda de carga localizada

As canalizações são também constituídas por peças especiais e conexões, que pela sua forma ou posição, elevam a turbulência do escoamento, provocam atritos e causam o choque de partículas, dando origem a perdas de carga

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>PROJETO BÁSICO DE READEQUAÇÃO DAS ETE'S DE PACOTI (EEE ALHO)</b>	<b>29/06/17</b>
	<b>LINHA DE RECALQUE e CONJUNTO MOTOR-BOMBA</b>	<b>v.1</b>

localizadas. Para o equacionamento dessas perdas, utilizou-se a equação abaixo:

$$h_{loc} = \Sigma k \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Em que:

- $h_{loc}$  Perda de carga localizada (m);  
 $v$  Velocidade do esgoto no trecho considerado (m/s);  
 $g$  Aceleração da gravidade (m/s<sup>2</sup>).  
 $\Sigma k$  Somatório dos coeficientes das singularidades, retirados de Azevedo Netto (1998) e Porto (2006);

Tabela 07 - Valores dos coeficientes k

Acessórios	k	Subida		Barrilete		Recalque	
		Qtd	Total	Qtd	Total	Qtd	Total
Ampliação gradual	0,19	1	0,19		0		0
Bocais	2,75		0		0		0
Comporta aberta	1,00		0		0		0
Controlador de vazão	2,50		0		0		0
Cotovelo de 90°	0,90		0		0		0
Cotovelo de 45°	0,40		0		0		0
Crivo	0,75		0		0		0
Curva de 90°	0,40	1	0,4	1	0,4	5	2
Curva de 45°	0,20		0		0	5	1
Curva de 22,5°	0,10		0		0	7	0,7
Entrada nominal	0,50	1	0,5		0		0
Entrada de borda	1,00		0		0		0
Pequena derivação	0,03		0		0		0
Junção	0,40		0		0		0
Medidor de venturi	2,50		0		0		0
Redução gradual	0,15		0		0		0
Saída de canalização	1,00		0		0	1	1
Tê, passagem direta	0,90		0	2	1,8	14	12,6
Tê, saída de lado	1,30		0		0		0
Tê, saída bilateral	1,80		0	1	1,8		0
Válv. de ângulo aberto	5,00		0		0		0
Válv. de gaveta aberta	0,20		0	2	0,4	6	1,2
Válv. borboleta aberta	0,30		0		0		0
Válv. pé com crivo	2,50		0		0		0
Válv. de retenção	3,00		0	1	3		0
Válv. de globo aberta	10,00		0		0		0
Velocidade	1,00	1	1	1	1	1	1
<b>SOMA</b>			<b>2,09</b>		<b>8,4</b>		<b>19,5</b>

Fonte: Azevedo Netto (1998) e Porto (2006)

A equação descrita acima também pode ser reescrita em função da vazão, a fim de possibilitar o cálculo do coeficiente  $C_{loc}$  utilizado para a elaboração da curva do sistema mais adiante. Assim:

$$h_{loc} = \Sigma k \cdot \frac{Q^2}{A^2 \cdot 2g} = \Sigma k \cdot \frac{16 \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot D^4 \cdot 2g} = Q^2 \cdot \left( \Sigma k \cdot \frac{8}{\pi^2 \cdot D^4 \cdot g} \right)$$

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>PROJETO BÁSICO DE READEQUAÇÃO DAS ETE'S DE PACOTI (EEE ALHO)</b>	<b>29/06/17</b>
	<b>LINHA DE RECALQUE e CONJUNTO MOTOR-BOMBA</b>	<b>v.1</b>

$$K_{loc} = \left( \sum k \cdot \frac{8}{\pi^2 \cdot D^4 \cdot g} \right)$$

$$h_{loc} = Q^2 \cdot K_{loc}$$

Portanto,

Tabela 08 - Perdas de carga localizadas

	$\Sigma k$	$v$ (m/s)	$g$ (m/s <sup>2</sup> )	$h_{loc}$ (m)	$C_{loc}$
Subida	2,09	0,624	9,81	0,041488	1659,518
Barrilete	8,40	0,624	9,81	0,1667458	6669,834
Recalque	19,50	0,542	9,81	0,2917284	11669,136
	<b>SOMA</b>			<b>0,50</b>	<b>19998,489</b>

#### e) Altura geométrica e manométrica

O desnível geométrico é a diferença entre a cota mais elevada da linha de recalque e o nível mínimo do poço de sucção da estação elevatória. É dada pela seguinte equação:

$$H_g = C_{\max} - C_{\min}$$

Sendo:

Cota do nível mínimo do poço de sucção	$C_{\min}$	722,580 m
Cota do ponto mais elevado da linha de recalque	$C_{\max}$	729,388 m
Coefficiente de segurança	$f$	1,50 m
Assim, o desnível geométrico será	$H_g$	8,31 m

A altura manométrica é a carga que deve ser vencida pela bomba, quando o líquido está sendo bombeado. Para a sua determinação deve ser considerada a equação abaixo:

$$AMT = H_g + h_{dist} + h_{loc}$$

Em que:

Desnível geométrico	$H_g$	8,31 m
Perda de carga distribuída	$h_{dist}$	1,49 m
Perda de carga localizada	$h_{loc}$	0,50 m
Portanto, a altura manométrica será	$AMT$	10,30 m

#### f) Ponto de operação

Decidida as principais características do projeto, resta a escolha do conjunto motor-bomba que cumpra o trabalho de elevação nas condições assim fixadas. Para melhor decisão a respeito da escolha do conjunto motobomba, é necessário traçar a curva da bomba selecionada e a curva característica do sistema, que é decorrente da equação da altura manométrica.

$$AMT = H_g + h_{dist} + h_{loc} \quad \text{ou}$$

$$AMT = H_g + Q^{1,85} \cdot C_{dist} + Q^2 \cdot C_{loc}$$

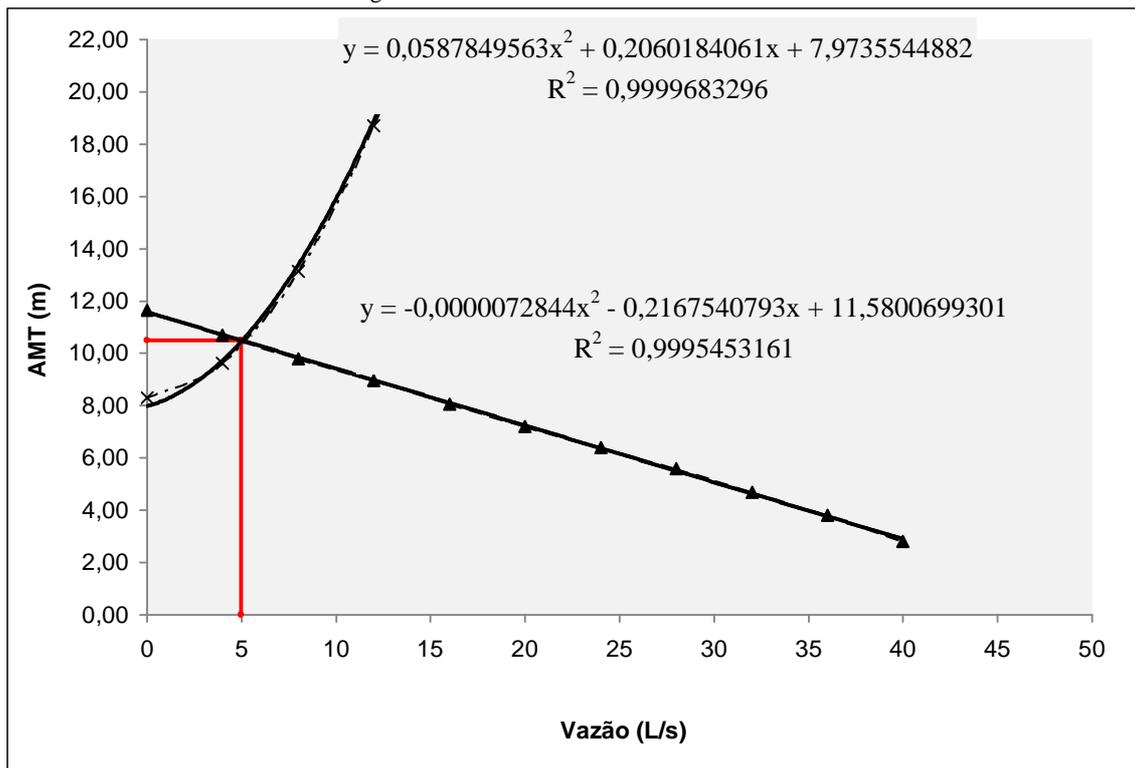
$$AMT = 8,31 + 26888,08 Q(1,85) + 19998,49 Q(2)$$

Tabela 12 - Valores para cálculo do ponto de operação

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>PROJETO BÁSICO DE READEQUAÇÃO DAS ETE'S DE PACOTI (EEE ALHO)</b>	<b>29/06/17</b>
	<b>LINHA DE RECALQUE e CONJUNTO MOTOR-BOMBA</b>	<b>v.1</b>

Vazão (l/s)	AMT (m)	BOMBA (m)
0	8,31	11,65
4	9,61	10,70
8	13,14	9,80
12	18,70	8,95
16	26,23	8,05
20	35,65	7,20
24	46,93	6,40
28	60,03	5,60
32	74,93	4,70
36	91,60	3,80
40	110,03	2,80

Figura 02 - Curva do sistema x Curva da bomba



**g) Ponto de operação**

O ponto de operação encontrado através da interseção da curva do sistema vs a curva da bomba é:

Vazão de bombeamento

$Q_{bom}$  5,2 L/s

Altura manométrica

AMT 10,5 mca

**h) Potência do conjunto motor-bomba**

A potência recebida pelo motor é expressa matematicamente por:

$$Pot = \frac{\gamma \cdot Q_{bom} \cdot AMT}{75 \cdot n_D \cdot n_M}$$

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>PROJETO BÁSICO DE READEQUAÇÃO DAS ETE'S DE PACOTI (EEE ALHO)</b>	<b>29/06/17</b>
	<b>LINHA DE RECALQUE e CONJUNTO MOTOR-BOMBA</b>	<b>v.1</b>

$$P_{\text{cal}} = \frac{Q_{\text{bom}} \cdot \eta_B \cdot \eta_M}{f}$$

Em que:

Vazão de bombeamento	$Q_{\text{bom}}$	5,2 L/s
Altura manométrica	AMT	10,50 m
Rendimento Do conj. Moto-bomba	$\eta_B$	25,6 %
Peso específico do líquido	$\gamma$	1000 kgf/m <sup>3</sup>
Assim, o valor da potência calculada será	Pot	2,84 cv
Bomba de 4 polos	Rotação	1740 rpm
	$f$	1,30

Conforme orientação da SPO-024, adotou-se um fator de segurança que varia de acordo com o valor da potência calculada inicialmente.

Tabela 13 - Fatores de segurança

Pot <sub>cal</sub> (cv)	f
2	1,50
2 a 5	1,30
5 a 10	1,20
10 a 20	1,15
20	1,10

Fonte: SPO-024 (2014)

Assim, a potência recalculada será

Pot	3,70 cv	ou
Pot	3,65 HP	

Baseado na tabela abaixo, foi adotada a seguinte potência comercial

Pot <sub>COMER</sub>	5,00 HP
----------------------	---------

Tabela 14 - Potências comerciais de motores

HP	kw	HP	kw	HP	kw	HP	kw
2	1,5	12,5	9,2	60	45	250	185
3	2,2	15	11	75	55	300	220
4	3	20	15	100	75	350	260
5	3,7	25	18,5	125	90	400	300
6	4,5	30	22	150	110	450	330
7,5	5,5	40	30	175	12	500	370
10	7,5	50	37	200	150	550	400

Fonte: WEG (2014)

#### i) Valores corrigidos

No ponto de operação, os novos valores de perda de carga e velocidade na tubulação serão:

Perda de carga linear	j	3,89	m/km
Velocidade	v	0,65	m/s

### 8.3.3 Poço de sucção

	COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ	Data
	PROJETO BÁSICO DE READEQUAÇÃO DAS ETE'S DE PACOTI (EEE ALHO)	29/06/17
	POÇO DE SUÇÃO	v.1

## POÇO DE SUÇÃO

### a) Volume útil

É o volume compreendido entre os níveis máximo e mínimo de operação das bombas. Este volume é dado pela seguinte equação:

$$V_u = \frac{T \cdot Q_{bom}}{4}$$

Em que:

Vazão de bombeamento	$Q_{bom}$	0,0052 m <sup>3</sup> /s
Tempo de ciclo - menor tempo entre duas partidas sucessivas do motor. Não deve ser inferior a 10 minutos, conforme SPO-024.	T	10 min
Assim, o volume útil calculado será	$V_u$	0,78 m <sup>3</sup>

### b) Altura útil

É a diferença entre os níveis máximo e mínimo de operação das bombas. É obtido pela divisão entre o volume útil e a área do poço de sucção. A SPO-024 define como 0,50 metros como altura útil mínima. Para o cálculo da área de poços retangulares, a mesma norma fixa dimensão mínima de 2 metros. A altura útil é calculada por:

$$h = \frac{V_u}{A} = \frac{4 \cdot V_u}{\pi \cdot D^2}$$

Diâmetro adotado no poço de sucção	D	2,30 m
Área do poço de sucção	A	4,15 m
Altura útil calculada	h	0,19 m
Altura útil adotada	$h_{adot}$	0,50 m

Devido a adoção de uma altura útil superior a calculada, recalculou-se o valor do volume útil pela fórmula abaixo:

$$V_u = h_{adot} \cdot A = h_{adot} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

O volume corrigido e definitivo será então	$V_u$	2,08 m <sup>3</sup>
--------------------------------------------	-------	---------------------

### c) Volume morto

É o volume compreendido entre o fundo do poço de sucção e o nível mínimo de operação da bomba. É dado pela equação a seguir:

$$V_{morto} = sub_{mín} \cdot A = sub_{mín} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Onde:

Submergência mínima fornecida pelo fabricante	$sub_{mín}$	0,40 m
-----------------------------------------------	-------------	--------

	COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ	Data
	PROJETO BÁSICO DE READEQUAÇÃO DAS ETE'S DE PACOTI (EEE ALHO)	29/06/17
	POÇO DE SUÇÃO	v.1

Portanto, o volume morto do poço de sucção será:  $V_m$  1,66 m<sup>3</sup>

#### d) Volume efetivo

É o volume compreendido entre o fundo do poço (tomada das bombas) e o nível médio de operação (metade da altura útil). É dado pela equação a seguir:

$$V_e = V_m + \frac{V_u}{2}$$

Portanto, o volume efetivo será:  $V_e$  2,70 m<sup>3</sup>

#### e) Tempo médio de detenção hidráulica

É a relação entre o volume efetivo e a vazão média de início de plano. Este tempo deve ser inferior a 30 min, conforme orienta a NBR 12208/1992, a fim de se evitar a septicidade do esgoto. Para elevatórias projetadas com as dimensões mínimas, a SPO-024 permite TDH's superiores a este valor. Assim,

$$TDH = \frac{V_e}{Q_{méd-i}}$$

Tempo de detenção hidráulica  $TDH$  62,41 min

#### f) Ciclo de funcionamento

Como mencionado anteriormente, o tempo de ciclo é o menor tempo entre duas partidas sucessivas do motor. Não deve ser inferior a 10 minutos, conforme prevê item 5.7.2 da SPO-024. O tempo de ciclo também é dado pela soma dos tempos de parada e funcionamento da bomba, expresso por:

$$T_c = T_p + T_f$$

O tempo de parada  $T_p$  é o tempo necessário para encher o poço se sucção. É dado pela divisão entre o volume útil e a vazão afluyente ao poço:

$$T_p = \frac{V_u}{Q_a}$$

O tempo de funcionamento  $T_f$  é o tempo necessário para esvaziar o poço de sucção. É dado pela razão entre o volume útil e a diferença entre as vazões de bombeamento e afluyente:

$$T_f = \frac{V_u}{Q_{bom} - Q_a}$$

Assim,

	COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ	Data
	PROJETO BÁSICO DE READEQUAÇÃO DAS ETE'S DE PACOTI (EEE ALHO)	29/06/17
	POÇO DE SUCCÃO	v.1

Tabela 22 - Verificação dos tempos de ciclo

$Q_a$ (L/s)	$T_p$ (min)	$T_f$ (min)	$T_c$ (min)
0,52	66,6	7,4	74,0
1,04	33,3	8,3	41,6
1,56	22,2	9,5	31,7
2,08	16,6	11,1	27,7
<b>2,60</b>	<b>13,3</b>	<b>13,3</b>	<b>26,6</b>
3,12	11,1	16,6	27,7
3,64	9,5	22,2	31,7
4,16	8,3	33,3	41,6
4,68	7,4	66,6	74,0
<b><math>T_{c_{\min}}</math> (min)</b>			<b>26,6</b>

O tempo de ciclo mínimo ocorre quando a vazão afluyente ao poço de sucção for igual a metade da vazão de bombeamento. Portanto,

Tempo de ciclo mínimo  $T_c$  26,6 min

**g) Número de partidas por hora**

O número de partidas/hora de uma bomba é dado pela divisão entre a quantidade de minutos equivalente a 1 hora e o tempo de ciclo mínimo obtido. Este valor deve ser menor que 6 partidas, número equivalente a um tempo de ciclo de 10 minutos.

$$N = \frac{60 \text{ min}}{T_c}$$

Número de partidas/hora  $N$  2,25 partidas

#### 8.3.4 Perfil da LR



COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ

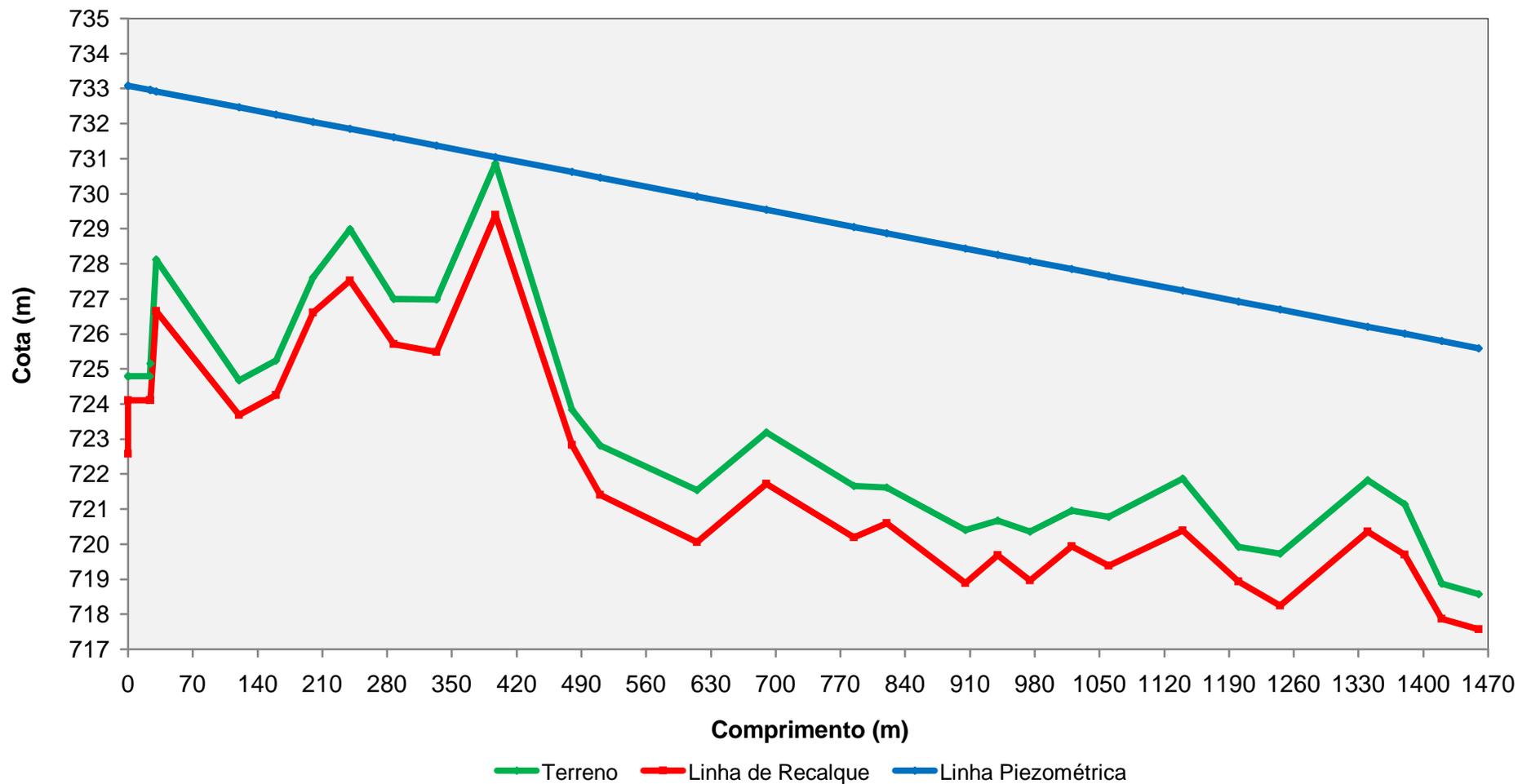
PROJETO BÁSICO DE READEQUAÇÃO DAS ETE'S DE PACOTI (EEE ALHO)

PERFIL DA LINHA DE RECALQUE

DATA

29/6/2017

v.1

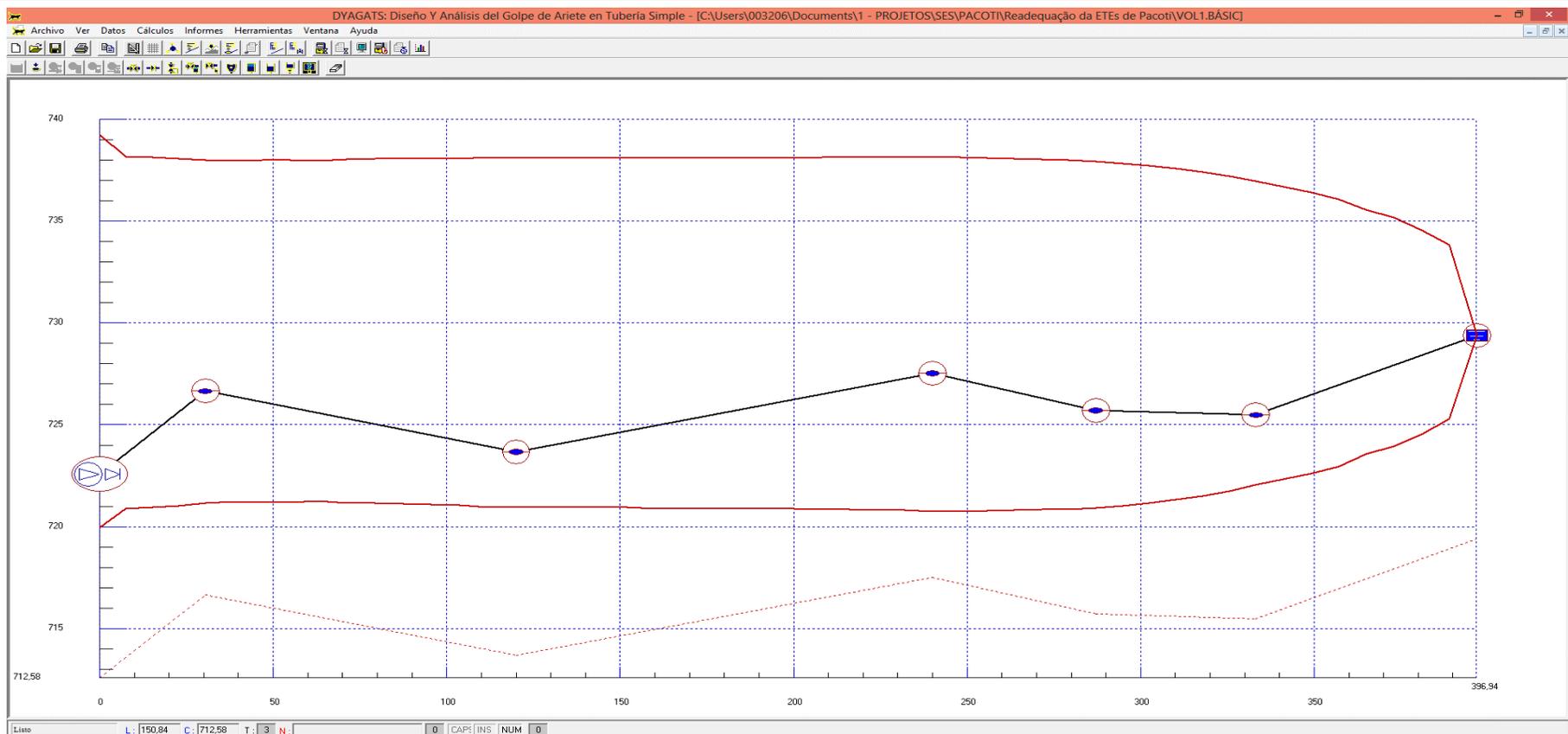


### 8.3.5 Estudio de Transientes



**COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ**  
**PROJETO BÁSICO DE READEQUAÇÃO DAS ETE'S DE PACOTI (EEE ALHO)**  
**GRÁFICO DAS ENVOLTÓRIAS - SEM PROTEÇÃO**

**DATA**  
**29/6/2017**  
**v.1**



	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>PROJETO BÁSICO DE READEQUAÇÃO DAS ETE'S DE PACOTI (EEE ALHO)</b>	<b>29/06/17</b>
	<b>RESULTADOS - SEM PROTEÇÃO</b>	<b>v.1</b>

## RESULTADOS

### REGIMEN PERMANENTE

Caudal Régimen (m <sup>3</sup> /seg)	0,0052
Altura que da la Bomba (m)	8,03
Rendimiento Bomba (%)	80

<b>PRESIONES POR TRAMO</b>	<b>Tramo 1</b>	<b>Tramo 2</b>	<b>Tramo 3</b>	<b>Tramo 4</b>	<b>Tramo 5</b>
Altura inicial (m)	730,606	730,512	730,237	729,869	729,725
Altura final (m)	730,512	730,237	729,869	729,725	729,583

<b>PRESIONES POR TRAMO</b>	<b>Tramo 6</b>
Altura inicial (m)	729,583
Altura final (m)	729,388

### PRESIONES MÁXIMAS Y MÍNIMAS

<b>NODOS TRAMO 1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Presión Máxima (mca)	16,65	14,55	13,50	12,44	11,36
Instante (s)	6,52	6,50	6,47	6,45	6,43
Presión Mínima (mca)	-2,61	-2,71	-3,68	-4,62	-5,48
Instante (s)	8,67	8,65	8,62	8,60	37,54
<b>NODOS TRAMO 2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>11</b>
Presión Máxima (mca)	11,36	11,58	12,39	13,29	14,17
Instante (s)	6,43	6,41	6,34	6,28	6,21
Presión Mínima (mca)	-5,48	-5,17	-4,30	-3,64	-2,98
Instante (s)	37,54	8,56	8,50	8,43	8,37
<b>NODOS TRAMO 3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>14</b>
Presión Máxima (mca)	14,42	14,18	13,17	12,12	11,11
Instante (s)	6,19	6,17	6,09	6,00	5,91
Presión Mínima (mca)	-2,72	-2,99	-4,08	-5,10	-6,19
Instante (s)	8,35	8,32	8,24	8,15	8,07
<b>NODOS TRAMO 4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	
Presión Máxima (mca)	10,61	10,92	11,46	11,99	
Instante (s)	5,87	5,85	5,81	5,76	
Presión Mínima (mca)	-6,77	-6,46	-5,80	-5,16	
Instante (s)	8,02	8,00	7,96	7,92	
<b>NODOS TRAMO 5</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	
Presión Máxima (mca)	12,21	12,16	11,97	11,67	
Instante (s)	5,74	5,72	5,68	5,63	
Presión Mínima (mca)	-4,80	-4,65	-4,27	-3,79	
Instante (s)	7,89	7,87	7,83	7,79	
<b>NODOS TRAMO 6</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
Presión Máxima (mca)	11,47	10,71	9,12	7,23	4,92
Instante (s)	5,61	5,59	5,55	5,50	5,46
Presión Mínima (mca)	-3,42	-3,65	-4,00	-3,99	-3,61
Instante (s)	7,77	7,74	7,70	7,66	7,61

## DATOS DE LOS NUDOS

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>PROJETO BÁSICO DE READEQUAÇÃO DAS ETE'S DE PACOTI (EEE ALHO)</b>	<b>29/06/17</b>
	<b>RESULTADOS - SEM PROTEÇÃO</b>	<b>v.1</b>

<b>Elemento</b>	<b>Nudo 1</b>
Caudal de régimen(m <sup>3</sup> /seg)	0,0052
Diferencia descarga-aspiración(m)	6,808
Altura de aspiración(m)	0
<b>Curva de Altura - Caudal</b>	
Coefficiente A	10,032
Coefficiente B	0
Coefficiente C	74200
<b>Curva de Rendimiento - Caudal</b>	
Coefficiente D	307,69
Coefficiente E	-29586
Velocidad de giro(rpm)	1700
Inercia(Kg·m <sup>2</sup> )	0,0051
Tiempo de desconexión(seg)	0
Tiempo de arranque(seg)	0
Número de bombas	1

<b>Válvula de Alívio</b>	
Altura(m)	80
Sección(m <sup>2</sup> )	347

<b>Válvula de Retención</b>	
Velocidad Mínima (m/seg)	0,2
Tipo de válvula	Bola

<b>Depósito</b>	<b>Nudo 7</b>
Nivel(m)	0

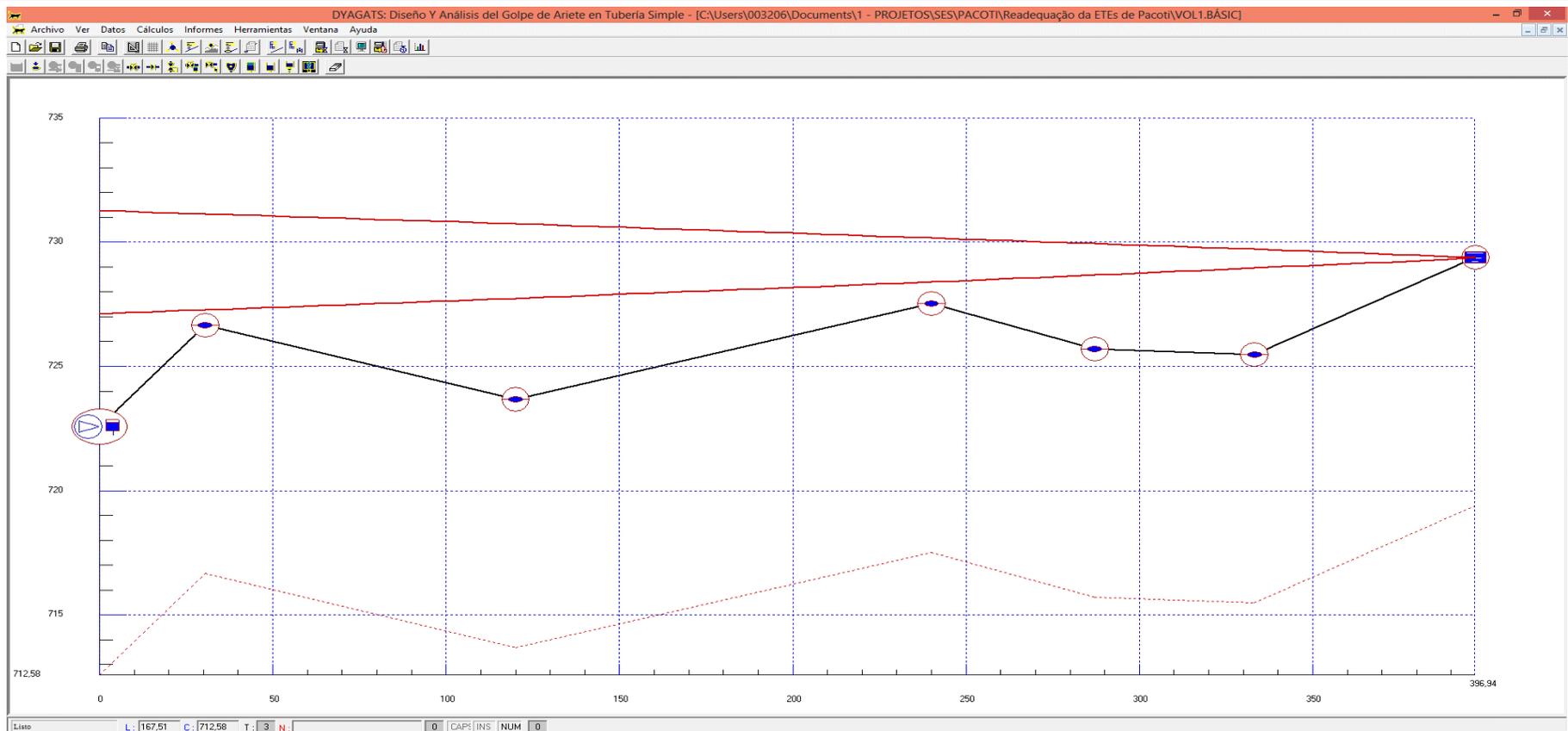
#### NUDOS

<b>Material</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
	<b>PVC Junta elástica Uralita Pn</b>					
Longitud (m)	30,44	89,56	120	47,13	46,05	63,76
Diametro (m)	0,108	0,108	0,108	0,108	0,108	0,108
Espesor (m)	0,0053	0,0053	0,0053	0,0053	0,0053	0,0053
Rugosidad (mm)	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025
Fricción	0	0	0	0	0	0
Modulo Young (MPa)	2950	2950	2950	2950	2950	2950
Cota Inicial (m)	722,58	726,655	723,681	727,525	725,711	725,484
Cota Final (m)	726,655	723,681	727,525	725,711	725,484	729,388
Celeridad (m/seg)	352,6267	377,2697	370,6982	363,9793	355,6386	369,3081



**COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ**  
**PROJETO BÁSICO DE READEQUAÇÃO DAS ETE'S DE PACOTI (EEE ALHO)**  
**GRÁFICO DAS ENVOLTÓRIAS - COM PROTEÇÃO**

**DATA**  
**29/6/2017**  
**v.1**



	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>PROJETO BÁSICO DE READEQUAÇÃO DAS ETE'S DE PACOTI (EEE ALHO)</b>	<b>29/06/17</b>
	<b>RESULTADOS - COM PROTEÇÃO</b>	<b>v.1</b>

### RESULTADOS

#### REGIMEN PERMANENTE

Caudal Régimen (m <sup>3</sup> /seg)	0,0052
Altura que da la Bomba (m)	8,03
Rendimiento Bomba (%)	80

<b>PRESIONES POR TRAMO</b>	<b>Tramo 1</b>	<b>Tramo 2</b>	<b>Tramo 3</b>	<b>Tramo 4</b>	<b>Tramo 5</b>
Altura inicial (m)	730,606	730,512	730,237	729,869	729,725
Altura final (m)	730,512	730,237	729,869	729,725	729,583

<b>PRESIONES POR TRAMO</b>	<b>Tramo 6</b>
Altura inicial (m)	729,583
Altura final (m)	729,388

#### PRESIONES MÁXIMAS Y MÍNIMAS

<b>NODOS TRAMO 1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Presión Máxima (mca)	8,70	7,64	6,58	5,53	4,48
Instante (s)	35,98	35,90	36,67	36,65	36,67
Presión Mínima (mca)	4,54	3,57	2,59	1,60	0,62
Instante (s)	13,42	13,53	12,69	12,67	12,65
<b>NODOS TRAMO 2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>11</b>
Presión Máxima (mca)	4,48	4,72	5,42	6,13	6,83
Instante (s)	36,67	36,67	36,69	36,79	36,82
Presión Mínima (mca)	0,62	0,93	1,87	2,81	3,75
Instante (s)	12,65	12,65	12,74	12,67	12,61
<b>NODOS TRAMO 3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>14</b>
Presión Máxima (mca)	7,06	6,77	5,60	4,42	3,24
Instante (s)	36,84	36,82	36,88	36,94	36,99
Presión Mínima (mca)	4,06	3,85	3,00	2,15	1,30
Instante (s)	12,59	12,57	12,48	12,39	12,31
<b>NODOS TRAMO 4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	
Presión Máxima (mca)	2,65	2,91	3,44	3,97	
Instante (s)	34,96	34,96	35,00	35,06	
Presión Mínima (mca)	0,88	1,22	1,92	2,62	
Instante (s)	12,27	12,25	14,36	14,30	
<b>NODOS TRAMO 5</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	
Presión Máxima (mca)	4,23	4,23	4,23	4,23	
Instante (s)	35,09	35,09	35,13	35,15	
Presión Mínima (mca)	2,97	3,05	3,22	3,39	
Instante (s)	14,28	14,28	14,23	14,19	
<b>NODOS TRAMO 6</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
Presión Máxima (mca)	4,23	3,71	2,65	1,59	0,53
Instante (s)	35,17	35,19	35,19	35,21	35,26
Presión Mínima (mca)	3,48	3,04	2,16	1,28	0,41
Instante (s)	14,17	11,99	11,95	11,90	7,57

### DATOS DE LOS NUDOS

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>PROJETO BÁSICO DE READEQUAÇÃO DAS ETE'S DE PACOTI (EEE ALHO)</b>	<b>29/06/17</b>
	<b>RESULTADOS - COM PROTEÇÃO</b>	<b>v.1</b>

<b>Elemento</b>	<b>Nudo 1</b>
Caudal de régimen(m <sup>3</sup> /seg)	0,0052
Diferencia descarga-aspiración(m)	6,808
Altura de aspiración(m)	0
<b>Curva de Altura - Caudal</b>	
Coefficiente A	10,032
Coefficiente B	0
Coefficiente C	74200
<b>Curva de Rendimiento - Caudal</b>	
Coefficiente D	307,69
Coefficiente E	-29586
Velocidad de giro(rpm)	1700
Inercia(Kg·m <sup>2</sup> )	0,0051
Tiempo de desconexión(seg)	0
Tiempo de arranque(seg)	0
Número de bombas	1

<b>Calderín</b>	
Altura(m)	0,8
Sección(m <sup>2</sup> )	1,04
Profundidad(mca)	0,6
Altura de la	0,2
Perforación en	2000
Perforación	2000

<b>Depósito</b>	<b>Nudo 7</b>
Nivel(m)	0

NUDOS						
Material	1	2	3	4	5	6
	PVC Junta elástica Uralita Pn					
Longitud (m)	30,44	89,56	120	47,13	46,05	63,76
Diametro (m)	0,108	0,108	0,108	0,108	0,108	0,108
Espesor (m)	0,0053	0,0053	0,0053	0,0053	0,0053	0,0053
Rugosidad (mm)	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025
Fricción	0	0	0	0	0	0
Modulo Young (MPa)	2950	2950	2950	2950	2950	2950
Cota Inicial (m)	722,58	726,655	723,681	727,525	725,711	725,484
Cota Final (m)	726,655	723,681	727,525	725,711	725,484	729,388
Celeridad (m/seg)	352,6267	377,2697	370,6982	363,9793	355,6386	369,3081

#### **8.4 Estação Elevatória de Esgoto – EEE 13 de Maio**

##### **8.4.1 Dados iniciais**

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>READEQUAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE PACOTI</b>	<b>11/09/16</b>
	<b>EEE 13 DE MAIO - DADOS INICIAIS</b>	<b>v.1</b>

## 1 - DADOS INICIAIS DO PROJETO

População de final de Plano	<b>P<sub>F</sub></b>	8618,1 hab
População de início de Plano	<b>P<sub>I</sub></b>	6910,8 hab
Consumo per capita	<b>q</b>	125 L/hab.d
Coefficiente de retorno	<b>C</b>	0,8 -
Coefficiente do dia de maior consumo	<b>k<sub>1</sub></b>	1,2 -
Coefficiente da hora de maior consumo	<b>k<sub>2</sub></b>	1,5 -
Coefficiente da hora de menor consumo	<b>k<sub>3</sub></b>	0,5 -
Taxa de infiltração	<b>T<sub>i</sub></b>	0,00025 L/s.m
Comprimento da rede	<b>L</b>	6413,42 m
Vazões pontuais de final de plano	<b>Q<sub>pF</sub></b>	0,01 L/s

## 2 - VAZÕES DE PROJETO

Tabela 01 - Vazões de final de plano

<b>ETAPA ÚNICA</b>					
	<b>Q (l/s)</b>	<b>Q (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>(m<sup>3</sup>/min)</b>	<b>Q(m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Q(m<sup>3</sup>/d)</b>
<b>Máx</b>	19,57	0,01957	1,17	70,44	1690,65
<b>Méd</b>	9,61	0,00961	0,58	34,60	830,47
<b>Mín</b>	5,61	0,00561	0,34	20,21	484,93

#### 8.4.2 Linha de recalque

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>READEQUAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE PACOTI</b>	<b>11/09/16</b>
	<b>EEE 13 DE MAIO - LINHA DE RECALQUE e CMB</b>	<b>v.1</b>

## LINHA DE RECALQUE

### a) Vazões de dimensionamento

Conforme item 5.5.6.3 da SPO-024, a vazão mínima de dimensionamento para elevatórias deverá ser de 5 L/s, mesmo que a contribuição máxima de final de plano seja menor. Neste projeto, adotou-se como vazão de dimensionamento inicial da linha de recalque e conjunto motor-bomba a vazão máxima de final de plano. As vazões para início e final de plano são mostradas abaixo:

Tabela 02 - Vazões de final de plano

ETAPA ÚNICA				
	Q (l/s)	Q (m³/s)	Q(m³/h)	(m³/min)
<b>Máx</b>	19,57	0,01957	70,44	1,17
<b>Méd</b>	9,61	0,00961	34,60	0,58
<b>Mín</b>	5,61	0,00561	20,21	0,34

### b) Diâmetro econômico

Para o cálculo do diâmetro econômico, foi utilizada a equação de Bresse. Este é um tratamento simples e aproximado do problema de dimensionamento econômico da tubulação de recalque em instalações que funcionam ininterruptamente 24 horas por dia. É dada por:

$$D_{ref} = k \cdot \sqrt{Q_B}$$

Em que:

Constante de Bresse, geralmente assume valores entre 0,7 e 1,3. Depende de fatores como custos de material, mão-de-obra, operação e manutenção do sistema.

k 1,3

Vazão de dimensionamento

Q 0,0196 m³/s

Diâmetro econômico

D<sub>econ</sub> 182 mm

A partir do diâmetro econômico obtido, adotou-se então o material e o diâmetro comercial/nominal imediatamente próximo ao valor calculado para os trechos da elevatória. Em seguida foram calculadas as velocidades nas tubulações por meio da equação abaixo:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi \cdot \frac{D^2}{4}} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2}$$

Assim,

Tabela 04 - Verificação das velocidades

	D <sub>N</sub> (mm)	Material	D <sub>ext</sub> (mm)	e <sub>mat</sub> (mm)	e <sub>rev</sub> (mm)	D <sub>int</sub> (mm)	Q (m³/s)	v (m/s)
Subida	200	FoFo	222	6,30	2,50	204,4	0,0196	0,6
Barrilete	200	FoFo	222	6,30	2,50	204,4	0,0196	0,6
Recalque	200	DeFoFo	222	8,90	0,00	204,2	0,0196	0,6

Os valores de velocidade calculados estão entre os valores 0,6 e 1,5 m/s, intervalo determinado pela NBR

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>READEQUAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE PACOTI</b>	<b>11/09/16</b>
	<b>EEE 13 DE MAIO - LINHA DE RECALQUE e CMB</b>	<b>v.1</b>

12208/1992 e pela SPO-024.

### c) Perda de carga distribuída

Para o cálculo da perda de carga ocasionada pela resistência ao movimento do esgoto na tubulação, também chamada de perda de carga distribuída, foi utilizada a fórmula empírica de Hazem-Willams. Segundo Azevedo Netto (1998), esta fórmula é consagrada pela tradição de bons resultados e simplicidade de uso via tabelas.

A equação é dada abaixo:

$$h_{\text{dist}} = \frac{10,64 \cdot Q^{1,85} \cdot L}{C^{1,85} \cdot D^{4,87}}$$

Onde:

- $h_{\text{dist}}$  Perda de carga distribuída (m)  
 $Q$  Vazão de bombeamento da elevatória (m<sup>3</sup>/s);  
 $L$  Comprimento do trecho considerado (m);  
 $D$  Diâmetro da tubulação (m).  
 $C$  Coeficiente de rugosidade de Hazem-Willams, retirado de Azevedo Netto (1998) e Porto (2006). Os valores de  $C$  são dados em função do material da tubulação e do tempo de uso.

Tabela 05 - Coeficientes de rugosidade de Hazem-Willams

Material	C <sub>NOVO</sub>	C <sub>VELHO</sub>	Material	C <sub>NOVO</sub>	C <sub>VELHO</sub>
Aço corrugado	60	-	Concreto comum	130	110
Aço galvanizado rosc.	125	100	FoFo epóxico	140	120
Aço rebitado novo	110	80	FoFo cimentado	130	105
Aço soldado	125	90	Manilha cerâmica	110	110
Aço soldado epóxico	140	115	Latão	130	130
Chumbo	130	120	Aduelas de madeira	120	110
Cimento amianto	140	120	Tijolos	100	90
Cobre	140	130	Vidro	140	140
Concreto bem acabado	130	-	PVC/DeFoFo	140	130

Fonte: Azevedo Netto (1998) e Porto (2006)

A equação acima também pode ser reescrita em função da vazão, a fim de possibilitar o cálculo do coeficiente  $C_{\text{dist}}$  utilizado para a elaboração da curva do sistema mais adiante. Assim:

$$h_{\text{dist}} = \frac{10,64 \cdot Q^{1,85} \cdot L}{C^{1,85} \cdot D^{4,87}} = Q^{1,85} \cdot \left( \frac{10,64 \cdot L}{C^{1,85} \cdot D^{4,87}} \right)$$

$$C_{\text{dist}} = \left( \frac{10,64 \cdot L}{C^{1,85} \cdot D^{4,87}} \right)$$

$$h_{\text{dist}} = Q^{1,85} \cdot C_{\text{dist}}$$

Portanto,

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>READEQUAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE PACOTI</b>	<b>11/09/16</b>
	<b>EEE 13 DE MAIO - LINHA DE RECALQUE e CMB</b>	<b>v.1</b>

Tabela 06 - Perdas de carga distribuídas

	<b>Q (m³/s)</b>	<b>D (m)</b>	<b>C</b>	<b>L (m)</b>	<b>j (m/km)</b>	<b>h<sub>dist</sub> (m)</b>	<b>C<sub>dist</sub></b>
Subida	0,0196	0,204	105	3,50	3,06	0,01	15,4799
Barrilete	0,0196	0,204	105	2,31	3,06	0,01	10,2167
Recalque	0,0196	0,204	130	46,30	2,07	0,10	138,5977
					<b>SOMA</b>	<b>0,11</b>	<b>164,2943</b>

#### d) Perda de carga localizada

As canalizações são também constituídas por peças especiais e conexões, que pela sua forma ou posição, elevam a turbulência do escoamento, provocam atritos e causam o choque de partículas, dando origem a perdas de carga localizadas. Para o equacionamento dessas perdas, utilizou-se a equação abaixo:

$$h_{loc} = \Sigma k \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Em que:

- $h_{loc}$  Perda de carga localizada (m);  
 $v$  Velocidade do esgoto no trecho considerado (m/s);  
 $g$  Aceleração da gravidade (m/s<sup>2</sup>).  
 $\Sigma k$

Somatório dos coeficientes das singularidades, retirados de Azevedo Netto (1998) e Porto (2006);

Tabela 07 - Valores dos coeficientes k

<b>Acessórios</b>	<b>k</b>	<b>Subida</b>		<b>Barrilete</b>		<b>Recalque</b>	
		<b>Qtd</b>	<b>Total</b>	<b>Qtd</b>	<b>Total</b>	<b>Qtd</b>	<b>Total</b>
Ampliação gradual	0,19	1	0,19		0		0
Bocais	2,75		0		0		0
Comporta aberta	1,00		0		0		0
Controlador de vazão	2,50		0		0		0
Cotovelo de 90°	0,90		0		0		0
Cotovelo de 45°	0,40		0		0		0
Crivo	0,75		0		0		0
Curva de 90°	0,40	1	0,4	1	0,4	8	3,2
Curva de 45°	0,20		0		0	1	0,2
Curva de 22,5°	0,10		0		0		0
Entrada normal	0,50		0		0		0
Entrada de borda	1,00		0		0		0
Pequena derivação	0,03		0		0		0
Junção	0,40		0		0		0
Medidor de venturi	2,50		0		0		0
Redução gradual	0,15		0		0		0
Saída de canalização	1,00		0		0	1	1
Tê, passagem direta	0,90		0	1	0,9		0
Tê, saída de lado	1,30		0		0		0
Tê, saída bilateral	1,80		0	1	1,8	1	1,8
Válv. de ângulo aberto	5,00		0		0		0

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>					<b>Data</b>
	<b>READEQUAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE PACOTI</b>					<b>11/09/16</b>
	<b>EEE 13 DE MAIO - LINHA DE RECALQUE e CMB</b>					<b>v.1</b>

Válv. de gaveta aberta	0,20		0	1	0,2	1	0,2
Válv. borboleta aberta	0,30		0		0		0
Válv. pé com crivo	2,50		0		0		0
Válv. de retenção	3,00		0	1	3		0
Válv. de globo aberta	10,00		0		0		0
Velocidade	1,00	1	1	1	1	1	1
<b>SOMA</b>			<b>1,59</b>		<b>7,3</b>		<b>7,4</b>

Fonte: Azevedo Netto (1998) e Porto (2006)

A equação descrita acima também pode ser reescrita em função da vazão, a fim de possibilitar o cálculo do coeficiente  $C_{loc}$  utilizado para a elaboração da curva do sistema mais adiante. Assim:

$$h_{loc} = \Sigma k \cdot \frac{Q^2}{A^2 \cdot 2g} = \Sigma k \cdot \frac{16 \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot D^4 \cdot 2g} = Q^2 \cdot \left( \Sigma k \cdot \frac{8}{\pi^2 \cdot D^4 \cdot g} \right)$$

$$C_{loc} = \left( \Sigma k \cdot \frac{8}{\pi^2 \cdot D^4 \cdot g} \right)$$

$$h_{loc} = Q^2 \cdot C_{loc}$$

Portanto,

Tabela 08 - Perdas de carga localizadas

	$\Sigma k$	v (m/s)	g (m/s <sup>2</sup> )	$h_{loc}$ (m)	$C_{loc}$
Subida	1,59	0,596	9,81	0,0288188	75,265
Barrilete	7,30	0,596	9,81	0,1323127	345,558
Recalque	7,40	0,598	9,81	0,1346514	351,666
<b>SOMA</b>				<b>0,30</b>	<b>772,489</b>

#### e) Altura geométrica e manométrica

O desnível geométrico é a diferença entre a cota mais elevada da linha de recalque e o nível mínimo do poço de sucção da estação elevatória. É dada pela seguinte equação:

$$Hg = C_{m\acute{a}x} - C_{m\acute{i}n}$$

Sendo:

Cota do nível mínimo do poço de sucção	$C_{m\acute{i}n}$	715,876 m
Cota do ponto mais elevado da linha de recalque	$C_{m\acute{a}x}$	724,730 m
Coefficiente de segurança	$f$	1,00 m
Assim, o desnível geométrico será	$Hg$	9,85 m

A altura manométrica é a carga que deve ser vencida pela bomba, quando o líquido está sendo bombeado. Para a sua determinação deve ser considerada a equação abaixo:

$$AMT = Hg + h_{dist} + h_{loc}$$

Em que:

Desnível geométrico	$Hg$	9,85 m
---------------------	------	--------

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>READEQUAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE PACOTI</b>	<b>11/09/16</b>
	<b>EEE 13 DE MAIO - LINHA DE RECALQUE e CMB</b>	<b>v.1</b>

Perda de carga distribuída	$h_{dist}$	0,11 m
Perda de carga localizada	$h_{loc}$	0,30 m
Portanto, a altura manométrica será	AMT	10,26 m

#### f) Ponto de operação

Decidida as principais características do projeto, resta a escolha do conjunto motor-bomba que cumpra o trabalho de elevação nas condições assim fixadas. Para melhor decisão a respeito da escolha do conjunto motobomba, é necessário traçar a curva da bomba selecionada e a curva característica do sistema, que é decorrente da equação da altura manométrica.

$$AMT = H_g + h_{dist} + h_{loc} \quad \text{ou}$$

$$AMT = H_g + Q^{1,85} \cdot C_{dist} + Q^2 \cdot C_{loc}$$

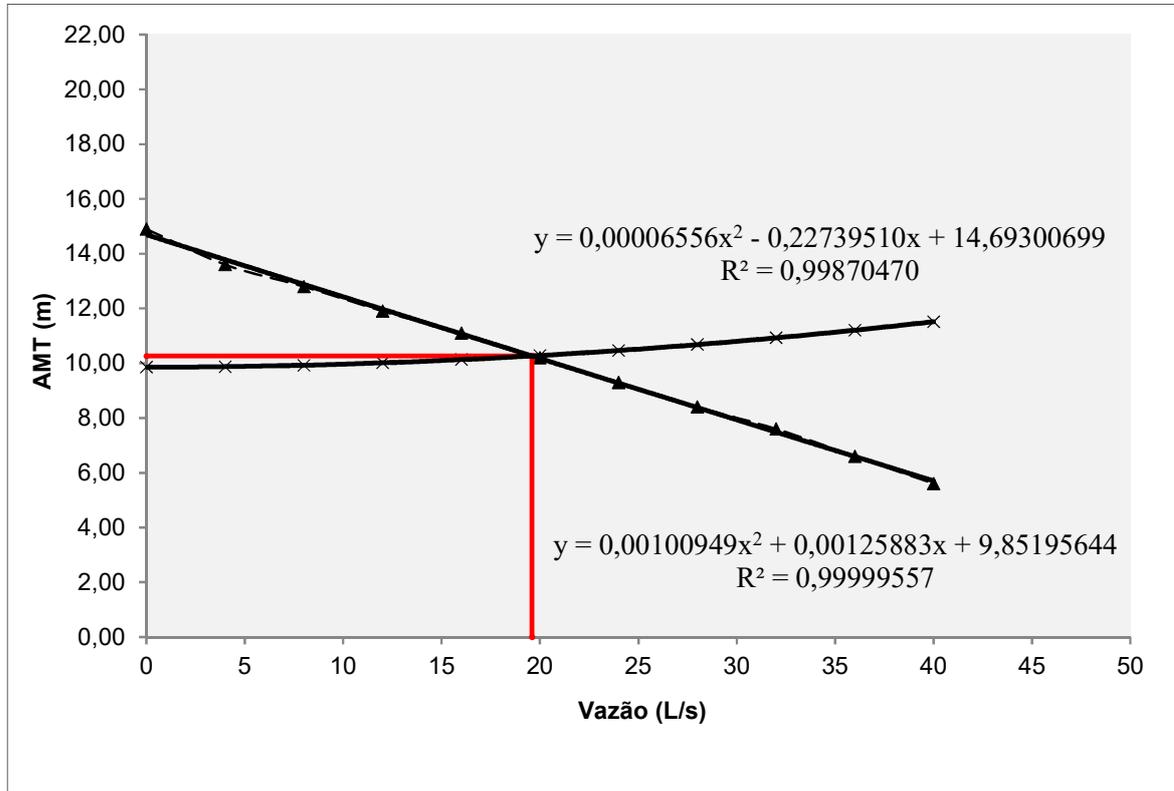
$$AMT = 9,85 + 164,29 Q(1,85) + 772,49 Q(2)$$

Tabela 12 - Valores para cálculo do ponto de operação

<b>Vazão (l/s)</b>	<b>AMT (m)</b>	<b>BOMBA (m)</b>
0	9,85	14,90
4	9,87	13,60
8	9,93	12,80
12	10,01	11,90
16	10,13	11,10
20	10,28	10,20
24	10,46	9,30
28	10,68	8,40
32	10,93	7,60
36	11,21	6,60
40	11,52	5,60

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>READEQUAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE PACOTI</b>	<b>11/09/16</b>
	<b>EEE 13 DE MAIO - LINHA DE RECALQUE e CMB</b>	<b>v.1</b>

Figura 02 - Curva do sistema x Curva da bomba



**g) Ponto de operação**

O ponto de operação encontrado através da interseção da curva do sistema vs a curva da bomba é:

Vazão de bombeamento	$Q_{bom}$	19,6 L/s
Altura manométrica	AMT	10,3 mca

**h) Potência do conjunto motor-bomba**

A potência recebida pelo motor é expressa matematicamente por:

$$Pot = \frac{\gamma \cdot Q_{bom} \cdot AMT}{75 \cdot \eta_B \cdot \eta_M}$$

Em que:

Vazão de bombeamento	$Q_{bom}$	19,6 L/s
Altura manométrica	AMT	10,3 m

Rendimento Do conj. Moto-bomba	$\eta_B$	58,5 %
Peso específico do líquido	$\gamma$	1000 kgf/m³
Assim, o valor da potência calculada será	Pot	4,58 cv
Bomba de 4 polos	Rotação	1730 rpm
Conforme orientação da SPO-024, adotou-se um fator de segurança que varia de acordo com o valor da potência calculada inicialmente.	$f$	1,30

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>READEQUAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE PACOTI</b>	<b>11/09/16</b>
	<b>EEE 13 DE MAIO - LINHA DE RECALQUE e CMB</b>	<b>v.1</b>

Tabela 13 - Fatores de segurança

<b>Pot<sub>cal</sub> (cv)</b>	<b>f</b>
2	1,50
2 a 5	1,30
5 a 10	1,20
10 a 20	1,15
20	1,10

Fonte: SPO-024 (2014)

Assim, a potência recalculada será

Pot 5,95 cv ou

Pot 5,87 HP

Baseado na tabela abaixo, foi adotada a seguinte potência comercial

Pot<sub>COMER</sub> 6,00 HP

Tabela 14 - Potências comerciais de motores

<b>HP</b>	<b>kw</b>	<b>HP</b>	<b>kw</b>	<b>HP</b>	<b>kw</b>	<b>HP</b>	<b>kw</b>
2	1,5	12,5	9,2	60	45	250	185
3	2,2	15	11	75	55	300	220
4	3	20	15	100	75	350	260
5	3,7	25	18,5	125	90	400	300
6	4,5	30	22	150	110	450	330
7,5	5,5	40	30	175	12	500	370
10	7,5	50	37	200	150	550	400

Fonte: WEG (2014)

#### **i) Valores corrigidos**

No ponto de operação, os novos valores de perda de carga e velocidade na tubulação serão:

Perda de carga linear j 2,07 m/km  
 Velocidade v 0,60 m/s

### 8.4.3 Tratamento preliminar

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>READEQUAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE PACOTI</b>	<b>11/09/16</b>
	<b>EEE 13 DE MAIO - TRATAMENTO PRELIMINAR</b>	<b>v.1</b>

## CALHA PARSHALL

### a) Parâmetros da Calha Parshall

A Tabela 15, retirada de Alem Sobrinho e Tsutiya (2011), apresenta os limites de vazão para a escolha da garganta da Calha Parshall:

Tabela 15 - Parâmetros da Calha Parshall

	w	Q <sub>min</sub>	Q <sub>máx</sub>	n	k
pol	cm	(L/s)	(L/s)		
3	7,6	0,85	53,8	1,547	0,176
6	15,2	1,52	110,4	1,580	0,381
9	22,9	2,55	251,9	1,530	0,535
12	30,5	3,11	455,6	1,522	0,690
18	45,8	4,25	696,2	1,538	1,054
24	61,0	11,89	936,7	1,550	1,426
36	91,5	17,26	1426,3	1,566	2,182
48	122,0	36,79	1921,5	1,578	2,935
60	152,5	62,80	2422,0	1,587	3,728

Fonte: Alem Sobrinho e Tsutiya (2011)

Os coeficientes 'n' e 'k' foram retirados da tabela acima, levando em conta a Calha Parshall adotada. Esses valores serão utilizados mais adiante para o cálculo das lâminas. Assim:

Largura da garganta adotada	w	3 pol
Coeficiente n	n	1,547
Coeficiente k	k	0,176

Equação utilizada:  $Q = k \cdot H^n \rightarrow Q = 0,176 H^{1,547}$

### b) Altura da lâmina d'água

Para o cálculo da calha Parshall, deve-se verificar as alturas das lâminas máxima, média e mínima no medidor. O cálculo destas lâminas pode ser feito através da equação a seguir:

$$Q = k \cdot H^n \rightarrow H = \left(\frac{Q}{k}\right)^{\frac{1}{n}} = \left(\frac{Q}{0,176}\right)^{\frac{1}{1,547}}$$

Assim,

Tabela 16 - Valores da lâmina d'água

<b>Lâmina d'água (m)</b>	
<b>H<sub>máx</sub></b>	0,242
<b>H<sub>med</sub></b>	0,153
<b>H<sub>min</sub></b>	0,108

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>READEQUAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE PACOTI</b>	<b>11/09/16</b>
	<b>EEE 13 DE MAIO - TRATAMENTO PRELIMINAR</b>	<b>v.1</b>

### c) Rebaixamento da garganta

A forma da seção ideal para o canal da caixa de areia é parabólica. Porém, para facilidade construtiva, pode-se adaptar o canal para uma forma retangular desde que haja uma rebaixo na calha Parshall com relação à soleira do canal de sedimentação. Este rebaixo fará com que a variação da velocidade seja tolerável. A equação a seguir calcula este rebaixo:

$$z = \frac{Q_{\text{máx}} \cdot H_{\text{mín}} - Q_{\text{mín}} \cdot H_{\text{máx}}}{Q_{\text{máx}} - Q_{\text{mín}}}$$

Assim, o valor do rebaixo é  $z = 0,05 \text{ m}$

### d) Lâmina d'água útil

A lâmina d'água útil é aquela produzida pela vazão no medidor parshall subtraindo-se o rebaixamento:

$$h = H - z$$

Assim,

Tabela 17 - Valores da lâmina útil

<b>Lâmina útil (m)</b>	
<b><math>h_{\text{máx}}</math></b>	0,188
<b><math>h_{\text{méd}}</math></b>	0,099
<b><math>h_{\text{mín}}</math></b>	0,054

## GRADEAMENTO

### a) Dimensões da grade

Baseado nas informações da Tabela 19, o gradeamento neste projeto terá as seguintes características:

Tabela 18 - Parâmetros do gradeamento

<b>Gradeamento adotado</b>	
Tipo de Limpeza	<b>MANUAL</b>
Tipo de Grade	<b>MÉDIA</b>
Abertura (a)	20 mm
Espess.da barra (e)	9,5 mm
Profundidade (p)	38,1 mm
Inclinação ( $\theta$ )	45 °

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>READEQUAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE PACOTI</b>	<b>11/09/16</b>
	<b>EEE 13 DE MAIO - TRATAMENTO PRELIMINAR</b>	<b>v.1</b>

Tabela 19 - Tipos e dimensões do gradeamento

Tipo de grade	Material retido na grade	Abertura a (mm)	Seção da barra (e x p)	
			(mm)	pol
Grosseira	Galhos de árvore, restos de mobília, pedaços de colchão, brinquedos, etc.	40 - 100	9,5 x 50,0	3/8 x 2
			9,5 x 63,5	3/8 x 2 1/2
			12,7 x 38,1	1/2 x 1 1/2
			12,7 x 50,0	1/2 x 2
Média	Latinha de cerveja, plásticos, madeiras, papel, panos, etc.	20 - 40	7,9 x 50,0	5/16 x 2
			<b>9,5 x 38,1</b>	<b>3/8 x 1 1/2</b>
			9,5 x 50,0	3/8 x 2
Fina	Fibras de tecido, cabelos, etc.	10 - 20	6,4 x 38,1	1/4 x 1 1/2
			7,9 x 38,1	5/16 x 1 1/2
			9,5 x 38,1	3/8 x 1 1/2

Fonte: Adaptado de NBR 12209/2011

#### b) Cálculo da área útil da grade

A área útil é a razão entre a vazão máxima afluyente e a velocidade do escoamento entre barras. Valores ideais para a velocidade do fluxo entre barras devem ser inferiores a 1,2 m/s, conforme NBR 12209/2011. Jordão e Pessoa (2011) recomendam velocidades entre 0,4 e 1,2 m/s. Ver equação a seguir:

$$A_u = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{v_o}$$

Velocidade no canal da grade adotada  $v_o$  0,60 m/s  
 Portanto, a área útil será  $A_u$  0,033 m<sup>2</sup>

#### c) Cálculo da eficiência da grade

O termo eficiência da grade tem sido expresso pela equação abaixo. Esta eficiência foi tabelada por Azevedo Netto em 1973 e é função da espessura das barras e do afastamento entre elas.

$$E = \frac{a}{a + t}$$

Eficiência  $E$  67,8%

#### d) Cálculo da área da seção do canal da grade

A área da seção do canal da grade pode ser expressa em função da eficiência das grades:

$$A_t = \frac{A_u}{E}$$

Assim, a seção do canal da grade terá a seguinte área  $A_t$  0,048 m<sup>2</sup>

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>READEQUAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE PACOTI</b>	<b>11/09/16</b>
	<b>EEE 13 DE MAIO - TRATAMENTO PRELIMINAR</b>	<b>v.1</b>

#### e) Cálculo da largura teórica do canal da grade

A largura teórica do canal da grade é função da área do canal e da altura máxima da caixa de areia. Sua largura mínima é 30 cm, conforme NBR 12209/2011. Ver equação a seguir:

$$b_g = \frac{A_t}{h_{m\acute{a}x}}$$

Assim, a largura calculada será

$b_g$  0,26 m

Adotou-se então uma largura

$b_{g_{adot}}$  0,35 m

#### f) Cálculo do comprimento do canal de acesso à grade

O comprimento do canal de acesso deve ser tal que evite o turbilhonamento junto à grade. Este comprimento é função do tempo de detenção adotado para este canal e da vazão máxima afluente. Ver equação a seguir:

$$L_g = \frac{Q_{m\acute{a}x} \cdot TDH}{A_t}$$

Tempo de detenção hidráulica adotado

TDH 3 s

Comprimento calculado

$L_g$  0,9 m

Comprimento adotado

$L_g$  1,0 m

#### g) Verificação das velocidades

As velocidades no canal de acesso à grade podem ser expressas a seguir:

$$v = \frac{Q}{b_g \cdot h \cdot E}$$

Tabela 20 - Verificação das velocidades na grade

	<b>Q</b>	<b>At = b<sub>g</sub> · h</b>	<b>Au = A<sub>t</sub> · E</b>	<b>v = Q/Au</b>
	<b>(m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>(m<sup>2</sup>)</b>	<b>(m<sup>2</sup>)</b>	<b>(m/s)</b>
<b>máx</b>	0,01957	0,0657	0,0446	0,44
<b>méd</b>	0,00961	0,0345	0,0234	0,41
<b>mín</b>	0,0056	0,0188	0,0128	0,44

Os valores obtidos apresentam-se entre 0,4 e 1,2 m/s, valores recomendados pela NBR 12209/2011 e por Jordão e Pessoa (2011).

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>READEQUAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE PACOTI</b>	<b>11/09/16</b>
	<b>EEE 13 DE MAIO - TRATAMENTO PRELIMINAR</b>	<b>v.1</b>

#### h) Cálculo da perda de carga na grade

A determinação da perda de carga na grade de barras deverá considerar o modelo selecionado, o tipo de operação de limpeza, localização e detalhes construtivos. A perda de carga pode ser calculada considerando-se que o comportamento hidráulico é idêntico ao escoamento através do orifício. Ver equação a seguir:

$$h_f = \frac{1,43 \cdot (V^2 - v^2)}{2g}$$

Em que:

V é a velocidade máxima através das barras, calculada para 50% de obstrução, ou seja, 2 vezes a velocidade máxima para seção sem obstrução, dada por:  $V = 2 \cdot v_{m\acute{a}x}$

v é a velocidade à montante da grade e igual a:  $v = v_{m\acute{a}x} \cdot E$

g é a aceleração da gravidade no valor de 9,81 m/s<sup>2</sup>.

Portanto, os valores das velocidades e da perda de carga são:

Velocidade através da grade	V	0,88 m/s
Velocidade à montante da grade	v	0,30 m/s
Perda de carga calculada	$h_f$	0,05 m

Conforme NBR 12209/2011, a perda de carga mínima para grades com limpeza manual deve ser 15 cm. Assim,

Perda de carga adotada	$h_f$	0,15 m
------------------------	-------	--------

#### i) Cálculo do número de barras

O número de barras na grade é função da largura do canal da grade, da espessura da barra e do afastamento entre elas. Ver equação abaixo:

$$N = \frac{b_g}{a + t}$$

Número de barras calculado	N	11,9 barras
Número de barras adotado	$N_{adot}$	12,0 barras

### CAIXA DE AREIA

#### a) Cálculo da largura do canal

A largura da caixa de areia deve ser tal que a velocidade do fluxo não ultrapasse aquela recomendada em projeto. A NBR 12209/2011 limita em 0,40 m/s a velocidade do fluxo quando a caixa estiver operando em vazão máxima. Assim, a largura da caixa de areia é função da vazão máxima, da altura da lâmina d'água na caixa de areia e da velocidade do fluxo na caixa (adotada). Portanto:

$$b = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{h_{m\acute{a}x} \cdot v_o}$$

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>READEQUAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE PACOTI</b>	<b>11/09/16</b>
	<b>EEE 13 DE MAIO - TRATAMENTO PRELIMINAR</b>	<b>v.1</b>

Velocidade adotada através do canal adotada	$v_o$	0,30 m/s
Largura do canal calculada	$b$	0,35 m
Largura do canal adotada	$b_{adot}$	0,40 m

### b) Verificação das velocidades

As velocidades no canal de acesso à grade podem ser expressas a seguir:

Tabela 21 - Verificação das velocidades na caixa de areia

	<b>Q</b>	<b>h</b>	<b>A = b · h</b>	<b>v = Q/A</b>
	<b>(m<sup>3</sup>s)</b>	<b>(m)</b>	<b>(m<sup>2</sup>)</b>	<b>(m/s)</b>
<b>máx</b>	0,0196	0,188	0,075	0,26
<b>méd</b>	0,0096	0,099	0,039	0,24
<b>mín</b>	0,0056	0,054	0,022	0,26

Os valores obtidos apresentam-se entre 0,25 e 0,40 m/s, valores fixados pela NBR 12209/2011.

### c) Cálculo da área transversa útil do canal

A área transversal útil da caixa de areia diz respeito àquela por onde passa efetivamente o fluxo de esgoto. Tal área é dada pela equação a seguir:

$$S = \frac{Q_{máx}}{v_{máx}}$$

Área transversal do canal	$S$	0,075 m <sup>2</sup>
---------------------------	-----	----------------------

### d) Cálculo do comprimento da caixa de areia

O funcionamento da caixa de areia está condicionado ao comportamento do fluxo de esgoto da câmara de sedimentação. O trajeto da partícula de areia é função da velocidade de sedimentação (para partículas com diâmetro menor que 0,20 mm, densidade 2,65 e velocidade 0,02 m/s) e da velocidade crítica do fluxo longitudinal. Na prática adota-se a seguinte equação:

$$L = f \cdot h_{máx}$$

Fator que multiplica a lâmina útil máxima	$f$	22,5
Comprimento calculado da caixa de areia	$L$	4,22 m
Comprimento adotado da caixa de areia	$L_{adot}$	3,00 m

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>READEQUAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE PACOTI</b>	<b>11/09/16</b>
	<b>EEE 13 DE MAIO - TRATAMENTO PRELIMINAR</b>	<b>v.1</b>

#### e) Cálculo da área superficial da caixa de areia

A área superficial da caixa de areia pode ser obtida pela seguinte equação:

$$A_{\text{sup}} = b \cdot L$$

Área superficial  $A_{\text{sup}}$  1,2 m<sup>2</sup>

#### f) Cálculo da quantidade de material retido no canal

O valor médio do volume de areia removida pela caixa de areia em função do volume de esgoto tratado deve estar compreendido entre 2 e 4 m<sup>3</sup>/100.000 m<sup>3</sup>, ou seja, 0,00002 < R < 0,00004, valores recomendados por Jordão e Pessoa (2011).

$$M = Q_{\text{méd}} \cdot R$$

Taxa de retorno adotada R 0,00004 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>  
 Quantidade de material retido M 0,033 m<sup>3</sup>/d

#### g) Cálculo do volume de acumulação

O volume de acumulação é proporcional ao tempo entre limpezas da caixa de areia e o volume acumulado diariamente. Ver equação a seguir:

$$V_{\text{acum}} = i \cdot M$$

Frequência de limpeza i 7 dias  
 Volume de acumulação V 0,233 m<sup>3</sup>

#### h) Cálculo da profundidade de acumulação

A profundidade necessária para o acúmulo de material que sedimenta na caixa de areia no intervalo entre limpezas pode ser obtida pela seguinte equação:

$$H_{\text{acum}} = \frac{V_{\text{acum}}}{A_{\text{sup}}}$$

Profundidade de acumulação calculada  $H_{\text{acum}}$  0,19 m  
 Profundidade de acumulação adotada  $H_{\text{acum}}$  0,30 m

#### i) Cálculo da taxa de escoamento superficial

É o volume de esgoto por m<sup>2</sup> de superfície de caixa de areia que chega à elevatória em um dia. É expressa pela seguinte equação:

$$I = \frac{Q_{\text{méd}}}{A_{\text{sup}}}$$

Taxa de escoamento superficial I 692,06 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.d

O valor obtido não se encontra dentro da faixa recomendada pela NBR 12209/2011 devido à vazão média de início de plano da Sub-bacia 3.2 ser muito pequena.

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>READEQUAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE PACOTI</b>	<b>11/09/16</b>
	<b>EEE 13 DE MAIO - TRATAMENTO PRELIMINAR</b>	<b>v.1</b>

## LEITO DE SECAGEM

### a) Área requerida dos leitos de secagem:

A área requerida para os leitos de secagem é dada pela equação abaixo:

$$A_{\text{req}} = \frac{M \cdot t}{h}$$

Onde;

Tempo de secagem de areia	t	7,00 d
Quantidade de areia acumulada	M	0,033 m <sup>3</sup> /d
Altura da lâmina de areia	h	0,30 m
Área requerida para o leito de secagem	A <sub>req</sub>	0,78 m <sup>2</sup>

### b) Dimensões:

Serão adotadas as seguintes dimensões:

Número de módulos	N	1 +1 reserva
Largura	L	0,60 m
Comprimento	C	1,50 m
Área resultante	A	0,90 m <sup>2</sup>

#### 8.4.4 Poço de sucção

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>READEQUAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE PACOTI</b>	<b>11/09/16</b>
	<b>EEE 13 DE MAIO - POÇO DE SUCCÃO</b>	<b>v.1</b>

## POÇO DE SUCCÃO

### a) Volume útil

É o volume compreendido entre os níveis máximo e mínimo de operação das bombas. Este volume é dado pela seguinte equação:

$$V_u = \frac{T \cdot Q_{\text{bom}}}{4}$$

Em que:

Vazão de bombeamento	$Q_{\text{bom}}$	0,0196 m <sup>3</sup> /s
Tempo de ciclo - menor tempo entre duas partidas sucessivas do motor. Não deve ser inferior a 10 minutos, conforme SPO-024.	T	10 min
Assim, o volume útil calculado será	$V_u$	2,94 m <sup>3</sup>

### b) Altura útil

É a diferença entre os níveis máximo e mínimo de operação das bombas. É obtido pela divisão entre o volume útil e a área do poço de sucção. A SPO-024 define como 0,50 metros como altura útil mínima. Para o cálculo da área de poços retangulares, a mesma norma fixa dimensão mínima de 2 metros. A altura útil é calculada por:

$$h = \frac{V_u}{L \cdot B}$$

Largura adotada do poço de sucção	B	2,50 m
Comprimento adotado do poço de sucção	L	2,00 m
Altura útil calculada	h	0,59 m
Altura útil adotada	$h_{\text{adot}}$	0,70 m

Devido a adoção de uma altura útil superior a calculada, recalculou-se o valor do volume útil pela fórmula abaixo:

$$V_u = h_{\text{adot}} \cdot B \cdot L$$

O volume corrigido e definitivo será então	$V_u$	3,50 m <sup>3</sup>
--------------------------------------------	-------	---------------------

### c) Volume morto

É o volume compreendido entre o fundo do poço de sucção e o nível mínimo de operação da bomba. É dado pela equação a seguir:

$$V_{\text{morto}} = \text{sub}_{\text{mín}} \cdot B \cdot L$$

Onde:

Submergência mínima fornecida pelo fabricante	$\text{sub}_{\text{mín}}$	0,40 m
-----------------------------------------------	---------------------------	--------

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>READEQUAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE PACOTI</b>	<b>11/09/16</b>
	<b>EEE 13 DE MAIO - POÇO DE SUCCÃO</b>	<b>v.1</b>

Portanto, o volume morto do poço de sucção será:  $V_m$  2,00 m<sup>3</sup>

#### **d) Volume efetivo**

É o volume compreendido entre o fundo do poço (tomada das bombas) e o nível médio de operação (metade da altura útil). É dado pela equação a seguir:

$$V_e = V_m + \frac{V_u}{2}$$

Portanto, o volume efetivo será:  $V_e$  3,75 m<sup>3</sup>

#### **e) Tempo médio de detenção hidráulica**

É a relação entre o volume efetivo e a vazão média de início de plano. Este tempo deve ser inferior a 30 min, conforme orienta a NBR 12208/1992, a fim de se evitar a septicidade do esgoto. Para elevatórias projetadas com as dimensões mínimas, a SPO-024 permite TDH's superiores a este valor. Assim,

$$TDH = \frac{V_e}{Q_{méd-i}}$$

Tempo de detenção hidráulica  $TDH$  6,50 min

#### **f) Ciclo de funcionamento**

Como mencionado anteriormente, o tempo de ciclo é o menor tempo entre duas partidas sucessivas do motor. Não deve ser inferior a 10 minutos, conforme prevê item 5.7.2 da SPO-024. O tempo de ciclo também é dado pela soma dos tempos de parada e funcionamento da bomba, expresso por:

$$T_c = T_p + T_f$$

O tempo de parada  $T_p$  é o tempo necessário para encher o poço de sucção. É dado pela divisão entre o volume útil e a vazão afluyente ao poço:

$$T_p = \frac{V_u}{Q_a}$$

O tempo de funcionamento  $T_f$  é o tempo necessário para esvaziar o poço de sucção. É dado pela razão entre o volume útil e a diferença entre as vazões de bombeamento e afluyente:

$$T_f = \frac{V_u}{Q_{bom} - Q_a}$$

Assim,

	<b>COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ</b>	<b>Data</b>
	<b>READEQUAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE PACOTI</b>	<b>11/09/16</b>
	<b>EEE 13 DE MAIO - POÇO DE SUCCÃO</b>	<b>v.1</b>

Tabela 22 - Verificação dos tempos de ciclo

<b>Q<sub>a</sub> (L/s)</b>	<b>T<sub>p</sub> (min)</b>	<b>T<sub>f</sub> (min)</b>	<b>T<sub>c</sub> (min)</b>
1,96	29,8	3,3	33,1
3,91	14,9	3,7	18,6
5,87	9,9	4,3	14,2
7,83	7,5	5,0	12,4
<b>9,78</b>	<b>6,0</b>	<b>6,0</b>	<b>11,9</b>
11,74	5,0	7,5	12,4
13,70	4,3	9,9	14,2
15,65	3,7	14,9	18,6
17,61	3,3	29,8	33,1
<b>T<sub>c</sub>min (min)</b>			<b>11,9</b>

O tempo de ciclo mínimo ocorre quando a vazão afluyente ao poço de sucção for igual a metade da vazão de bombeamento. Portanto,

Tempo de ciclo mínimo T<sub>c</sub>            11,9 min

**g) Número de partidas por hora**

O número de partidas/hora de uma bomba é dado pela divisão entre a quantidade de minutos equivalente a 1 hora e o tempo de ciclo mínimo obtido. Este valor deve ser menor que 6 partidas, número equivalente a um tempo de ciclo de 10 minutos.

$$N = \frac{60 \text{ min}}{T_c}$$

Número de partidas/hora N            5,03 partidas

#### 8.4.5 Perfil da LR



COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ

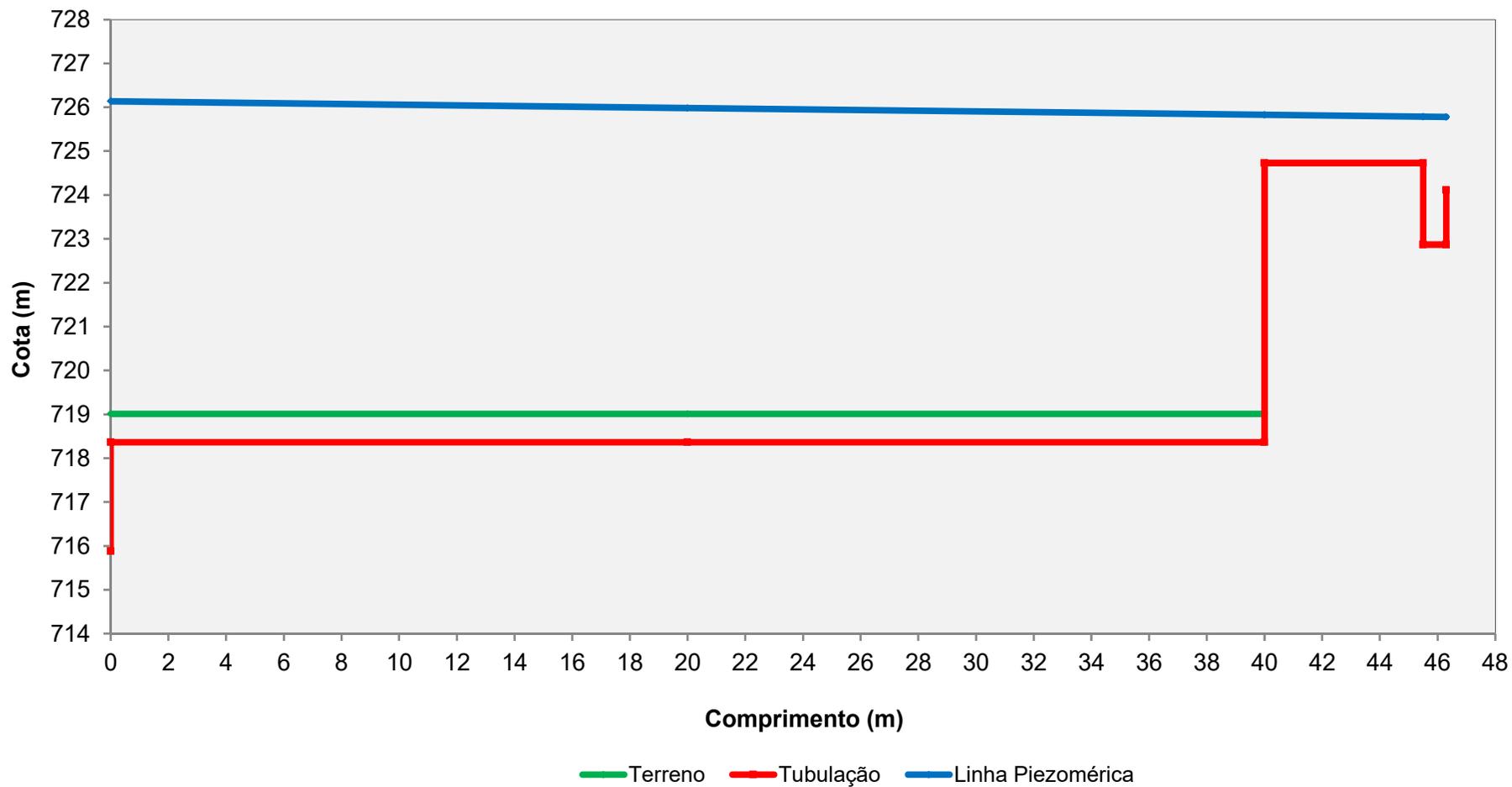
READEQUAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE PACOTI

EEE 13 DE MAIO - PERFIL DA LINHA DE RECALQUE

DATA

11/9/2016

v.1



## **8.5 Tratamento de Esgoto – ETE 13 de Maio**

### **8.5.1 Carga orgânica**

<b>ETE 13 de maio</b> <b>Características do Esgoto Afluentes</b>
---------------------------------------------------------------------

**Cargas Orgânicas**

As cargas orgânicas do esgoto afluentes ( $L_0$ ), em kg/d, são assim calculadas:

$$L_0 = P \times c / 1.000$$

onde:

Parb = população arbitrária	8.618,1 hab
c = contribuição <i>per capita</i> de DBO ou DQO, admitindo-se os seguintes valores:	
$c_{\text{DBO}}$ = contribuição <i>per capita</i> de DBO (adotada)	54 g/hab.d
$c_{\text{DQO}}$ = contribuição <i>per capita</i> de DQO (adotada)	100 g/hab.d

Logo, as cargas orgânicas são:

$L_{\text{DBO}}$ = carga afluentes de DBO	465,38 kg/d
$L_{\text{DQO}}$ = carga afluentes de DQO	861,81 kg/d

**Concentrações**

As concentrações do esgoto afluentes ( $S_0$ ), em mg/L, são dadas por:

$$S_0 = L_0 / Q_{\text{méd}} \times 1.000$$

Portanto, as concentrações calculadas são:

$S_{0,\text{DBO}}$ = concentração afluentes de DBO	560,49 mg/L
$S_{0,\text{DQO}}$ = concentração afluentes de DQO	1.037,95 mg/L

Adotaram-se as seguintes concentrações:

$S_{0,\text{DBO}}$ = concentração afluentes de DBO	600 mg/L
$S_{0,\text{DQO}}$ = concentração afluentes de DQO	1.200 mg/L
$N_0$ = concentração afluentes de coliformes	5,0E+07 NMP/100 mL

## 8.5.2 Reator UASB

<b>ETE 13 de maio</b> <b>Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (UASB)</b>
-----------------------------------------------------------------------------

**Volume do Reator**

O volume total do reator (V), em m<sup>3</sup>, é dado por:

$$V = Q_{\text{méd}} \times \text{TDH}$$

onde:

$$Q_{\text{méd}} = \text{vazão média} \quad 34,60 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{TDH} = \text{tempo de detenção hidráulica (adotado)} \quad 8,0 \text{ h}$$

Sendo assim, tem-se:

$$V = \text{volume total} \quad 276,80 \text{ m}^3$$

O volume unitário (V<sub>u</sub>), correspondente a cada módulo, é assim calculado:

$$V_u = V / N$$

onde:

$$N = \text{número de módulos (adotado)} \quad 2$$

Logo:

$$V_u = \text{volume unitário} \quad 138,40 \text{ m}^3$$

Com isso, as vazões unitárias, referentes a um módulo, valem:

$$Q_{\text{méd}} = \text{vazão média unitária} \quad 17,30 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{máx}} = \text{vazão máxima unitária} \quad 35,23 \text{ m}^3/\text{h}$$

Os cálculos apresentados a seguir correspondem às vazões unitárias.

**Dimensões do Reator**

A área do reator (A), em m<sup>2</sup>, é dada por:

$$A = V_u / H$$

onde:

<b>ETE 13 de maio</b> <b>Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (UASB)</b>
-----------------------------------------------------------------------------

H = altura útil (adotada) 5,00 m

Assim, tem-se:

A = área do reator 27,68 m<sup>2</sup>

Serão adotados reatores retangulares com as seguintes dimensões:

L = largura 6,00 m

C = comprimento 6,00 m

A = área corrigida 36,00 m<sup>2</sup>

#### Tempo de Detenção Corrigido

Considerando as dimensões adotadas, o volume unitário corrigido ( $V_u$ ) é, então:

$$V_u = A \times H$$

$V_u$  = volume unitário corrigido 180,00 m<sup>3</sup>

Logo, o tempo de detenção hidráulica corrigido passa a ser:

$$TDH = V_u / Q$$

$TDH_{méd}$  = tempo de detenção hidráulica para  $Q_{méd}$  10,40 h

$TDH_{mín}$  = tempo de detenção hidráulica para  $Q_{máx}$  5,11 h

#### Cargas Aplicadas

A carga hidráulica volumétrica (CHV), em m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.d, é dada por:

$$CHV = Q / V$$

Portanto, os valores obtidos para a vazão média e para a vazão máxima são:

$CHV_{méd}$  = carga hidráulica volumétrica para  $Q_{méd}$  2,31 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.d

$CHV_{máx}$  = carga hidráulica volumétrica para  $Q_{máx}$  4,70 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.d

Estes valores encontram-se abaixo de 4,00 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.d para a vazão média, e abaixo de 6,0 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.d para a vazão máxima, atendendo aos critérios recomendados.

#### Velocidades Superficiais

A velocidade superficial de fluxo ( $v$ ), em m/h, é assim calculada:

<b>ETE 13 de maio</b> <b>Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (UASB)</b>
-----------------------------------------------------------------------------

$$v = Q / A$$

Logo, as velocidades obtidas para a vazão média e para vazão máxima são:

$$v_{\text{méd}} = \text{velocidade superficial para } Q_{\text{méd}} \quad 0,5 \text{ m/h}$$

$$v_{\text{máx}} = \text{velocidade superficial para } Q_{\text{máx}} \quad 1,0 \text{ m/h}$$

Estes valores encontram-se abaixo de 0,7 m/h para a vazão média, e abaixo de 1,2 m/h para a vazão máxima, estando dentro da faixa recomendada.

### **Tubos de Distribuição**

A área de influência dos tubos de distribuição do esgoto afluente ( $A_i$ ) é dada por:

$$A_i = A / N_d$$

onde:

$$N_d = \text{número de distribuidores (adotado)} \quad 16$$

Com isso, tem-se:

$$A_i = \text{área de influência do distribuidor} \quad 2,25 \text{ m}^2$$

A área de influência dos tubos de distribuição encontra-se em torno de 2,0 e 3,0 m<sup>2</sup>, atendendo aos critérios recomendados.

A velocidade descendente nos tubos de distribuição ( $v_{td}$ ) é assim calculada:

$$v_{td} = (Q_{\text{máx}} / N / N_d) / (\pi \times D_d^2 / 4)$$

onde:

$$D_{td} = \text{diâmetro do tubo de distribuição (adotado)} \quad 100 \text{ mm}$$

Logo:

$$v_{td} = \text{velocidade descendente} \quad 0,08 \text{ m/s}$$

A velocidade descendente nos tubos de distribuição encontra-se abaixo de 0,20 m/s, atendendo aos

### **Estimativas das Eficiências e Concentrações do Efluente**

A eficiência de remoção de DBO ( $E_{\text{DBO}}$ ) é calculada pela seguinte equação:

**ETE 13 de maio**  
**Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (UASB)**

$$E_{\text{DBO}} = 100 \times (1 - 0,70 \times \text{TDH}^{-0,50})$$

$$E_{\text{DBO}} = \text{eficiência de remoção de DBO} \qquad 78,3 \%$$

Para a eficiência de remoção de DQO ( $E_{\text{DQO}}$ ), tem-se:

$$E_{\text{DQO}} = 100 \times (1 - 0,68 \times \text{TDH}^{-0,35})$$

$$E_{\text{DQO}} = \text{eficiência de remoção de DQO} \qquad 70,0 \%$$

Para a eficiência de remoção de coliformes ( $E_{\text{CF}}$ ), adotou-se:

$$E_{\text{CF}} = \text{eficiência de remoção de coliformes} \qquad 90,0 \%$$

As concentrações efluentes são dadas por:

$$S = S_0 - (E \times S_0)/100 \qquad N = N_0 - (E \times N_0)/100$$

onde:

$S_0$  e  $N_0$  = concentrações do esgoto afluente (item 2.2)

Aplicando-se os valores na equação, as concentrações obtidas são as seguintes:

$$S_{\text{DBO}} = \text{concentração efluente de DBO} \qquad 130,2 \text{ mg/L}$$

$$S_{\text{DQO}} = \text{concentração efluente de DQO} \qquad 360,0 \text{ mg/L}$$

$$N = \text{concentração efluente de coliformes} \qquad 5,0\text{E}+06 \text{ NMP/100 mL}$$

**Produção de Metano e de Biogás**

A parcela de DQO convertida em metano ( $\text{DQO}_{\text{CH}_4}$ ), em  $\text{kgDQO/d}$ , é calculada pela seguinte equação:

$$\text{DQO}_{\text{CH}_4} = Q_{\text{méd}} \times (S_0 - S_{\text{DQO}}) - Y_{\text{obs}} \times Q_{\text{méd}} \times S_0$$

onde:

$$Y_{\text{obs}} = \text{coeficiente de produção de sólidos (adotado)} \qquad 0,21 \text{ kgDQO}_{\text{lodo}}/\text{kgDQO}_{\text{apl}}$$

Tem-se, portanto:

$$\text{DQO}_{\text{CH}_4} = \text{parcela de DQO convertida em metano} \qquad 244,11 \text{ kgDQO/d}$$

O fator de correção para a temperatura operacional do reator,  $K(t)$ , em  $\text{kgDQO/m}^3$ , é dado por:

**ETE 13 de maio**  
**Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (UASB)**

$$K(t) = (P \times K) / [R \times (273 + t)]$$

onde:

t = temperatura operacional do reator	28 °C
P = pressão atmosférica	1 atm
K = DQO correspondente a um mol de CH <sub>4</sub>	64 gDQO/mol
R = constante universal dos gases	0,08206 atm.L/mol.°K

Logo:

$$K(t) = \text{fator de correção para a temperatura} \quad 2,59 \text{ kgDQO/m}^3$$

A produção volumétrica de metano ( $Q_{\text{CH}_4}$ ), em m<sup>3</sup>/d, é, então, calculada pela seguinte relação:

$$Q_{\text{CH}_4} = \text{DQO}_{\text{CH}_4} / K(t)$$

Aplicando os valores obtidos, tem-se:

$$Q_{\text{CH}_4} = \text{vazão de metano} \quad 94,21 \text{ m}^3/\text{d}$$

Para a determinação da produção total de biogás ( $Q_g$ ), deve ser considerado o teor de metano no biogás:

$$Q_g = Q_{\text{CH}_4} / p_{\text{CH}_4}$$

onde:

$$p_{\text{CH}_4} = \text{percentual de metano no biogás (adotado)} \quad 75 \%$$

Portanto:

$$Q_g = \text{vazão de biogás} \quad 125,61 \text{ m}^3/\text{d}$$

#### **Coletor de Gás**

A área dos coletores de gás ( $A_g$ ), em m<sup>2</sup>, é dada por:

$$A_g = N_g \times C_g \times L_g$$

onde:

$N_g$ = número de coletores por reator (adotado)	1
$C_g$ = comprimento do coletor (adotado)	5,00 m
$L_g$ = largura do coletor (adotada)	0,30 m

<b>ETE 13 de maio</b> <b>Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (UASB)</b>
-----------------------------------------------------------------------------

Sendo assim:

$A_g$  = área total dos coletores de gás 1,50 m<sup>2</sup>

A taxa de liberação de biogás nos coletores ( $v_g$ ), em m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h, vale, então:

$$v_g = Q_g / A_g$$

$v_g$  = taxa de liberação de biogás 3,49 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h

A taxa encontra-se acima de 1,0 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h e abaixo de 5,0 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h, atendendo aos limites recomendados.

### Abertura para o Decantador

As velocidades através das aberturas ( $v_a$ ), em m/h, são dadas por:

$$v_a = Q / A_a$$

onde:

$N_a$  = Número de Aberturas dos decantadores 2 unid

$L_a$  = Largura das Aberturas dos decantadores 0,80 m

$A_a$  = área das aberturas para os decantadores 9,60 m<sup>2</sup>

Logo, as velocidades obtidas para a vazão média e para a vazão máxima são:

$v_{a,méd}$  = velocidade nas aberturas para  $Q_{méd}$  1,80 m/h

$v_{a,máx}$  = velocidade nas aberturas para  $Q_{máx}$  3,67 m/h

As velocidades encontram-se abaixo de 2,5 m/h para a vazão média, e abaixo de 4,0 m/h para a vazão máxima, atendendo aos limites recomendados.

### Decantador

As taxas de aplicação superficial ( $v_d$ ), em m/h, são dadas por:

$$v_d = Q / A_d$$

onde:

$N_d$  = Número de decantadores 2 unid

$L_d$  = Largura dos decantadores 2,50 m

$A_d$  = área dos decantadores 30,00 m<sup>2</sup>

<b>ETE 13 de maio</b> <b>Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (UASB)</b>
-----------------------------------------------------------------------------

Com isso, as taxas obtidas para a vazão média e para a vazão máxima são:

$$v_{d,méd} = \text{taxa de aplicação superficial para } Q_{méd} \quad 0,6 \text{ m/h}$$

$$v_{d,máx} = \text{taxa de aplicação superficial para } Q_{máx} \quad 1,2 \text{ m/h}$$

As taxas encontram-se entre de 0,6 e 0,8 m/h para a vazão média, e próximo de 1,2 m/h para a vazão máxima, atendendo aos limites recomendados.

O tempo de detenção hidráulica nos decantadores ( $TDH_d$ ) é assim calculado:

$$TDH_d = N_d \times V_d / Q$$

onde:

$$V_d = \text{volume do decantador} \quad 63,00 \text{ m}^3$$

$$H_d = \text{altura do decantador} \quad 2,10 \text{ m}^3$$

Os tempos de detenção obtidos para a vazão média e para a vazão máxima são:

$$TDH_{d,méd} = \text{tempo de detenção para } Q_{méd} \quad 3,64 \text{ h}$$

$$TDH_{d,máx} = \text{tempo de detenção para } Q_{máx} \quad 1,79 \text{ h}$$

Os valores encontram-se acima de 1,5 h para a vazão média, e acima de 1,0 h para a vazão máxima, atendendo aos limites mínimos recomendados.

### **Produção de Lodo**

A produção mássica de lodo no DAFA ( $P_{lodo}$ ), em kgSS/d, é dada por:

$$P_{lodo} = Y \times DQO_{apl}$$

onde:

$$Y = \text{coeficiente de produção de sólidos (adotado)} \quad 0,15 \text{ kgSS/kgDQO}_{apl}$$

$$DQO_{apl} = \text{carga de DQO aplicada} \quad 861,81 \text{ kgDQO/d}$$

Com isso:

$$P_{lodo} = \text{produção de lodo} \quad 129,27 \text{ kgSS/d}$$

A vazão de lodo ( $Q_{lodo}$ ), em m<sup>3</sup>/d, é dada por:

$$Q_{lodo} = P_{lodo} / (g \times C_{lodo})$$

**ETE 13 de maio**  
***Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (UASB)***

onde:

$g$  = densidade do lodo (adotada) 1.020 kgSS/m<sup>3</sup>  
 $C_{\text{lodo}}$  = concentração de sólidos no lodo (adotada) 4,0 %

Tem-se, então:

$Q_{\text{lodo}}$  = vazão de lodo 3,17 m<sup>3</sup>/d

### 8.5.3 Filtro submerso aerado (FSA)

**ETE 13 de maio**  
**Filtro Submerso Aerado (FSA)**

**Cargas Orgânicas Afluentes**

As cargas orgânicas afluentes ao FSA (L), em kg/d, são dadas por:

$$L_{\text{DBO}} = S_{\text{DBO}} \times Q_{\text{méd}} / 1.000 \qquad L_{\text{DQO}} = S_{\text{DQO}} \times Q_{\text{méd}} / 1.000$$

onde:

S<sub>DBO</sub> = concentração efluente de DBO no UASB 130,2 mg/L

S<sub>DQO</sub> = concentração efluente de DQO no UASB 360,0 mg/L

Logo:

L<sub>DBO</sub> = carga afluente de DBO 108,11 kgDBO/d

L<sub>DQO</sub> = carga afluente de DQO 298,91 kgDQO/d

**Volume do Meio Suporte**

A área do meio suporte ( $A_{\text{ms}}$ ) é assim calculada:

$$A_{\text{ms}} = L_{\text{DQO}} / TA_{\text{ms}}$$

onde:

TA<sub>ms</sub> = taxa de aplicação do meio suporte (adotada) 7,0 gDQO/m<sup>2</sup>.d

Assim, tem-se:

A<sub>ms</sub> = área do meio suporte 42.701,14 m<sup>2</sup>

O volume do meio suporte ( $V_{\text{ms}}$ ) é dado por:

$$V_{\text{ms}} = A_{\text{ms}} / AE_{\text{ms}}$$

onde:

AE<sub>ms</sub> = área específica do meio suporte (adotado) 365 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>

Logo:

V<sub>ms</sub> = volume do meio suporte 116,99 m<sup>3</sup>

**ETE 13 de maio**  
**Filtro Submerso Aerado (FSA)**

**Volume Requerido**

O volume total necessário para o FSA (V) é dado por:

$$V = V_{ms} / FE$$

onde:

FE = fator de empacotamento (adotado) 0,9

Com isso, obtém-se:

V = volume requerido 129,99 m<sup>3</sup>

O volume unitário (V<sub>u</sub>), correspondente a cada módulo, é assim calculado:

$$V_u = V / N$$

onde:

N = número de módulos (adotado) 2

Logo:

V<sub>u</sub> = volume unitário 65,00 m<sup>3</sup>

**Dimensões**

As dimensões adotadas para os filtros são as seguintes:

H = altura útil do FSA 4,00 m

H<sub>MS</sub> = altura útil no meio suporte 3,50 m

L = largura 3,50 m

C = comprimento 6,00 m

V<sub>u</sub> = volume unitário resultante = H × L × C 73,50 m<sup>3</sup>

**Demanda de Oxigênio**

A demanda de oxigênio (DO<sub>2</sub>) é dada por:

$$DO_2 = T_{ar} \times L_{DBO}$$

onde:

T<sub>ar</sub> = taxa de aeração (adotada) 3,3 kgO<sub>2</sub>/kgDBO

**ETE 13 de maio**  
**Filtro Submerso Aerado (FSA)**

Logo:

$DO_2$  = demanda de oxigênio 356,75 kg/d

$DO_2$  = demanda de oxigênio 14,86 kg/h

**Sopradores**

A vazão de ar necessária ao sistema ( $Q_{ar}$ ) é calculada pela seguinte equação:

$$Q_{ar} = DO_2 / (FT \times J \times T \times E)$$

onde:

n = número de sopradores operando (adotado) 1

FT = fator de trabalho (adotado) 0,50

J = densidade do ar 1,2 kg/m<sup>3</sup>

T = percentual de oxigênio no ar (adotado) 21 %

E = eficiência do sistema de aeração (adotada) 20 %

Assim, tem-se:

$Q_{ar}$  = vazão de ar 589,68 m<sup>3</sup>/h

$Q_{ar}$  = vazão de ar 9,83 m<sup>3</sup>/min

$Q_{ar}$  = vazão de ar 0,164 m<sup>3</sup>/s

A pressão de trabalho ( $p_t$ ) é dada por:

$$p_t = H + \Delta h$$

onde:

H = coluna d'água (adotada) 5,50 m

$\Delta h$  = perda de carga na tubulação de ar 1,50 m

Logo:

$p_t$  = pressão de trabalho 7,00 m

A potência do soprador é assim calculada:

$$P = Q_{ar} \times \rho \times g \times p_t / (\eta \times 1.000)$$

<b>ETE 13 de maio</b> <b>Filtro Submerso Aerado (FSA)</b>
--------------------------------------------------------------

onde:

$\rho$ = densidade do líquido	1.000 kg/m <sup>3</sup>
$g$ = aceleração da gravidade	9,81 m/s <sup>2</sup>
$\eta$ = rendimento do conjunto soprador (adotado)	80 %

Logo:

$P$ = potência do conjunto soprador	14,06 kW
$P$ = potência do conjunto soprador	19,10 CV
$f$ = folga (adotada)	15 %
$P$ = potência corrigida = $P \times (1 + f)$	21,97 CV

Será adotado conjunto soprador com as seguintes características:

Modelo de referência	SRT 1027
Número de sopradores	1 + 1 reserva
Potência nominal	25,0 CV
Vazão	11,4 m <sup>3</sup> /min
Sobreprensão	700 mbar
Rotação	2.500 rpm

**Difusores de Ar**

As características dos difusores de ar são as seguintes:

$N_d$ = número de difusores por módulo (adotado)	60
$n$ = quantidade de difusores por área	2,9 un/m <sup>2</sup>
$Q_d$ = vazão de ar por difusor = $Q_{ar} / (N \times N_d)$	4,91 m <sup>3</sup> /h

**Produção de Lodo**

A produção mássica de lodo no FSA ( $P_{lodo}$ ), em kgSS/d, é dada por:

$$P_{lodo} = Y \times L_{DBO}$$

onde:

$Y$ = coeficiente de produção de sólidos (adotado)	0,75 kgSS/kgDBO <sub>apl</sub>
----------------------------------------------------	--------------------------------

Logo:

$P_{lodo}$ = produção de lodo	81,08 kgSS/d
-------------------------------	--------------

**ETE 13 de maio**  
**Filtro Submerso Aerado (FSA)**

A produção de lodo volátil ( $P_{SSV}$ ), em kgSS/d, é obtida pela seguinte equação:

$$P_{SSV} = SSV/SS \times P_{lodo}$$

onde:

$$SSV/SS = \text{teor de sólidos voláteis (adotado)} \quad 75 \%$$

Com isso, obtém-se:

$$P_{SSV} = \text{produção de sólidos voláteis} \quad 60,81 \text{ kgSSV/d}$$

A quantidade de lodo aeróbio recirculado e removido do UASB ( $P_{lodo,rem}$ ) é dada por:

$$P_{lodo,rem} = P_{lodo} - P_{SSV} \times E_{SSV}$$

onde:

$$E_{SSV} = \text{remoção de SSV no UASB (adotado)} \quad 30 \%$$

Logo:

$$P_{lodo,rem} = \text{carga de lodo aeróbio removida do UASB} \quad 62,84 \text{ kgSS/d}$$

**Concentrações Efluentes**

As concentrações efluentes de DBO e de DQO são dadas por:

$$S_{DBO} = S_{0,DBO} - (E_{DBO} \times S_{0,DBO})/100 \quad S_{DQO} = S_{0,DQO} - (E_{DQO} \times S_{0,DQO})/100$$

onde:

$$S_{0,DBO} = \text{concentração afluyente de DBO} \quad 130,2 \text{ mg/L}$$

$$S_{0,DQO} = \text{concentração afluyente de DQO} \quad 360,0 \text{ mg/L}$$

$$E_{DBO} = \text{eficiência de remoção de DBO (adotada)} \quad 79 \%$$

$$E_{DQO} = \text{eficiência de remoção de DQO (adotada)} \quad 74 \%$$

Logo:

$$S_{DBO} = \text{concentração efluente de DBO} \quad 27,3 \text{ mg/L}$$

$$S_{DQO} = \text{concentração efluente de DQO} \quad 93,6 \text{ mg/L}$$

#### 8.5.4 Decantador lamelar (DL)

**ETE 13 de maio**  
**Decantador Lamelar (DL)**

**Comprimento Relativo**

A distância entre as placas normal ao fluxo ( $d$ ) é dada por:

$$d = e \times \sin\theta$$

onde:

$$e = \text{espaçamento entre as placas (adotado)} \quad 10,0 \text{ cm}$$

$$\theta = \text{inclinação das placas (adotada)} \quad 60^\circ$$

Sendo assim, tem-se:

$$d = \text{distância entre as placas normal ao fluxo} \quad 8,7 \text{ cm}$$

O comprimento útil do elemento tubular ( $l_u$ ) é calculado pela seguinte equação:

$$l_u = 0,9 \times (l - e \cos\theta)$$

onde:

$$l = \text{comprimento da placa (adotado)} \quad 1,00 \text{ m}$$

Logo:

$$l_u = \text{comprimento útil do elemento tubular} \quad 85,5 \text{ cm}$$

O comprimento relativo é, então, dado por:

$$L = l_u / d$$

$$L = \text{comprimento relativo} \quad 9,8$$

**Área Superficial Útil**

A área superficial útil ( $A$ ) é assim calculada:

$$A = Q_{\text{máx}} / (F \times V_s)$$

<b>ETE 13 de maio</b> <b>Decantador Lamelar (DL)</b>
---------------------------------------------------------

onde:

$Q_{m\acute{a}x}$ = vazão máxima afluyente	0,01957 m <sup>3</sup> /s
F = fator de forma = $\text{sen}q (\text{sen}q + L \times \text{cos}q)$	4,99
$V_s$ = velocidade de sedimentação (adotada)	1,25 cm/min
$V_s$ = velocidade de sedimentação	2,08E-04 m/s

Com isso, tem-se:

A = área superficial útil	18,82 m <sup>2</sup>
---------------------------	----------------------

A área superficial útil unitária ( $A_u$ ), correspondente a cada módulo, é dada por:

$$A_u = A / N$$

onde:

N = número de módulos (adotado)	6
---------------------------------	---

\* Serão utilizados dois módulos de decantadores, cada um constituído por 3 (três) sub-módulos, com isso será utilizado 6 sub-módulos para efeito de cálculo.

Logo:

$A_u$ = área superficial útil unitária	3,14 m <sup>2</sup>
----------------------------------------	---------------------

#### Número de Placas

O número de canais entre as placas do decantador (n) é dado por:

$$n = A_u \times \text{sen}\theta (a \times d)$$

onde:

a = largura da placa (adotada)	1,80 m
--------------------------------	--------

Logo:

n = número de canais entre as placas	18
--------------------------------------	----

O número de placas ( $n_p$ ) é, então, dado por:

$n_p$ = número de placas = n + 1	19
----------------------------------	----

**ETE 13 de maio**  
**Decantador Lamelar (DL)**

**Comprimento**

O comprimento do decantador é obtido através da seguinte equação:

$$C = l \times \cos\theta + [n \times d + (n + 1) \times b] / \sin\theta$$

onde:

b = espessura da placa (adotada) 1,0 cm

Logo:

C = comprimento do decantador 2,53 m

**Volume Total do Decantador Lamelar**

$V_{DL} = \text{Volume Quadrado } (V_{DLR}) + \text{Volume Tronco de Pirâmide } (V_{DLP})$

$$V_{DLR} = H_{DLR} \times A_{DLR} \times C_{DLR}$$

$$V_{DLP} = (H_{DLP}/3) \times (A_{DLP} + (\text{RAIZ}(A_{DLP} \times a_{DLP}) + a_{DLP}))$$

$H_{DLR}$  = altura do Decantador Lamelar retangular 2,55 m

$a_{DLR}$  = largura do Decantador Lamelar retangular 1,80 m

$C_{DLR}$  = comprimento do Decantador Lamelar retangular 2,53 m

$V_{DLR}$  = Volume do Decantador Lamelar Retangular 11,61 m

$H_{DLP}$  = altura do Decantador Lamelar pirâmidal 1,52 m

$A_{DLP}$  = Área maior do Decantador Lamelar Pirâmidal 0,25 m

$a_{DLP}$  = Área menor do Decantador Lamelar Pirâmidal 5,06 m

$V_{DLP}$  = Volume do Decantador Lamelar Pirâmidal 3,26 m

$V_{DLSM}$  = Volume do Decantador Lamelar por sub-módulo. 14,87 m<sup>3</sup>

$N_{SMDL}$  = Números de sub-módulos de Decantadores Lamelar 6,00 unid.

$V_{DL}$  = volume do Decantador Lamelar Total 89,24 m<sup>3</sup>

### 8.5.5 Tanque de contato (TC)

<b>ETE 13 de maio</b> <b>Tanque de Contato (TC)</b>
--------------------------------------------------------

**Volume do Tanque**

O volume unitário dos tanques de contato (V), em m<sup>3</sup>, é dado por:

$$V = Q_{\text{méd}} \times t / N$$

onde:

$Q_{\text{méd}}$ = vazão média afluyente	0,58 m <sup>3</sup> /min
t = tempo de contato (adotado)	30 min
N = número de módulos (adotado)	2

Sendo assim, tem-se:

V = volume unitário	8,70 m <sup>3</sup>
---------------------	---------------------

O tempo de contato referente à vazão máxima ( $t_{\text{mín}}$ ) fica sendo:

$$t_{\text{mín}} = V / (Q_{\text{máx}} \times N)$$

$t_{\text{mín}}$ = tempo de contato para $Q_{\text{máx}}$	15 min
-----------------------------------------------------------	--------

Este valor encontra-se acima de 15 min, atendendo aos critérios recomendados.

**Dimensões do Tanque**

Serão adotados tanques retangulares com as seguintes dimensões:

L = largura	2,00 m
C = comprimento	6,00 m
H = altura útil	0,73 m
H = altura útil adotada	0,85 m

**Concentração de Cloro**

A concentração de cloro a ser aplicada (C), em mg/L, é dada por:

$$C = [(N_0 / N)^{1/3} - 1] / (0,23 \times t)$$

onde:

$N_0$ = concentração afluyente de coliformes	5.000.000 NMP/100mL
N = concentração efluyente de coliformes (adotada)	1.000 NMP/100mL

Logo, os valores obtidos para a vazão média e para a vazão máxima são:

$C_{\text{méd}}$ = concentração de cloro para $Q_{\text{méd}}$	2,3 mg/L
$C_{\text{máx}}$ = concentração de cloro para $Q_{\text{máx}}$	4,7 mg/L

**ETE 13 de maio**  
**Tanque de Contato (TC)**

**Consumo de Cloro e Vazão de Dosagem**

A vazão de dosagem da solução de hipoclorito de sódio (D) é calculada pela seguinte equação:

$$D = Q_{\text{méd}} \times C / T$$

onde:

$Q_{\text{méd}}$ = vazão média de esgoto	830,30 m <sup>3</sup> /d
C = concentração de cloro aplicada (adotada)	5,0 mg/L
T = teor de cloro ativo na solução (adotado)	10 %

Com isso, obtém-se:

D = vazão de dosagem da solução de hipoclorito	41,52 L/d
------------------------------------------------	-----------

**Volume do Tanque de Dosagem**

O volume útil do tanque de dosagem da solução de hipoclorito ( $V_{\text{td}}$ ) é dado por:

$$V_{\text{td}} = D \times t_a / N_{\text{td}}$$

onde:

$t_a$ = tempo de armazenamento (adotado)	10 d
$N_{\text{td}}$ = número de tanques (adotado)	2 unid

Portanto:

$V_{\text{td}}$ = volume útil do tanque de dosagem	207,58 L
$V_{\text{td}}$ = volume do tanque de dosagem (adotado)	250 L

**Equipamentos de Aplicação de Cloro**

Potência do compressor	0,5 cv
Número de unidade (compressor)	2 un
Potência da bomba dosadora (50 w)	0,08 cv
Número de unidades para cada tanque	1 un

**\* As bombas utilizadas para dosagem das soluções e injetamento no ponto de aplicação deverão possuir um inversor de frequência que permite o ajuste da vazão com uma precisão menor que 1% ou ainda possuir ajuste digital de dosagem. Recomendamos uma bomba dosadora modelo 20 - 3 Serie DLXCC.**

**\*\* As bombas deverão possuir capacidade de vazão de 0,01 a 20 Litros/minuto, fluxo contínuo proporcional à velocidade, baixo valor de NPSH requerido, alta resistência contra a abrasão e alta precisão na dosagem. Deve ser constituída de aço inoxidável 316 e possuir um circuito receptor de sinal de 4 a 20 mA.**

### 8.5.6 Leito de secagem (LS)

<b>ETE 13 de maio</b> <b>Leito de Secagem (LS)</b>
-------------------------------------------------------

**Produção de Lodo**

O lodo descartado nos leitos de secagem refere-se ao lodo produzido no UASB mais o lodo originalmente

$P_{\text{lodo}} = P_{\text{lodo,UASB}} + P_{\text{lodo,rem}}$

onde:

$P_{\text{lodo,UASB}}$  = produção de lodo no UASB 129,27 kgSS/d

$P_{\text{lodo,rem}}$  = produção de lodo aeróbio removido do UASB 62,84 kgSS/d

Logo:

$P_{\text{lodo}}$  = produção total de lodo descartado 192,11 kgSS/d

A vazão total de lodo descartado ( $Q_{\text{lodo}}$ ) é dada por:

$$Q_{\text{lodo}} = P_{\text{lodo}} / (g \times C_{\text{lodo}})$$

onde:

$g$  = densidade do lodo (adotada) 1.020 kgSS/m<sup>3</sup>

$C_{\text{lodo}}$  = concentração de sólidos no lodo (adotada) 4 %

Assim, tem-se:

$Q_{\text{lodo}}$  = vazão total de lodo descartado 4,71 m<sup>3</sup>/d

**Área Requerida**

A área requerida para os leitos de secagem ( $A$ ) é função da carga de sólidos em suspensão aplicada, definida

$$A = P_{\text{lodo}} \times t / C_s$$

onde:

$t$  = ciclo de operação (adotado) 7 d

$C_s$  = carga de sólidos aplicada (adotada) 15 kgSS/m<sup>2</sup>

Logo:

<b>ETE 13 de maio</b> <b>Leito de Secagem (LS)</b>
-------------------------------------------------------

A = área requerida 89,65 m<sup>2</sup>

**Dimensões**

Serão adotadas as seguintes dimensões:

N = número de células de secagem 7  
L = largura 3,50 m  
C = comprimento 7,00 m  
A = área total resultante = N × L × C 171,50 m<sup>2</sup>

**Altura da Lâmina de Lodo**

A altura da lâmina de lodo nos leitos de secagem ( $h_{\text{lodo}}$ ) é dada por:

$$h_{\text{lodo}} = Q_{\text{lodo}} \times t / A$$

Logo:

$h_{\text{lodo}}$  = altura da lâmina de lodo 0,19 m

### 8.5.7 Eficiência do sistema (ES)

<b>ETE 13 de maio</b> <b>Eficiência do Sistema (ES)</b>
------------------------------------------------------------

**DBO**

A eficiência global de remoção de DBO é calculada através da seguinte equação:

$$E_{\text{DBO}} = 100 \times (S_0 - S) / S_0$$

onde:

$S_0$  = concentração afluyente de DBO 600,0 mg/L

$S$  = concentração efluente final de DBO 27,3 mg/L

Logo:

$E_{\text{DBO}}$  = eficiência global de remoção de DBO 95,44 %

A concentração obtida no efluente final atende ao limite máximo de 60 mg/L estabelecido pela Portaria nº 154/2002 da Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará (SEMACE).

**DQO**

A eficiência global de remoção de DQO é calculada através da seguinte equação:

$$E_{\text{DQO}} = 100 \times (S_0 - S) / S_0$$

onde:

$S_0$  = concentração afluyente de DQO 1.200,0 mg/L

$S$  = concentração efluente final de DQO 93,6 mg/L

Logo:

$E_{\text{DQO}}$  = eficiência global de remoção de DQO 92,20 %

A concentração obtida no efluente final atende ao limite máximo de 200 mg/L estabelecido pela Portaria nº 154/2002 da Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará (SEMACE).

**Coliformes**

A eficiência global da ETE em termos de remoção de coliformes é dada por:

$$E_{\text{CF}} = 100 \times (N_0 - N) / N_0$$

onde:

$N_0$  = concentração afluyente de coliformes 5E+07 NMP/100 mL

$N$  = concentração efluente final de coliformes 1.000 NMP/100mL

Logo:

$E_{\text{CF}}$  = eficiência de remoção de coliformes 99,998 %

A concentração obtida no efluente final atende ao limite máximo de 1.000 NMP/100 mL estabelecido pela Organização Mundial de Saúde para irrigação irrestrita.



## **Manual de Operação**

## 9 MANUAL DE OPERAÇÃO

### 9.1 Plano de manutenção

O termo “manutenção” em engenharia pode ser definido como a arte de manter os equipamentos e as estruturas de uma estação de tratamento em condições adequadas, para que realizem os serviços para os quais foram projetados.

#### 9.1.1 Aspectos gerais

Basicamente, qualquer programa de manutenção deve observar as seguintes regras:

- Conservar a estação limpa e em ordem;
- Estabelecer um plano sistemático de operação;
- Estabelecer uma rotina de inspeção e de lubrificação;
- Registrar dados e especificações dos equipamentos, dando-se especial atenção a incidentes incomuns e a condições operacionais defeituosas;
- Observar as medidas recomendadas de segurança.

Através das revisões das fichas de manutenção, poder ser constatado, nos equipamentos, as peças mais débeis, obtendo-se com isso uma orientação do material a ser estocado.

Todos os fabricantes de equipamentos fornecem informações básicas que normalmente são derivadas de anos de experiência. Esses dados deverão ser cuidadosamente estudados pelo operador da estação. Normalmente, são compostos de:

- Instruções de instalação;
- Instruções de lubrificação;
- Instruções de operação;
- Instruções de montagens e desmontagens;
- Listagem dos componentes.

### **9.1.2 Lubrificação**

A lubrificação é provavelmente a função mais importante de um programa de manutenção. A experiência dita que os óleos e as graxas a serem utilizados devem ser da melhor qualidade. As recomendações dos fabricantes devem ser seguidas rigorosamente.

### **9.1.3 Bombas de alimentação das unidades de tratamento**

As bombas são, talvez, os equipamentos mais importantes numa estação de tratamento. Sua paralisação normalmente indica uma paralisação parcial ou total da ETE.

Especial atenção deverá ser dada:

- Aos mancais – calor e barulho;
- Aos motores – velocidade, rotação e amperagem;
- Aos equipamentos de controle – limpeza e condições de funcionamento;
- Na operação da bomba – Vibração e barulho.

O esgoto é mais difícil de ser bombeado que a água. A presença de areia no esgoto tem um efeito abrasivo nos equipamentos de bombeamento. Outros materiais como trapos, gravetos, etc., podem também estar presentes durante o bombeamento. Por essa razão, cada peça deve ser rigorosamente e frequentemente inspecionada para que danos maiores possam ser corrigidos previamente. As recomendações dos fabricantes devem ser seguidas rigorosamente.

### **9.1.4 Sopradores**

Observações de barulhos ou de vibrações estranhas são também importantes de serem notadas, para que se possa corrigir um defeito no seu início, evitando-se, com isso, um prejuízo maior. A troca de lubrificantes deverá acontecer no período determinado pelo fabricante do equipamento. Para esse controle, torna-se necessário que o quadro de comando possua horímetros no sentido que seja conhecido o tempo certo da troca. O controle do nível do óleo deve ser feito, pelo menos, semanalmente com o equipamento parado, e sua troca quando o fluido ainda estiver quente.

### **9.1.5 Bomba de lavagem**

As mesmas recomendações das bombas de alimentação das unidades de tratamento são aqui coerentes para esse tipo de equipamento.

### **9.1.6 Estruturas suportes**

Estruturas suportes de uma estação, como canais, tanques, partes metálicas devem ser limpas e inspecionadas, pelo menos, uma vez por ano para que seja feita uma pintura protetora adequada nas partes sujeita a corrosão.

### **9.1.7 Prédios**

A manutenção dos equipamentos não deve ser a única intenção da equipe que opera e mantém a estação de tratamento. Os prédios devem ser conservados limpos para que torne mais agradável o trabalho do operador e para que diminua a repulsa psicológica dos visitantes. Uma pintura de conservação deverá ser feita com uma frequência pelo menos anual, dando-se especial atenção a portas, a janelas e a partes metálicas.

### **9.1.8 Jardins**

Parte componente do fator humanização da estação. O ajardinamento contribui para a atratividade do local, sendo constituído de gramas e de árvores implantadas em locais adequados.

## **9.2 Manual de operação**

### **9.2.1 Caixa de admissão**

O uso do by-pass geral da Depuradora somente deverá ser utilizado em último caso, em situações praticamente inevitáveis, como uma pane geral. No caso deste projeto, com a instalação de equipamentos eletromecânicos sempre em duplicata associada à existência de um gerador de energia elétrica de emergência, a possibilidade do uso desses desvios é extremamente remota.

A caixa de admissão deverá ser lavada com jatos de mangueira pelo menos uma vez ao dia, e todas as vezes que haja acumulação de detritos fora das canaletas de esgotos.

### **9.2.2 Grade**

Em condições normais, deve ser batida com intervalos de 01 (uma) hora. Porém, a retirada do material gradeado para o patamar drenante deve ser feito apenas a intervalos de 3 (três) horas. Na tarde de cada dia, este material deve ser lançado no leito de secagem existente na área do preliminar, e posteriormente lançado em contêiner para ser encaminhado ao aterro sanitário.

Em condições anormais, por exemplo, se ocorrer em dado momento, à chegada de grande quantidade de material gradeável, deve-se fazer a limpeza mesmo fora da hora marcada. Esta unidade e seus arredores deverão ser esguichados, com jatos de mangueira, sempre que houver necessidade.

### **9.2.3 Caixa de areia**

Os canais da caixa de areia serão usados alternadamente, ou seja, um de cada vez. A limpeza em cada canal será feita a cada 7 dias.

### **9.2.4 Bombas de alimentação das unidades de tratamento**

Além da lubrificação, se houver pelo menos uma vez ao dia, seus rotores devem ser limpos com escovas de piaçaba ou rastelo – sempre de cabo longo, para se evitar, o quanto possível à aproximação manual. Materiais renitentes, que não se destaquem com esta operação, devem ser retirados com ganchos. Os escovamentos dos rotores deverão ser acompanhados de esguichos de mangueira. Esta recomendação serve para bombas de rotor aberto.

### **9.2.5 Bombas de lavagem**

As mesmas recomendações das bombas de alimentação das unidades podem ser empregadas, levando-se em conta, no entanto que o trabalho desse último equipamento é mais leve, em função do tempo de seu funcionamento que é muito menor que o das bombas de alimentação das unidades.

## 9.2.6 Reator UASB

### Considerações Preliminares

A partida do UASB, classificado como reator anaeróbico de alta taxa, pode ser definida como um período de transição inicial, marcado por instabilidades operacionais, podendo ser feita através de 3 (três) processos distintos:

- Utilizando-se lodo de inóculo adaptado ao esgoto a ser tratado. Trata-se do processo mais conveniente devido à entrada do sistema em regime permanente se processar rapidamente, não havendo necessidade de aclimação do lodo;
- Utilizando-se lodo de inóculo não adaptado ao esgoto a ser tratado. Nesse caso, existirá um período de aclimação do sistema, incluindo uma fase de seleção microbiana;
- Sem a utilização do lodo de inóculo. Considerada a forma mais desfavorável devido à inoculação do reator acontecer com os próprios microrganismos do sistema cuja concentração é muito pequena, resultando num tempo de entrada em regime permanente da ordem de 3 (três) a 4 (quatro) meses, chegando alguns autores a mencionar um tempo de 6 (seis) meses.

### Partida com Inoculação do Reator

- Volume de Lodo de Inóculo

Nos casos onde se aplica o lodo de semeadura (inóculo), a carga biológica aplicada ao sistema de tratamento, dada em (kgDQO/kgSSV.d), é o parâmetro que caracteriza a carga orgânica aplicada com relação à quantidade de biomassa presente no reator, que em média se encontra na faixa de 0,05 a 0,50 kgDQO/kgSSV.d. Essa relação deverá ser aumentada gradativamente em função da eficiência do sistema, chegando em regime permanente a ter o valor de 2,00 kgDQO/kgSSV.d.

- Carga Hidráulica Volumétrica

A CHV ocasiona 3 (três) efeitos:

- Retira toda biomassa de sedimentações precárias, deixando espaço para a nova biomassa que está se desenvolvendo;

- Selecciona a biomassa ativa, decorrente da retirada da biomassa que não possui boa sedimentabilidade;
- Promove uma boa mistura no interior do reator.
- Temperatura

A temperatura ideal é na faixa de 30 - 35°C. No nosso caso, no Estado do Ceará este valor se situa na faixa de 25 - 30°C, mais comumente entre 27 - 28°C, considerada como condição sub-ótima de temperatura.

- Fatores Ambientais

Na partida, os seguintes fatores são desejáveis:

- Temperatura no interior do reator na faixa 30 - 35°C não factível para esgotos domésticos;
- O pH deve ser mantido sempre acima de 6,2, preferivelmente na faixa 6,8 – 7,2;
- Concentração de compostos tóxicos abaixo do limite prejudicial à atividade microbiológica.
- Aclimação e Seleção da Biomassa

As principais diretrizes para a seleção da biomassa são:

- Não retornar o lodo disperso perdido com o efluente;
- Promover diluição do afluente quando a DQO das águas residuárias for maior que 5000 mg/L, caso não é necessário quando se trata de esgotos domésticos;
- Aumentar a carga orgânica gradativamente sempre que a remoção de DQO atingir pelo menos 60%;
- Manter concentrações de ácido acético abaixo de 1000 mg/L. No caso dos esgotos domésticos, esse valor, no reator, é inferior a 200 – 300 mg/L, não havendo, portanto, tal preocupação;
- Prover a alcalinidade necessária no sistema de forma a manter o pH próximo de 7,0 (sete).
- Procedimentos Antecedentes à Partida do Reator

➤ Caracterização do Lodo de Inóculo

Após a definição do lodo de inóculo a ser utilizado na partida do UASB, deve ser feita uma caracterização qualitativa e quantitativa do mesmo, com a determinação dos seguintes parâmetros: pH; Alcalinidade em bicarbonato; Ácidos graxos voláteis; Sólidos Totais (ST); Sólidos Voláteis Totais (SVT); Atividade Metanogênica Específica (AME).

Além dos parâmetros acima, deve-se proceder a uma caracterização visual e olfativa do lodo.

➤ Caracterização do Esgoto Bruto

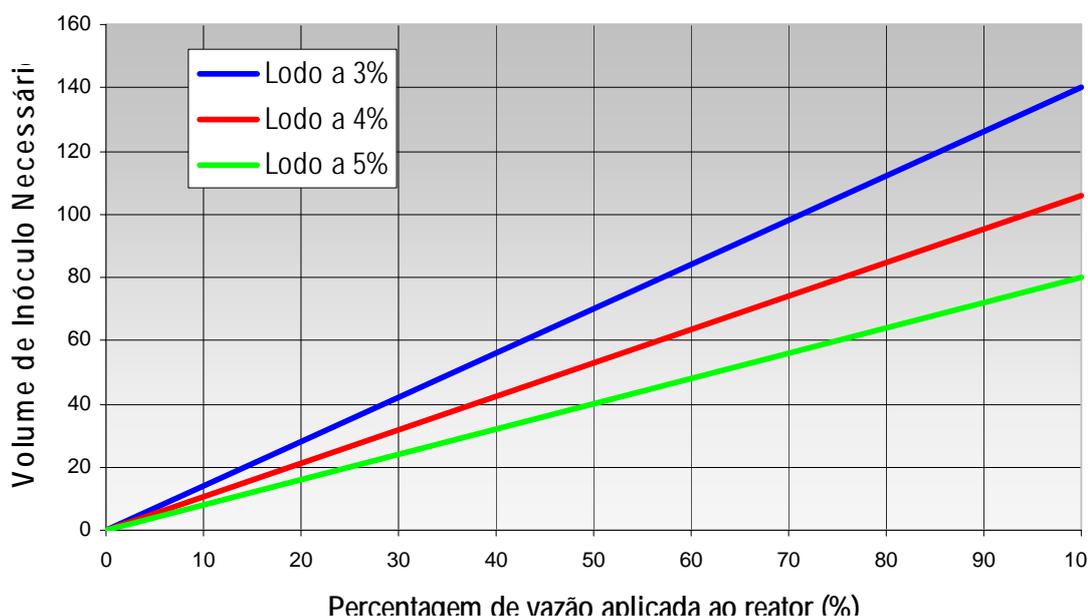
Realizar antes da partida do reator, uma campanha no sentido de caracterizar quantitativamente e qualitativamente o esgoto bruto.

➤ Estimativa do Volume de Lodo Necessário

Uma estimativa do volume de lodo necessário pode ser obtida por meio do gráfico apresentado a seguir, de autoria do professor Carlos Augusto de Lemos Chernicharo da Universidade Federal de Minas Gerais.

Este gráfico possibilita a visualização de alternativas de inoculação e partida do reator anaeróbio, considerando-se a aplicação de diferentes percentuais da vazão afluyente em função das concentrações de sólidos voláteis no lodo. As seguintes concentrações foram estudadas: Lodo a 3%, a 4% e a 5%.

Figura 27 - Representação gráfica dos volumes de inóculo necessários



Fonte: Chernicharo (2007)

- Procedimentos Durante a Partida do Reator

Esses procedimentos se referem à partida de um reator, realizada pelo professor Chernicharo em Itabira-MG, compreendendo a inoculação, a alimentação com esgotos e o monitoramento do processo.

- Inoculação do Reator

Pode ser feita com o reator cheio ou vazio, sendo melhor a segunda opção, a fim de diminuir as perdas de lodo. Nessa última situação, os seguintes passos foram dados:

- Transferência do inóculo para o reator, com o cuidado que o mesmo seja descarregado no fundo, evitando-se turbulências e contato excessivo com o ar;
    - Deixar o lodo em repouso por um período aproximado de 12 a 24 horas, possibilitando a sua adaptação gradual a temperatura ambiente.

- Alimentação do Reator

Após o período de repouso mencionado anteriormente, iniciar a alimentação até que o volume alcançado seja a metade do volume útil.

Deixar o reator sem alimentação por um período de 24 horas. Ao término desse período e antes de iniciar a próxima alimentação, coletar amostras do sobrenadante e efetuar as análises dos seguintes parâmetros: Temperatura, pH, alcalinidade, ácidos voláteis e DQO. Caso esses valores estejam em faixas aceitáveis (pH entre 6,8 a 7,4, ácidos voláteis abaixo de 200 mg/l como ácido acético) prosseguir o processo de alimentação.

Continuar o enchimento do reator até que seja atingido o seu nível operacional.

Deixar sem alimentação por outro período de 24 horas. Após esse período, repetir as análises com os mesmos parâmetros já mencionados anteriormente.

Caso os parâmetros analisados estejam dentro da faixa estabelecida, promover a alimentação contínua do reator, respeitando-se o percentual de vazão estabelecido em função da quantidade de inóculo utilizado.

Implantar e proceder ao monitoramento de rotina do processo de tratamento.

Proceder ao aumento gradual da vazão a cada 15 dias, de acordo com a resposta do sistema. Este intervalo pode ser ampliado ou reduzido dependendo dos resultados obtidos.

### **Partida sem Inoculação do Reator**

Para a maioria dos tipos de águas residuárias, o processo de partida de um reator UASB é longo e difícil. No caso do esgoto doméstico, tal operação apresenta menos problemas, devido a esse tipo de despejo já possuir, embora em concentrações pequenas, as populações microbianas necessárias para o processo de digestão anaeróbia; podendo, portanto, tal operação ser feita sem a necessidade de utilizar lodo inoculado, pois a fermentação ácida e metanogênica se desenvolverão automaticamente.

Por outro lado, a capacidade de tamponamento do esgoto é suficiente para evitar o azedamento, mesmo no período de partida, quando a população microbiana ainda é pequena para converter, eficientemente, os produtos de fermentação.

Em alguns exemplos com escala real, em Kampur, Pedregal e Bucaramanga a partida foi realizada sem o inóculo, não havendo grandes dificuldades no tempo de obtenção do estado estacionário, que variou de 12 a 20 semanas.

A duração do período de partida é definida pelo tempo necessário para se obter uma qualidade do efluente praticamente constante, e uma massa de lodo que não varia nem quantitativamente, nem qualitativamente com o tempo. Sem a aplicação do inóculo no início

da operação, a biomassa se desenvolverá durante o período da partida devido à acumulação de sólidos decantáveis não convertidos e populações bacterianas responsáveis pela conversão do material orgânico em metano. Essa acumulação é limitada em função do tamanho do reator, e em algum momento, começará a aparecer lodo no efluente sob a forma de partículas sedimentáveis. A partir desse momento, o reator estará cheio de lodo, ficando a massa no seu interior praticamente constante e a quantidade gerada no reator se tornará igual à massa descarregada com o efluente. Depois de se obter a concentração máxima de biomassa, os descartes periódicos para os leitos de secagem devem ser iniciados.

Segundo o Professor Adrianus C. Van Haandel, é perfeitamente possível de se iniciar a operação sem lodo no reator, sendo que nesse caso pode-se aplicar toda a vazão desde o início de operação.

### **Medidas de Segurança**

Com a possibilidade do relaxamento das atividades no Tratamento Preliminar, composto de grade, caixa de areia e calha Parshall, foi previsto um conjunto de medidas composto de:

- Isolamento da entrada da unidade danificada;
- No UASB e no FSA, é possível retornar o esgoto para a estação elevatória, evitando-se com isso o uso de desvios;
- Peça de inspeção lateral de formato circular no diâmetro de 1,00 m para o digestor anaeróbio e para o filtro submerso, dimensão essa que permitirá a inspeção no interior da unidade.
- Na parte superior do Digestor, a cobertura é parcialmente removida, devendo ser constituída de abertura de dimensão 0,75 m x 2,00 m com tampas em fibra de vidro.

### **Monitoramento do Processo**

Para uma operação satisfatória de um sistema de tratamento anaeróbio, torna-se necessário que seja feita uma monitoração do processo, no sentido de se manter sempre que possível às condições ambientais necessárias ao mesmo. Recomenda-se, sempre que possível, à instalação dos seguintes equipamentos de medição e controle:

- Medidores e registradores das características do afluente (Vazão, Temperatura e pH);

- Medidores e registradores da Temperatura e pH do reator, preferivelmente instalados na parte inferior do tanque;
- Medidores e registradores da produção de biogás.

A seguir, estão relacionados os parâmetros recomendados e suas frequências de determinação, para um bom controle do tratamento anaeróbio.

Tabela 16 - Programa de Monitoramento de Rotina de um UASB

Parâmetro	Unidade	Frequência		
		Afluente	Reator	Efluente
Temperatura	°C	Diária	Diária	-
pH	-	Diária	Diária	-
Alcalinidade bicarbonato	mg/L	3x semana	-	3x semana
Ácidos voláteis	mg/L	3x semana	-	3x semana
Sólidos dissolvidos	mg/L	1x semana	-	1x semana
Sólidos suspensos	mg/L	1x semana	-	1x semana
Sólidos Totais	mg/L	-	Mensal	-
Sólidos voláteis totais	mg/L	-	Mensal	-
DQO total	mg/L	1x semana	-	1x semana
DQO filtrada	mg/L	Quinzenal	-	Quinzenal
Nitrogênio total (NTK)	mg/L	Mensal	-	Mensal
Fósforo total	mg/L	Mensal	-	Mensal

### 9.2.7 FSA/DL/TC

#### Partes Componentes

O Filtro Submerso Aerado (FSA) é constituído de:

- Dispositivo de entrada, que tem como função dispor o líquido proveniente do UASB, no fundo da unidade equitativamente;
- Fornecimento de ar promovido por uma rede de difusores de bolha fina;
- Meio suporte de alto impacto, com uma taxa efetiva de área específica de 265m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>;
- Dispositivo de coleta do fluxo composto de um conjunto de calhas na superfície.

Por sua vez, o Decantador Lamelar é constituído de:

- Entrada da mistura líquida;
- Canais com placas paralelas;

- Calhas de coleta do efluente clarificado.

O Tanque de Contato possuirá um volume mínimo correspondente a 30 minutos com relação à vazão média, tendo no seu interior um conjunto de chicanas no sentido de evitar curtos-circuitos hidráulicos.

### **Funcionamento**

Depois do estabelecimento do estado estacionário com o crescimento do biofilme em toda extensão do material suporte, a mistura líquida será encaminhada para o decantador, onde será feita a separação entre o material sólido e o líquido.

A mistura líquida proveniente do FSA será dirigida no circuito para o canal de entrada do decantador, ficando os sólidos retidos no decantador e o líquido clarificado coletado nas calhas situadas na superfície do decantador. O lodo retido será encaminhado diretamente para os leitos de secagem.

As canaletas do efluente e as partes não submersas das paredes devem ser escovadas e lavadas com esguicho de mangueira sempre que for necessário.

O efluente final será clorado, aplicando-se o desinfetante na entrada do tanque de contato. Frequentemente, deverá ser observada a fluência do líquido do clorador, no sentido de garantir a permanência funcional.

As paredes do Tanque de Contato devem ser lavadas internamente com esguichos de mangueira, sempre que haja mau aspecto, aglomeração de resíduos ou presença de moscas.

A dosagem do desinfetante deverá ser aferida através da medida de cloro residual na saída do Tanque de Contato (TC).

Em face de curva de vazão, a cloração pode ser dividida em três fases:

- Das 6 às 10 horas e das 18 às 22 horas em que a vazão costuma ser de  $2/3$  da vazão média. A dosagem deve acompanhar essa relação;
- Das 22 às 6 horas da manhã, correspondendo às vazões mínimas, devendo neste caso a dosagem ser  $1/5$  da média;
- Das 10 às 18 horas, a dosagem deve ser aplicada na base de  $4/3$  da média.

## Medidas de Segurança

Mesmo com possibilidades remotas de obstruções no FSA ou nos canais das placas paralelas do decantador ou do UASB, foram previstos retornos para unidades sequenciais.

## Monitoramento do Processo

Para uma operação satisfatória de um sistema de tratamento aeróbio, torna-se necessário também que seja feita uma monitoração do processo, no sentido de se manter as condições adequadas para o bom desempenho do sistema. Recomenda-se, sempre que possível, a instalação de equipamentos de medição e controle, tais como medidores e registradores de vazão, pH, oxigênio dissolvido e cloro residual do efluente final.

A seguir, estão relacionados os parâmetros recomendados, e suas frequências de determinação para um bom controle desse tipo de tratamento.

Tabela 17 - Programa de Monitoramento de Rotina de um FSA

<b>Parâmetros</b>	<b>Unidade</b>	<b>Frequência (efluente)</b>
Temperatura	°C	Diária
pH	-	Diária
Sólidos dissolvidos	mg/L	Diária
Sólidos suspensos	mg/L	Semanal
Sólidos totais	mg/L	Mensal
Sólidos voláteis totais	mg/L	Mensal
DQO total	mg/L	Semanal
DQO filtrada	mg/L	Quinzenal
DBO total	mg/L	Quinzenal
DBO filtrada	mg/L	Quinzenal
Nitrogênio total (NTK)	mg/L	Mensal
Cloro residual	mg/L	Diária

Os dados de afluente do Filtro Submerso Aerado (FSA) correspondem ao do efluente do UASB.

## Secagem do Lodo

As descargas de lodo devem ser coerentes com a manutenção dos parâmetros estabelecidos no projeto. Por sua vez, a retirada de lodos secos do leito de secagem, para adubagem, incineração ou mesmo encaminhamento juntamente com o lixo para aterros sanitários, deve ser feita tão logo a desidratação seja satisfatória.

Para se avaliar a quantidade de lodo excedente, produzida em reatores do tipo UASB, tratando esgotos domésticos, tem sido usual a adoção de taxas de 0,10 a 0,20 kgSST/kgDQO aplicada ao sistema. O descarte de lodo excedente não deverá ser necessário durante os primeiros meses de operação do reator. Quando essa operação se tornar necessária, deverá ser feita, preferencialmente, na parte superior do leito de lodo (floculento). Todavia, em situações onde ocorram acumulações de sólidos junto ao fundo, deve-se promover descartes provenientes também do fundo do reator. No caso deste projeto, dois registros posicionados adequadamente, um no fundo e outro dois intermediários, possibilitarão que os procedimentos acima citados possam ser concretizados.

No caso do lodo produzido no FSA, é usual se admitir que a produção de lodo é da ordem de 0,75 kgSST/kgDQO removido. O descarte de lodo, como já foi anteriormente citado, será feito diretamente para o leito de secagem para desidratação.

### **Recomendações**

As áreas internas da estação de tratamento, excetuando as passagens de acessos operacionais e vias de tráfego de veículos, devem ser ajardinadas.

Devem ser cultivadas plantas adaptadas ao local da estação de tratamento.

Entre as unidades de tratamento, não devem transitar pessoas estranhas ou mesmo familiares dos operadores, sem a permissão de um destes.

Igualmente, não deve ser permitida a presença de animais domésticos, tais como: cães, gatos, galináceos, suínos, caprinos, etc.

### **Precauções**

O contato direto com os esgotos e lodos deve ser evitado o máximo possível. Para tanto, o operador de plantão deverá dispor de luvas e de botas de borracha que protejam-no durante as intervenções necessárias.

Ao usar, nos esgotos, utensílios como: rastelos, pás, recipientes diversos, etc., deve-se proceder sem estardalhaço, a fim de evitar respingos desnecessários sobre a pele e as roupas.

Deve se abster de fumar durante a execução de certos trabalhos, evitando assim de colocar na boca o cigarro antes tocado irrefletidamente com as mãos contaminadas.

Todas as vezes que as mãos tiverem em contato com os esgotos, devem ser lavadas e desinfetadas, com uma solução de uso corrente para tais fins: hipoclorito diluído, mistura lisoform / álcool / água, álcool iodado ou qualquer equivalente desses produtos.

Igualmente, as mãos deverão ser lavadas e desinfetadas antes de qualquer refeição, antes de fumar, antes de usar o mictório ou qualquer outro sanitário.



## **Especificações Técnicas**

## 10 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

As especificações técnicas necessárias encontram-se no Manual de Encargos de Obras de Saneamento (MEOS), disponibilizado pela Cagece no endereço: <https://www.cagece.com.br/manual-de-encargos-de-obras-de-saneamento>.

Serão apresentadas, neste capítulo, apenas as especificações de alguns equipamentos que não constam no MEOS e/ou que precisam de um maior detalhamento. Alguns modelos de referência foram mencionados para provar que existem equipamentos no mercado com as características desejadas neste projeto, ficando o construtor livre para adquiri-los com qualquer fornecedor, desde que atendam aos requisitos mínimos.

### 10.1 Ventosas

As ventosas deverão ter as seguintes especificações:

Modelo de referência .....	ARI D-023 NS ou similar
Tipo .....	Tríplice Função de Alto Desempenho
Material do Corpo .....	Aço Fundido ou Inoxidável
Classe de Carga .....	PN 16
Diâmetro .....	4" (100 mm)
Taxa de admissão de ar por subpressão .....	67 m <sup>3</sup> /min.bar
Taxa de expulsão de ar por sobrepressão .....	4 m <sup>3</sup> /min.bar

O corpo da ventosa deve ser revestido com epóxi em conformidade com a norma DIN 30677-2.

### 10.2 Tanque hidropneumático

Deverá ser empregado, como dispositivo de proteção para a linha de recalque, um reservatório hidropneumático do tipo multien capsulado com esferas em poliuretano ou do tipo com bolsa elastomérica interna em butil (espessura mínima de 2 mm) para esgoto com as seguintes especificações:

Modelos de referência .....	Hidroballs, Charlatte ou similar
-----------------------------	----------------------------------

Volume mínimo .....	500L
Material .....	Aço Carbono ASTM A 36 Gr. C
Diâmetro mínimo da inspeção .....	450 mm
Diâmetro mínimo da entrada .....	50 mm

O reservatório deverá ser fabricado conforme norma ASME em formato cilíndrico. O interior do tanque deverá ser recoberto com tinta epóxi anticorrosão. O exterior do tanque deverá ser recoberto com pintura de poliuretano anticorrosão. No dimensionamento da parede do tanque, deverá ser considerada uma corrosão interna mínima de 2 mm. Não será permitida a execução de soldagem no tanque após o processo de alívio do stress do material construtivo.

O tanque deverá dispor de uma conexão roscada em sua parte superior, que permita a instalação de um manômetro para monitoramento da pressão de pré-carga e uma válvula para admissão do gás comprimido. Além disso, deverá dispor de um indicador de nível através de transmissor de pressão diferencial, com display LCD local e saída 4 a 20 mA, para permitir o monitoramento do gás em seu interior.

### **10.3 Conjunto motor-bomba EEE Alho**

A estação elevatória tem as seguintes especificações:

Modelo de referência .....	Flygt NP 3102 MT ou similar
Tipo .....	Submersível
Rotor .....	Anticorrosivo, antiabrasivo e com triturador
Vazão mínima .....	5,20 l/s
Potência mínima .....	5,0 CV
Altura manométrica mínima .....	10,5 m
Frequência.....	60 Hz
Número de pólos .....	4 polos
Rotação .....	1.740 rpm

Eficiência mínima do conjunto motor-bomba ..... 25,6%

#### **10.4 Conjunto motor-bomba EEE 13 de Maio**

A estação elevatória tem as seguintes especificações:

Modelo de referência ..... Sulzer XFP100C CB1 ou similar

Tipo ..... Submersível

Vazão mínima ..... 19,6 l/s

Potência mínima ..... 6,0 CV

Altura manométrica mínima ..... 10,3 m

Frequência ..... 60 Hz

Número de pólos ..... 4 pólos

Rotação ..... 1730 rpm

Eficiência mínima do conjunto motor-bomba ..... 58,54%

#### **10.5 Soprador ETE 13 de maio**

A estação elevatória tem as seguintes especificações:

Modelo de referência ..... OMEL SRT 1027, Kaeser ou similar

Vazão mínima ..... 11,40 m<sup>3</sup>/min

Altura manométrica mínima ..... 700 mBar

Potência mínima ..... 25,0 CV

Rotação ..... 2500 rpm

Rendimento do conjunto soprador ..... 80%

#### **10.6 Guarda-corpo, escadas, corrimão e grades**

Fabricados através do processo de pultrusão, com perfil quadrado, utilizando resina Éster Vinílica, com adição de componente para proteção aos raios UV e pigmentação na cor amarela. Não será permitida a coloração através de pintura das peças.

### 10.7 Medidor de nível ultrassônico para canais abertos

O sensor de nível deverá atender as seguintes características:

- Medição sem contato com o meio medido;
- Aplicação: medir vazão de esgoto em estações;
- Fluido: Esgoto a 29° - 30°C;
- Material: Polipropileno com conexão de 1.1/2 BSP;
- Grau de proteção: IP68;
- Faixa de operação: 0,2 e 4,0 m;
- Ângulo de emissão: 5 a 6°;
- Temperatura de operação: -30° C à +90° C;
- Compensação de temperatura incorporada e automática;

O conversor deverá atender as seguintes características:

- Vazão: 0 a 50 L/s. Grau de proteção: IP65;
- Circuito eletrônico: microprocessado;
- Material: plástico PBT reforçado com fibra de vidro e Display LCD (Vazão instantânea);
- Indicação simultânea ou alternada de vazão e totalização, contendo também as unidades de engenharia e o valor medido. Duas funções de totalização (resetável e acumulativa).
- Escala: configurável através do teclado frontal;
- Linearização: até 32 pontos;
- Função: programação completa, medição de nível, medição de vazão em canal aberto.
- Pressão Atmosférica;
- Possuir saídas analógicas (4-20mA) e digital. Frequência de trabalho: 80KHZ (Nominal);
- Alimentação: 12 a 36 VCC e Conexão elétrica: prensa cabo 2x m20x1,5 + 2x ½ NPT(F).



**Anexos**

## 11 ANEXOS

Os anexos presentes neste capítulo estão listados abaixo:

Anexo A – ART

Anexo B – Câmara Técnica

Anexo C – Equipamentos de Referência

Anexo D – Bibliografia

Anexo E – Emails

Anexo F – Memorial de Desapropriação

### **11.1 Anexo A – ART**

A seguir, é apresentada a ART do projeto hidráulico de readequação das estações de tratamento de esgoto de Pacoti:



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART  
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

**CREA-CE**

**ART OBRA / SERVIÇO -  
REGISTRO ANTES DO  
TÉRMINO DA  
OBRA/SERVIÇO  
Nº CE20160108412**

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Ceará

INICIAL  
INDIVIDUAL

**1. Responsável Técnico**

**RUAM MAGALHAES DA SILVA**

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: 061193850-2

**2. Contratante**

Contratante: **COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ**

CPF/CNPJ: 07.040.108/0001-57

**AVENIDA LAURO VIEIRA CHAVES**

Nº: 1030

Complemento: **Gerência de Projetos (GPROJ)**

Bairro: **VILA UNIÃO**

Cidade: **FORTALEZA**

UF: **CE**

CEP: 60422700

País: **Brasil**

Telefone: **(85) 3101-1793**

Email: **ruam.silva@cagece.com.br**

Contrato: **Não especificado**

Celebrado em: **16/09/2016**

Valor: **R\$ 5.076,84**

Tipo de contratante: **PESSOA JURIDICA DE DIREITO PUBLICO**

Ação Institucional: **NENHUMA - NÃO OPTANTE**

**3. Dados da Obra/Serviço**

Proprietário: **COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ**

CPF/CNPJ: 07.040.108/0001-57

**AVENIDA LAURO VIEIRA CHAVES**

Nº: 1030

Complemento: **Gerência de Projetos (GPROJ)**

Bairro: **VILA UNIÃO**

Cidade: **FORTALEZA**

UF: **CE**

CEP: 60422700

Telefone: **(85) 3101-1793**

Email: **ruam.silva@cagece.com.br**

Coordenadas Geográficas: **Latitude: 0 Longitude: 0**

Data de Início: **16/09/2016**

Previsão de término: **17/10/2016**

Finalidade: **Saneamento básico**

**4. Atividade Técnica**

A1 - ATUACAO

Quantidade

Unidade

6 - PROJETO BÁSICO > RESOLUÇÃO 1025 -> OBRAS E SERVIÇOS - CONSTRUÇÃO CIVIL -> SANEAMENTO -> #3077 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO

2,00

un

6 - PROJETO BÁSICO > RESOLUÇÃO 1025 -> OBRAS E SERVIÇOS - CONSTRUÇÃO CIVIL -> SANEAMENTO -> #3078 - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

1,00

un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

**5. Observações**

Projeto Básico de Readequação das Estações de Tratamento de Esgoto de Pacoti. Composto por 2 estações elevatórias de 5 e 6 cv, 2 linhas de recalque com DN de 100 e 200 mm, além de estação de tratamento de esgoto compacta (UASB+FSA+DL+TC) para 20 l/s.

**6. Declarações**

Engº. Ruam Magalhães da Silva

**7. Entidade de Classe**

CREA 061193850-2

NENHUMA - NÃO OPTANTE

GPROJ - CAGECE

**8. Assinaturas**

Declaro serem verdadeiras as informações acima

RUAM MAGALHAES DA SILVA - CPF: 038.025.253-88

Fortaleza, 22 de setembro de 2016

Local

data

Engª Cariny Medeiros

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ - CNPJ: 07.040.108/0001-57

**9. Informações**

\* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

\* Somente é considerada válida a ART quando estiver cadastrada no CREA, quitada, possuir as assinaturas originais do profissional e contratante.

**10. Valor**

Valor da ART: **R\$ 74,37**

Pago em: **16/09/2016**

Nosso Número: **8211487469**

## **11.2 Anexo B – Câmara Técnica**

A seguir, é apresentado o Formulário de Câmara Técnica, com a participação dos técnicos dos setores de projeto, de operação, de obras e de meio ambiente da Cagece:



Custo menor em relação a segunda opção, uma vez que não há desapropriação.

6.1.2.3 Operacional

**Rotina operacional da nova ETE já é conhecida pelo setor de operação da CAGECE.**

6.1.2.4 Ambiental

**Atende satisfatoriamente os padrões de lançamento da Portaria nº 154/2002.**

6.1.2.5 Regularidade de Área

**Não há necessidade de regularização de área**

6.1.2.6 Tempo de Execução

-

6.1.2.7 Disponibilidade de Recurso

-

6.1.2.8 Contratos Internos

-

6.1.3 Desvantagens

6.1.3.1 Hidráulica

-

6.1.3.2 Custo

-

6.1.3.3 Operacional

**Acessos mínimos e pouco espaço para manobra de veículos.**

6.1.3.4 Ambiental

**Possibilidade de lançamento de efluente fora dos padrões durante a execução dos módulos da ETE Compacta.**

6.1.3.5 Regularidade de Área

-

6.1.3.6 Tempo de Execução

**Execução por etapas, com uma duração maior que o da segunda opção, pois parte da ETE existente deve continuar funcionando enquanto a ETE Compacta é construída.**

6.1.3.7 Disponibilidade de Recurso

-

6.1.3.8 Contratos Internos

-

6.1.4 CAPEX e OPEX

-

6.1.5 Considerações

-

6.2 Alternativa 2

6.2.1 Descrição

**Reverter o efluente da ETE Alho para a nova ETE 13 de Maio por meio de estação elevatória situada dentro da primeira, mantendo-a em operação. Construir uma ETE Compacta nova (UASB+FSA+DL+TC) em área diferente da atual.**

6.2.2 Vantagens

6.2.2.1 Hidráulica

**Sistema mais eficiente que o decanto digestor e filtros anaeróbios. ETE dimensionada para 20 anos.**

6.2.2.2 Custo

-

6.2.2.3 Operacional

**Rotina operacional da nova ETE já é conhecida pelo setor de operação. Acessos e áreas de manobra mais generosos.**

6.2.2.4 Ambiental

**Atende satisfatoriamente os padrões de lançamento da Portaria nº 154/2002.**

6.2.2.5 Regularidade de Área

-

6.2.2.6 Tempo de Execução

**Tempo menor, uma vez que a construção ocorre independente da ETE existente.**

6.2.2.7 Disponibilidade de Recurso

6.2.2.8 Contratos Internos

-

6.2.3 Desvantagens

6.2.3.1 Hidráulica

-

6.2.3.2 Custo

**Custo maior em relação a primeira opção, uma vez que o terreno necessário para a nova ETE é maior e há necessidade de desapropriação.**

6.2.3.3 Operacional

-

6.2.3.4 Ambiental

-

6.2.3.5 Regularidade de Área

**Há necessidade de início de processo de Regularização de Área**

6.2.3.6 Tempo de Execução

-

6.2.3.7 Disponibilidade de Recurso

-

6.2.3.8 Contratos Internos

-

6.2.4 CAPEX e OPEX

-

6.2.5 Considerações

Não se aplica

6.3 Alternativa 3

6.3.1 Descrição

6.3.2 Vantagens

6.3.2.1 Hidráulica

6.3.2.2 Custo

6.3.2.3 Operacional

6.3.2.4 Ambiental

6.3.2.5 Regularidade de Área

6.3.2.6 Tempo de Execução

6.3.2.7 Disponibilidade de Recurso

6.3.2.8 Contratos Internos

6.3.3 Desvantagens

6.3.3.1 Hidráulica

6.3.3.2 Custo

6.3.3.3 Operacional

6.3.3.4 Ambiental

6.3.3.5 Regularidade de Área

6.3.3.6 Tempo de Execução

6.3.3.7 Disponibilidade de Recurso

6.3.3.8 Contratos Internos

6.3.4 CAPEX e OPEX

6.3.5 Considerações

7. Alternativa Selecionada 1ª OPCÃO

7.1 Considerações

VERIFICAÇÕES / OBSERVAÇÕES:

- RETIRAR DO CENÁRIO DA ETE ALHO P/ 13 DE MAIO

- VERIFICAR A EFICIÊNCIA DA ETE 15 DE MAIO, PARA NOVA CAPA DE 03 DBO/DBO. VERIFICAR AS NOVAS DIMENSÕES.

- VERIFICAR NOVA LAYOUT DA CEE / CASA DE OPERADOR NA ETE ALHO

- ANALISAR A POSSIBILIDADE DE AMPLIAR A ETE ALHO COMO PAVIMENTO.

7.2 Justificativa

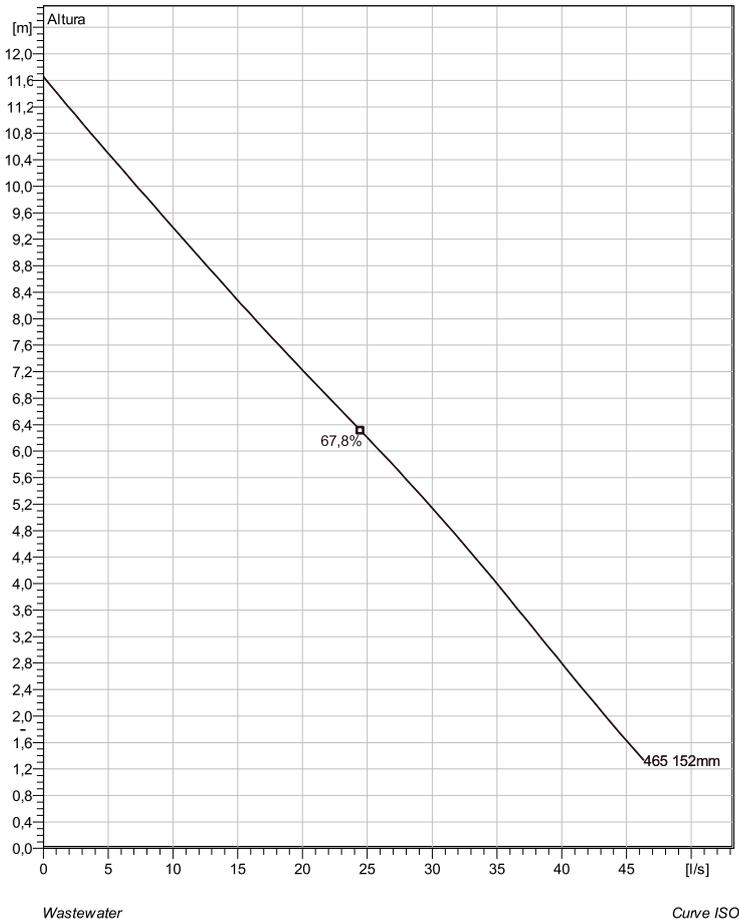
8. Prazo Previsto

9. Material Apresentado

(X) Apresentação (X) Alternativas

### 11.3 Anexo C – Equipamentos de referência

## NP 3102 MT 3~ 465 Technical specification



Note: Picture might not correspond to the current configuration.

### General

Patented self cleaning semi-open channel impeller, ideal for pumping in most waste water applications. Possible to be upgraded with Guide-pin® for even better clogging resistance. Modular based design with high adaptation grade.

### Impeller

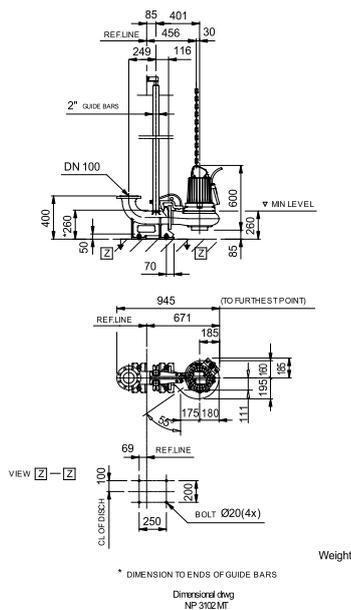
Impeller material	Hard-Iron
Discharge Flange Diameter	100 mm
Inlet diameter	100 mm
Impeller diameter	152 mm
Number of blades	2

### Motor

Motor #	N3102.185 18-11-4AL-W 5hp
Approval	Standard
Variante do estator	66
Frequência	60 Hz
Tensão nominal	380 V
Número de pólos	4
Fases	3~
Potência nominal	5 hp
Corrente nominal	7,8 A
Corrente de partida	43 A
Velocidade nominal	1740 rpm
Fator de potência	
1/1 Load	0,85
3/4 Load	0,82
1/2 Load	0,72
Motor efficiency	
1/1 Load	85,0 %
3/4 Load	86,0 %
1/2 Load	85,0 %

### Configuração

### Installation: P - Semi permanent, Wet



Projeto	Projeto ID	Criado por	Criado em <b>06.08.2016</b>	Última atualização
---------	------------	------------	--------------------------------	--------------------

## NP 3102 MT 3~ 465

### Curva de desempenho

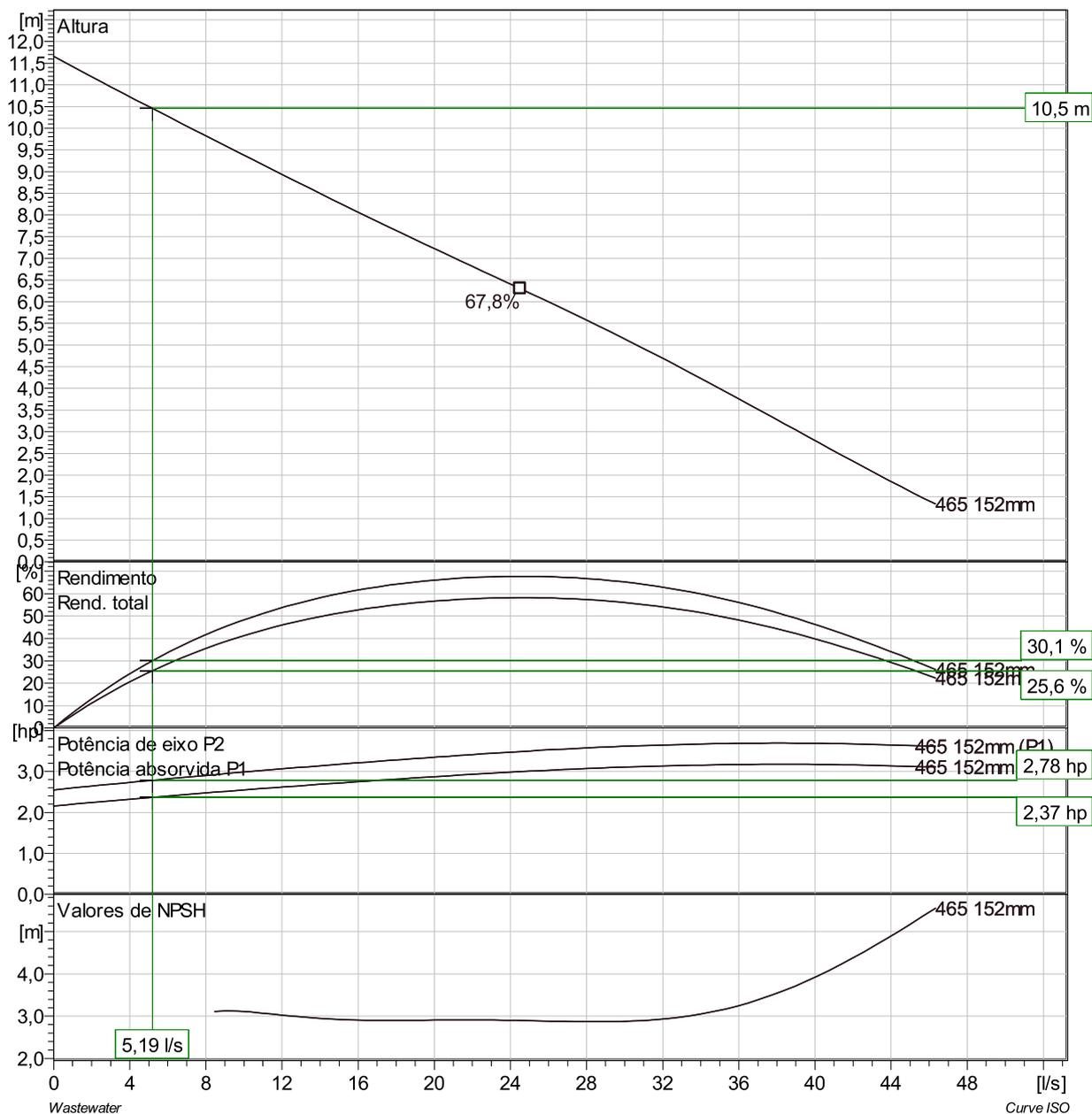
#### Bomba

Discharge Flange Diameter	100 mm
Inlet diameter	100 mm
Impeller diameter	152 mm
Number of blades	2

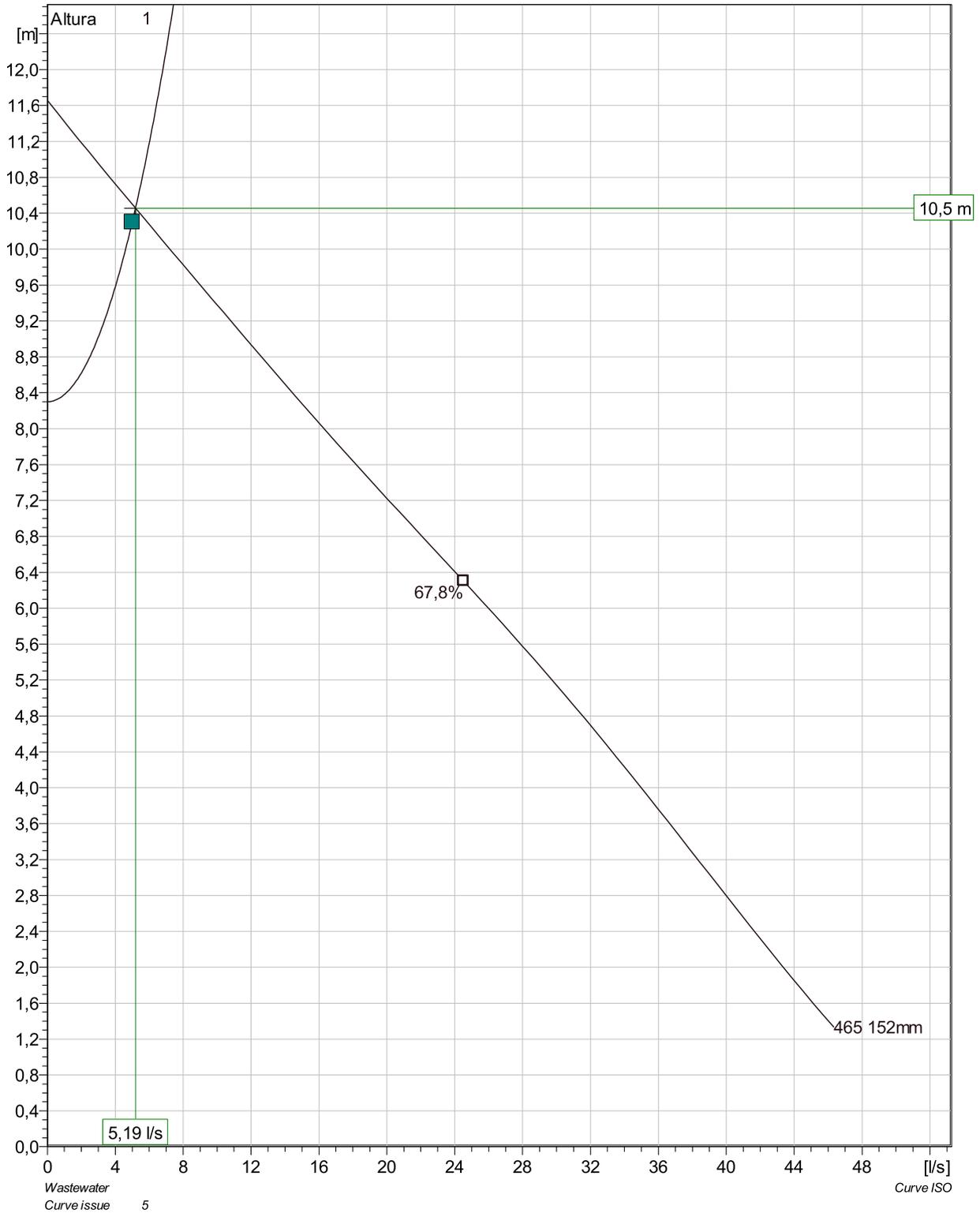
#### Motor

Motor #	N3102.185 18-11-4AL-W 5hp
Approval	Standard
Stator variant	66
Frequência	60 Hz
Rated voltage	380 V
Número de pólos	4
Fases	3~
Potência nominal	5 hp
Corrente nominal	7,8 A
Corrente de partida	43 A
Velocidade nominal	1740 rpm

Fator de potência	
1/1 Load	0,85
3/4 Load	0,82
1/2 Load	0,72
Motor efficiency	
1/1 Load	85,0 %
3/4 Load	86,0 %
1/2 Load	85,0 %



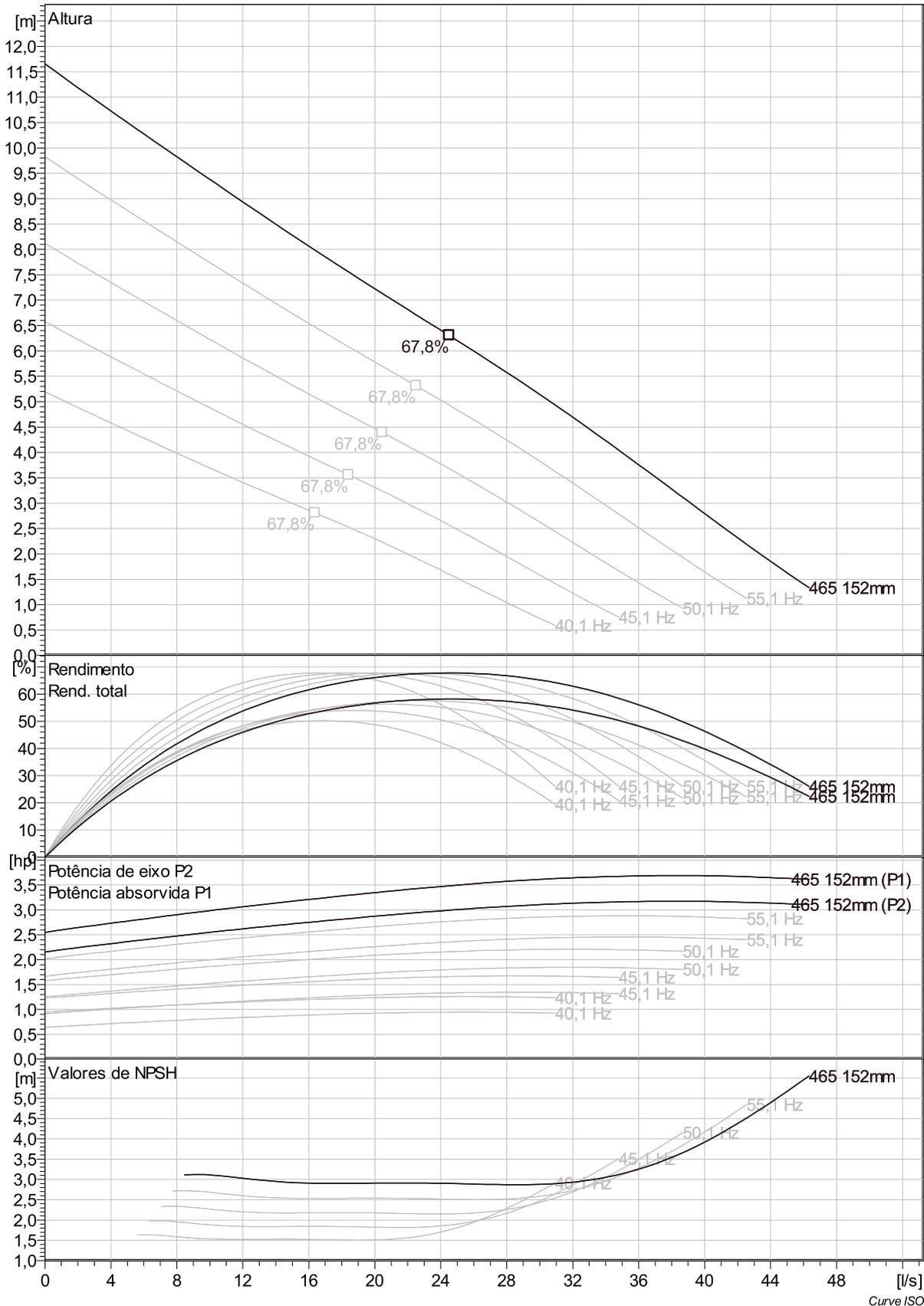
## NP 3102 MT 3~ 465 Duty Analysis



Pumps running /System	Individual pump			Total					
	Flow	Head	Shaft power	Flow	Head	Shaft power	Pump eff.	Specific energy	NPSHre
1	5,19 l/s	10,5 m	2,37 hp	5,19 l/s	10,5 m	2,37 hp	30,1 %	0,000111 kWh/l	

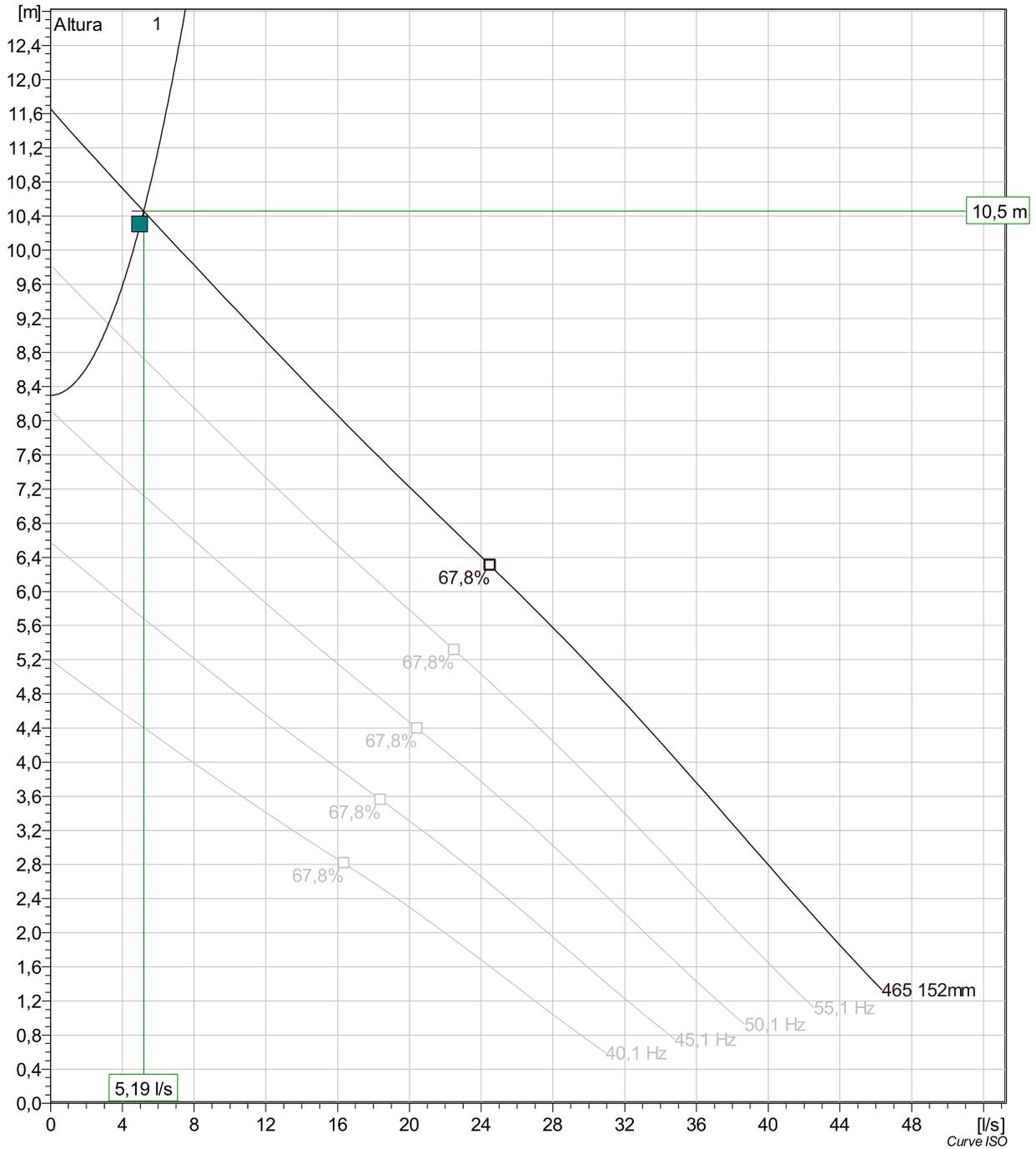
  

Projeto	Projeto ID	Criado por	Criado em <b>06.08.2016</b>	Última atualização
---------	------------	------------	--------------------------------	--------------------



Projeto	Projeto ID	Criado por	Criado em <b>06.08.2016</b>	Última atualização
---------	------------	------------	--------------------------------	--------------------

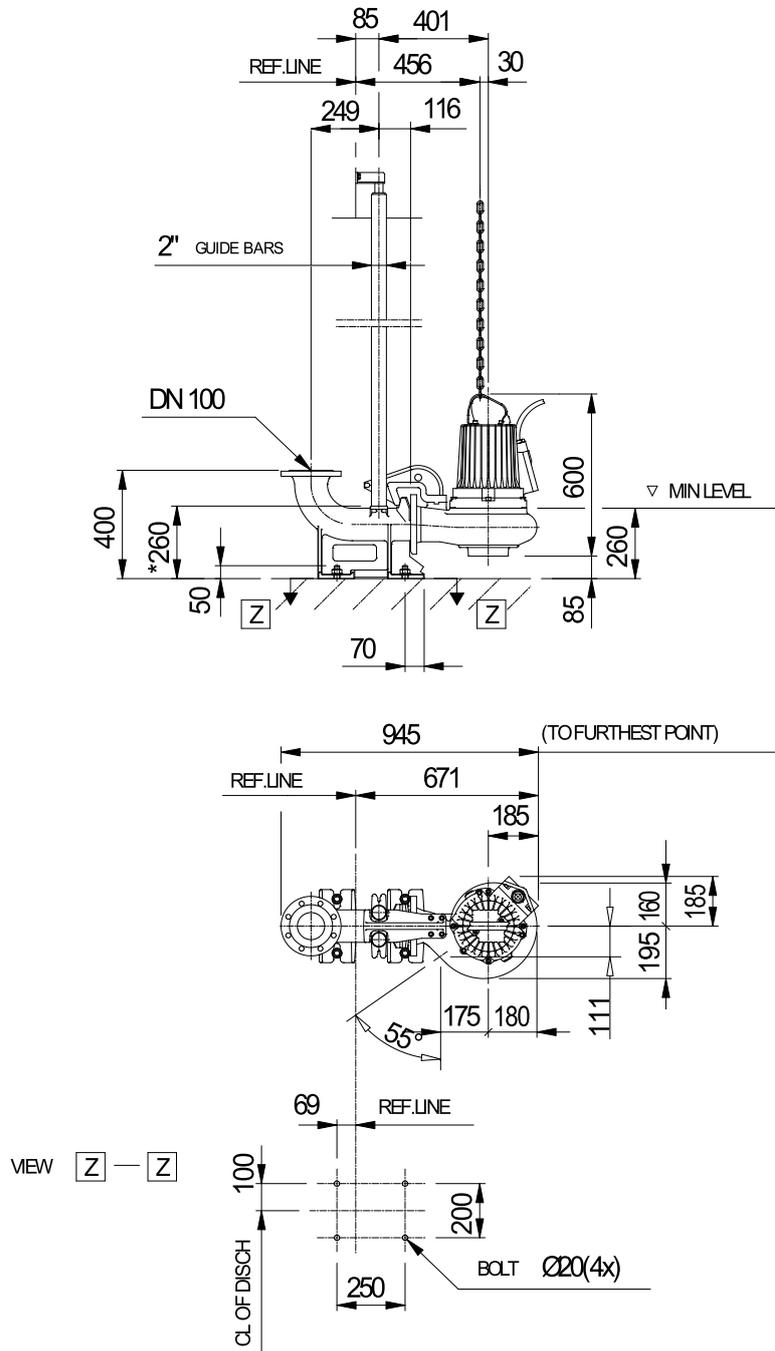
## NP 3102 MT 3~ 465 VFD Analysis



Pumps running /System	Frequency	Flow	Head	Shaft power	Flow	Head	Shaft power	Hyd eff.	Specific energy	NPSHre
1	60 Hz	5,19 l/s	10,5 m	2,37 hp	5,19 l/s	10,5 m	2,37 hp	30,1 %	0,000111 kWh/l	
1	55,1 Hz	3,23 l/s	9,14 m	1,78 hp	3,23 l/s	9,14 m	1,78 hp	21,7 %	0,000137 kWh/l	
1	50,1 Hz									
1	45,1 Hz									
1	40,1 Hz									

Projeto	Projeto ID	Criado por	Criado em <b>06.08.2016</b>	Última atualização
---------	------------	------------	--------------------------------	--------------------

## NP 3102 MT 3~ 465 Dimensional drawing



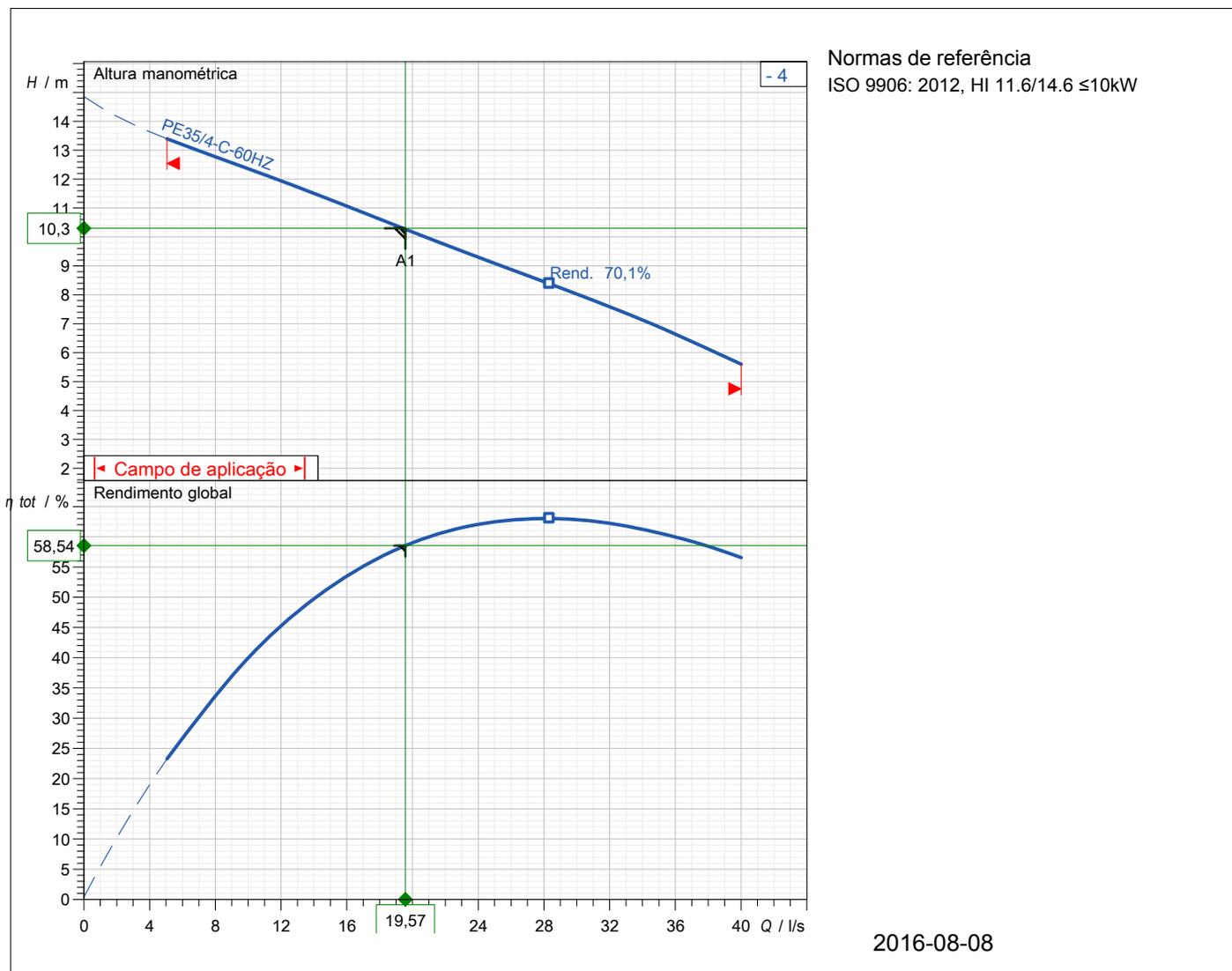
Weight

\* DIMENSION TO ENDS OF GUIDE BARS

Dimensional dwg  
NP3102MT

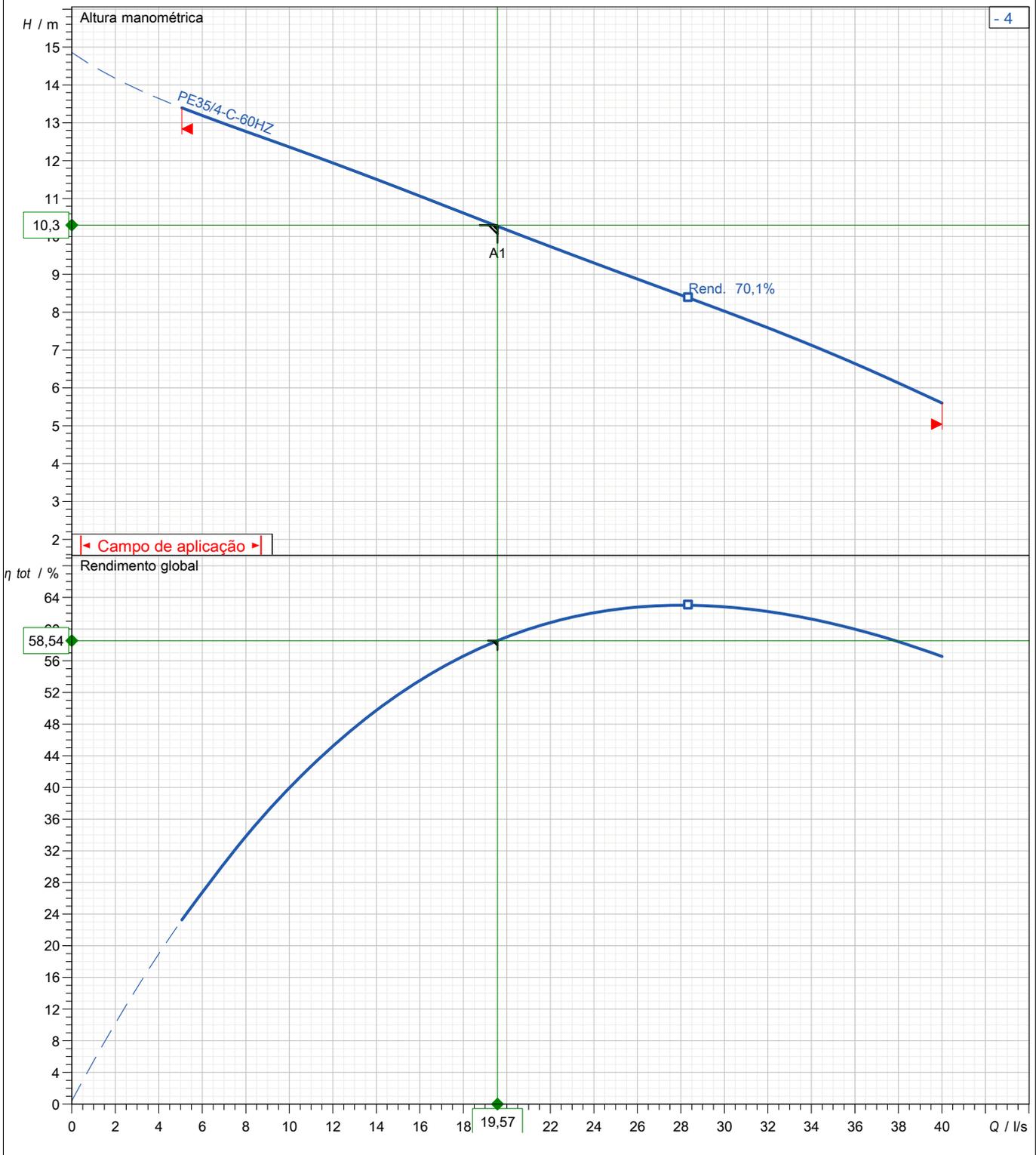
Projeto	Projeto ID	Criado por	Criado em 06.08.2016	Última atualização
---------	------------	------------	-------------------------	--------------------

# XFP100C CB1 60HZ (wet pit)



<b>Especificação das características de funcionamento</b> Vazão 19,6 l/s Rendimento 64,8 % NPSH 2,05 m Temperatura 25 °C Nº de bombas 1		Altura Manométrica 10,3 m Potência consumida 4,11 hp Fluido Esgoto Tipo de instalação Bomba simples
Dados da bomba Tipo XFP100C CB1 60HZ (wet pit) Série XFP PE1-PE3 Nº de aletas 1 Passagem livre 76,2 mm Flange de compressão DN100	Marca Propulsor Contrablock Plus impeller, 1 vane Diâmetro do propulsor 180 mm Boca de aspiração DN100 Tipo de instalação Wet Well installation with pedestal	SULZER
Dados de motor Tensão nominal 380 V Potência nominal P2 4,69 hp Número de pólos 4 Factor de potência 0,8 Corrente de arranque 50,2 A Binário de arranque 27,6 Nm Classe de isolamento H	Frequência 60,0 Hz Velocidade nominal 1730 1/min Rendimento 89,5 % Corrente nominal 7,51 A Binário nominal 19,3 Nm Grau de protecção IP 68 Nº de arranques/hora 15	

Número da curva		<b>Curva característica da bomba</b> <b>XFP100C CB1 60HZ (wet pit)</b>		<b>SULZER</b>	
Curva de referência XFP100C-CB 60HZ					
			Boca de saída DN100	Frequência 60 Hz	
Densidade 997,1 kg/m <sup>3</sup>	Viscosidade 0,8865 mm <sup>2</sup> /s	Normas de referência ISO 9906: 2012, HI 11.6/14.6 ≤10kW	Velocidade nominal 1742 1/min	Data 2016-08-08	
Vazão 19,6 l/s	Altura Manométrica 10,3 m	Potência consumida 4,11 hp	Rendimento hidráulico 64,8 %	NPSH 2,05 m	



Diâmetro do propulsor 180 mm	Nº de aletas 1	Propulsor Contrablock Plus impeller, 1 vane	Passagem de sólidos 76,2 mm	Revisão
---------------------------------	-------------------	------------------------------------------------	--------------------------------	---------

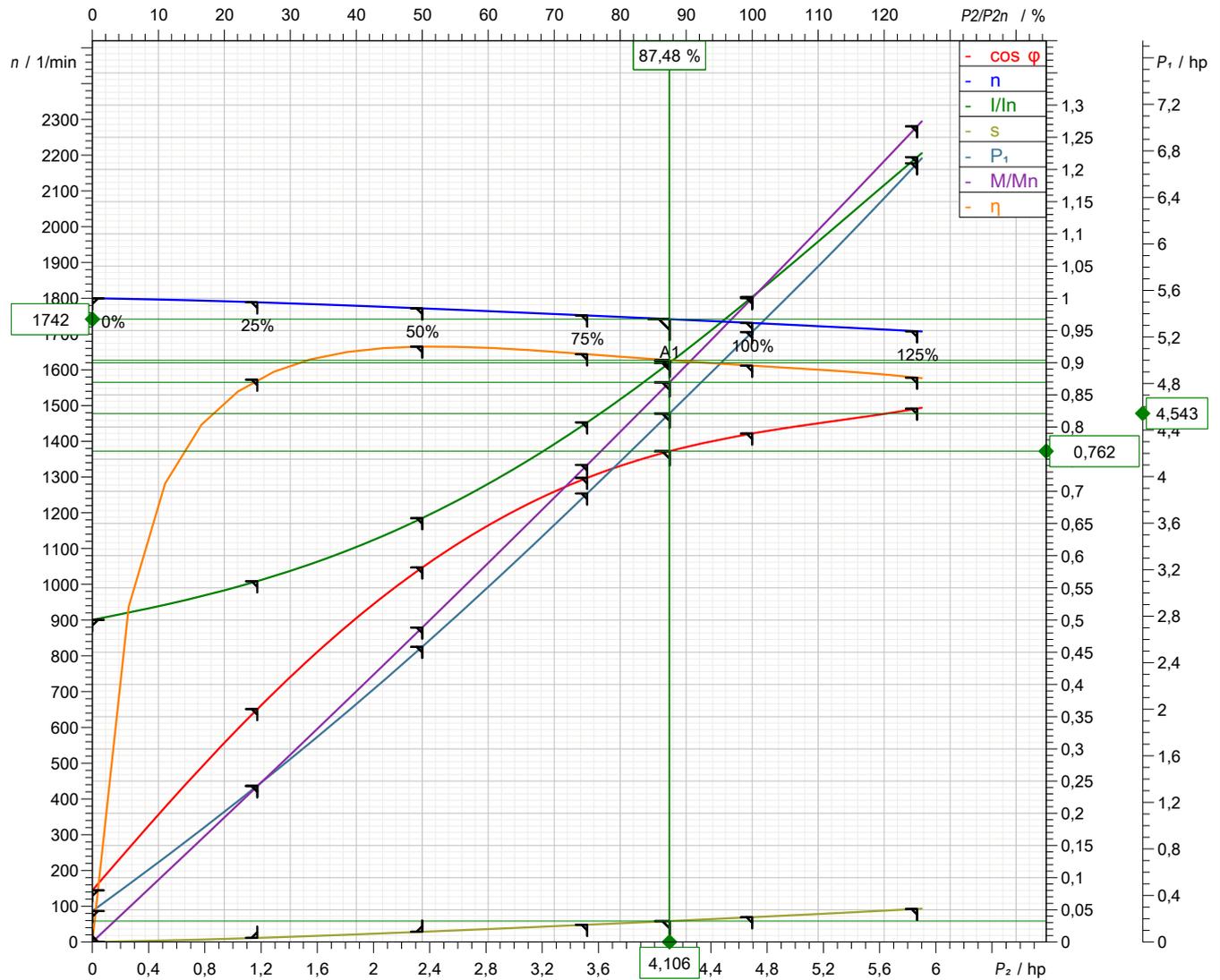
Frequência  
60 Hz

# Curvas do motor

## PE35/4-C-60HZ

**SULZER**

Potência nominal 4,69 hp	Factor de serviço 1,3	Velocidade nominal 1730 1/min	Número de pólos 4	Tensão nominal 380 V	Data 2016-08-08
-----------------------------	--------------------------	----------------------------------	----------------------	-------------------------	--------------------



Símbolo	Em vazio	25 %	50 %	75 %	100 %	125 %
P <sub>2</sub> / hp	0	1,173	2,347	3,52	4,694	5,867
P <sub>1</sub> / hp	0,2657	1,343	2,537	3,855	5,242	6,693
η / %	0	87,36	92,5	91,31	89,53	87,67
n / 1/min	1800	1789	1772	1752	1731	1708
cos φ	0,08017	0,3618	0,5818	0,721	0,7899	0,8285
I / A	3,755	4,206	4,941	6,058	7,52	9,151
s / %	0,00233	0,6309	1,578	2,673	3,845	5,125
M / Nm	0	4,671	9,433	14,31	19,31	24,46

Tolerâncias a VDE 0530 T1 12.84 potência nominal segundo

Corrente de arranque 50,2 A	Binário de arranque 27,6 Nm	Momento de inércia 0,009 kg m <sup>2</sup>	Nº de arranques/hora 15
--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------------------	----------------------------

# SRT

Sopradores Trilobados  
de Deslocamento Positivo.

*Positive Displacement  
Tri-Lobular Blowers.*



Performance dos sopradores em pressão  
*Blowers performance operating in pressure*

Tamanho do Soprador Size of the Blower		710	713	720	816	821	831	1019	1027	1039	1323	1334
Capacidade Máxima Maximum Capacity	m <sup>3</sup> /min	3,85	6,10	8,90	9	11,23	18,31	17,7	23,33	32	29	38
Pressão Máxima Maximum Pressure	mbar	900	1000	700	1000	900	700	1000	1000	700	1000	1000
Velocidade Máxima Maximum Speed	rpm	4800	4800	4800	4800	4800	4800	4800	4800	4800	3800	3800
Potencia Absorvida Shaft Power	Kw	8,50	11,85	12,8	14,91	23,15	20	25	50	48	31,41	78
Potencia do Motor Drive Power	Kw	11	15	15	25	30	25	30	55	55	40	90
Nível Pressão Sonora (sem cabine/com cabine) Noise Pressure Level (with and without sound proof cabine)	dB(A)	94/72	95/74	96/77	98/78	98/78	102/80	103/82	104/84	104/80	106/86	106/87
Temperatura de Saída Max. Discharge Temperature	ax. °C	132	140	95	125	132	116	127	132	112	127	130
Peso Weight	Kgf	67	77	92	105	120	140	165	190	214	304	330
Comprimento Length	mm	463	497	564	573	629	728	668	748	861	764	874
Largura Width	mm	319	319	319	355	355	355	355	420	420	579	579
Altura Height	mm	267	267	267	317	317	317	317	317	317	398	398
Diam. Norm. Conexões Nominal Diam. Flanges	mm	80	80	80	80	100	100	199	100	150	150	150



#### 11.4 Anexo D – Bibliografia

A bibliografia utilizada como suporte a este projeto é descrita a seguir:

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12208: Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário. Rio de Janeiro. 1992;
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12209: Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro. 2011;
- AZEVEDO NETTO, J.M. Manual de Hidráulica. 8ª ed. São Paulo: Edgard Blucher. 1998;
- COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ. Normas técnicas para projetos de sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Fortaleza, 2010;
- INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. Perfil Básico Municipal – Pacoti. Fortaleza, 2015;
- JORDÃO, E.P; PESSÔA, C.A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 6ª ed. Rio de Janeiro: ABES. 2011;
- VON SPERLING, M. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Vol. 3. Princípios Básicos do Tratamento de Esgotos. 1ª Edição. Belo Horizonte: DESA-UFMG. 1996;
- NUVOLARI, A. Esgoto Sanitário - Coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blucher. 2011;
- PORTO, R. M. Hidráulica Básica. 4ª ed. São Carlos: EESC-USP. 2006;
- TSUTIYA, M. T.; ALEM SOBRINHO, P. Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário. 3ª ed. Rio de Janeiro: ABES. 2011.

## 11.5 Anexo E – E-mails

**Zimbra****ruam.silva@cagece.com.br****Re: pacoti**

**De :** ROMILDO LOPES DE O FILHO  
<romildo.filho@cagece.com.br>

Seg, 09 de Mai de 2016 11:44

**Assunto :** Re: pacoti

**Para :** RUAM MAGALHAES DA SILVA  
<ruam.silva@cagece.com.br>

**Cc :** EDUARDO DE FREITAS GONCALVES  
<eduardo.goncalves@cagece.com.br>

Bom dia Ruam,  
Ligações de agua: Reais 1067; Ativas 954;  
Ligações de esgoto: Reais 864; Ativas 809;  
Extensão de rede de esgoto 6413,42 metros.  
Atenciosamente

**Romildo Lopes de O Filho**

Supervisor IV  
UN-BME60 - Coordenadoria de Operação Industrial  
**Cagece - Companhia de Água e Esgoto do Ceará**  
(85) 3101-5624



---

**De:** "RUAM MAGALHAES DA SILVA" <ruam.silva@cagece.com.br>  
**Para:** "ROMILDO LOPES DE O FILHO" <romildo.filho@cagece.com.br>  
**Cc:** "EDUARDO DE FREITAS GONCALVES" <eduardo.goncalves@cagece.com.br>  
**Enviadas:** Segunda-feira, 9 de maio de 2016 11:15:10  
**Assunto:** Re: pacoti

Caros,

Vocês poderiam me passar o número de economias de água e esgoto de Pacoti?

Att.,

**Ruam Magalhaes da Silva**

Engenheiro Projetos I  
GPROJ - Gerência de Projetos de Engenharia  
**Cagece - Companhia de Água e Esgoto do Ceará**  
(85) 3101-1789



---

**De:** "ROMILDO LOPES DE O FILHO" <romildo.filho@cagece.com.br>  
**Para:** "RUAM MAGALHAES DA SILVA" <ruam.silva@cagece.com.br>  
**Cc:** "CAILINY DARLEY DE MENEZES MEDEIROS CUNHA"  
<cailiny.medeiros@cagece.com.br>, "EDUARDO DE FREITAS GONCALVES"  
<eduardo.goncalves@cagece.com.br>  
**Enviadas:** Segunda-feira, 9 de maio de 2016 9:56:34  
**Assunto:** pacoti

Bom dia,  
Segue conforme solicitado.  
Atenciosamente

**Romildo Lopes de O Filho**

Supervisor IV  
UN-BME60 - Coordenadoria de Operação Industrial  
**Cagece - Companhia de Água e Esgoto do Ceará**  
(85) 3101-5624



**Zimbra****ruam.silva@cagece.com.br**

---

**Re: Ligações por ETE - Pacoti**

---

**De :** ROMILDO LOPES DE O FILHO  
<romildo.filho@cagece.com.br>

Qua, 11 de Mai de 2016 10:56

**Assunto :** Re: Ligações por ETE - Pacoti

**Para :** RUAM MAGALHAES DA SILVA  
<ruam.silva@cagece.com.br>

**Cc :** EDUARDO DE FREITAS GONCALVES  
<eduardo.goncalves@cagece.com.br>, PRAXEDES  
- GPROJ <praxedes.berto@cagece.com.br>

Bom dia,

Segue quantidade de ligações que se direcionam

ETE 13 de Maio - 750 ligações

ETE Alho (Matadouro) - 60 ligações

Atenciosamente

**Romildo Lopes de O Filho**

Supervisor IV

UN-BME60 - Coordenadoria de Operação Industrial

**Cagece - Companhia de Água e Esgoto do Ceará**

(85) 3101-5624



---

**De:** "RUAM MAGALHAES DA SILVA" <ruam.silva@cagece.com.br>

**Para:** "ROMILDO LOPES DE O FILHO" <romildo.filho@cagece.com.br>

**Cc:** "EDUARDO DE FREITAS GONCALVES" <eduardo.goncalves@cagece.com.br>, "PRAXEDES - GPROJ" <praxedes.berto@cagece.com.br>

**Enviadas:** Quarta-feira, 11 de maio de 2016 8:42:54

**Assunto:** Ligações por ETE - Pacoti

Bom dia a todos,

Romildo, você poderia disponibilizar o número de ligações por ETE em Pacoti?

Vocês tem um cadastro mais atualizado que este que envio em anexo? Esse cadastro não tem as duas ETE's que visitamos, possui outras ETE's menores e tem redes coletoras que conduzem o efluente a locais sem estação de tratamento.

Att.,

**Ruam Magalhaes da Silva**

Engenheiro Projetos I

GPROJ - Gerência de Projetos de Engenharia

**Cagece - Companhia de Água e Esgoto do Ceará**

(85) 3101-1789



Zimbra

ruam.silva@cagece.com.br

---

**Fwd: Resumo de assuntos abordados em Audiência Públicas de Guaramiranga e Pacoti, dia 27 de maio de 2016**

---

**De :** HAMILTON CLAUDINO SALES  
<hamilton.claudino@cagece.com.br>

Ter, 31 de Mai de 2016 16:41

**Assunto :** Fwd: Resumo de assuntos abordados em Audiência Públicas de Guaramiranga e Pacoti, dia 27 de maio de 2016

**Para :** FRANCISCO JOSINETO SOUZA ARAUJO  
<josineto.araujo@cagece.com.br>, JOSE CARLOS LIMA ASFOR <jose.asfor@cagece.com.br>, RUAM MAGALHAES DA SILVA <ruam.silva@cagece.com.br>

Compartilhando.

### Hamilton Claudino Sales

Gerente

UN-BME - Unidade de Negócio Bacia Metropolitana

**Cagece - Companhia de Água e Esgoto do Ceará**

(85) 3101-5615



---

**De:** "HAMILTON CLAUDINO SALES" <hamilton.claudino@cagece.com.br>

**Para:** "PRAXEDES - GPROJ" <praxedes.berto@cagece.com.br>, "EDUARDO DE FREITAS GONCALVES" <eduardo.goncalves@cagece.com.br>, "MARCOS SARAIVA" <marcos.saraiva@cagece.com.br>, "ANTONIO ANDRADE DE SOUSA" <antonio.andrade@cagece.com.br>, "DELANO SAMPAIO CIDRACK" <delano.cidrack@cagece.com.br>, "ABRAAO EVANGELISTA SAMPAIO" <abraao.sampaio@cagece.com.br>, "Cailiny" <cailiny.medeiros@cagece.com.br>, "ROMILDO LOPES DE O FILHO" <romildo.filho@cagece.com.br>, "HELDER" <helder.cortez@cagece.com.br>, "JORGE ANDRE FERNANDES" <jorge.fernandes@cagece.com.br>, "VANIA MARIA VIANA VIEIRA PALMEIRA" <vania.palmeira@cagece.com.br>, "JOEL" <joel.bastos@cagece.com.br>, "FRANCISCO REGINALDO PAIVA NUNES" <reginaldo.nunes@cagece.com.br>

**Cc:** "Neurisangelo Freitas" <neurisangelo.freitas@cagece.com.br>, "CLAUDIA ELIZANGELA TOLENTINO CAIXETA" <claudia.caixeta@cagece.com.br>

**Enviadas:** Segunda-feira, 30 de maio de 2016 13:45:07

**Assunto:** Resumo de assuntos abordados em Audiência Públicas de Guaramiranga e Pacoti, dia 27 de maio de 2016

Prezados

Sexta feira passada, dia 27 de maio, participamos de duas audiências públicas nas cidades de Guaramiranga( pela manhã) e Pacoti( a tarde/noite). Em ambas a Cagece foi citada e muito reclamada em relação ao SES de Guaramiranga( ficamos de fazer análise dos efluentes das ETE'S e apresentar proposta) e em Pacoti, em relação ao SES( apresentamos o estudo em desenvolvimento pela GPROJ, eng. Ruam e Praxedes) e ao SAA( citamos reuso implantado com melhora no percapta e poço escavado pela sohidra mas ainda não enviados dados). Em Guaramiranga não temos reclamação de falta de água e temos três poços escavados a ser implantados( poderemos aumentar muito a oferta de água, até dobrar).

Em Pacoti o promotor João Filho pretende elaborar um TAC, mas após nova reunião com os envolvidos.

Nos encontros ficamos com os seguintes compromissos:

1 - Ficamos de fazer análise dos efluentes das ETE'S de Guaramiranga e providenciar renovação das licenças( orçar condicionantes e apresentar proposta);

2 - Em Pacoti ficamos de participar da elaboração de um plano de ação, onde explicitaremos tarefas e responsabilidade dos atores envolvidos, sob a coordenação da Patrícia( APA Mação de Baturité);

3 - Ficamos de enviar técnicos da BME para fazer investigação do porque da DQO do sistema está tão elevada, não condizente com esgoto doméstico( inclusive de analisar também o efluente de um matadouro municipal que contribui para a ETE Alho, Pacoti, causando uma piora visível no efluente e odor na área de uma pousada);

4 - Cagece ficou de agilizar o desenvolvimento do projeto de esgoto de Pacoti( Praxedes e Ruan explicaram o quê está sendo idealizado) e apresentar os custos( orçamento). Seremos acionados pelo Ministério Público para apresentar a proposta;

5 - Ficamos de acionar a sohidra para saber dados do poço escavado em Pacoti, para agilizar implantação( energia, tubos, cmb, etc).

Do item 2 ao 5, os assuntos são relativos a cidade de Pacoti.

O secretário Artur Bruno participou de ambas as audiências.

Os secretários Inácio Arruda, Arialdo Pinho e Cartaxo participaram da audiência de Guaramiranga.

Atenciosamente.

## Hamilton Claudino Sales

Gerente

UN-BME - Unidade de Negócio Bacia Metropolitana

**Cagece - Companhia de Água e Esgoto do Ceará**

(85) 3101-5615



**Zimbra****ruam.silva@cagece.com.br**

---

**Re: População Flutuante (Pacoti)**

---

**De :** RUAM MAGALHAES DA SILVA  
<ruam.silva@cagece.com.br>

Sex, 22 de Jul de 2016 12:52

**Assunto :** Re: População Flutuante (Pacoti)

**Para :** Ramon Rodrigo <ramonpacoti@gmail.com>

Caro Ramon,

Obrigado pela atenção.

Att.,

**Ruam Magalhaes da Silva**

Engenheiro Projetos I  
GPROJ – Gerência de Projetos de Engenharia  
Cagece – Companhia de Água e Esgoto do Ceará  
(85) 3101-1793



---

**De:** "Ramon Rodrigo" <ramonpacoti@gmail.com>

**Para:** "RUAM MAGALHAES DA SILVA" <ruam.silva@cagece.com.br>

**Enviadas:** Sexta-feira, 22 de julho de 2016 12:29:57

**Assunto:** Re: População Flutuante (Pacoti)

Estamos concluindo o trabalho , na segunda feira te passo email com as informações completa.

Em 18/07/2016 08:58, "RUAM MAGALHAES DA SILVA" <[ruam.silva@cagece.com.br](mailto:ruam.silva@cagece.com.br)> escreveu:

Bom dia Senhores,

Reitero a importância das informações solicitadas à Prefeitura de Pacoti para a conclusão do projeto de Esgotamento Sanitário de Pacoti.

Att.,

**Ruam Magalhaes da Silva**

Engenheiro Projetos I  
GPROJ – Gerência de Projetos de Engenharia  
**Cagece – Companhia de Água e Esgoto do Ceará**  
(85) 3101-1793



---

**De:** "RUAM MAGALHAES DA SILVA" <[ruam.silva@cagece.com.br](mailto:ruam.silva@cagece.com.br)>  
**Para:** [ramonpacoti@gmail.com](mailto:ramonpacoti@gmail.com), [seadpacoti@gmail.com](mailto:seadpacoti@gmail.com), [sefinpacoti@gmail.com](mailto:sefinpacoti@gmail.com)  
**Cc:** "PRAXEDES - GPROJ" <[praxedes.berto@cagece.com.br](mailto:praxedes.berto@cagece.com.br)>, "vitor lima" <[vitor.lima@cagece.com.br](mailto:vitor.lima@cagece.com.br)>  
**Enviadas:** Sexta-feira, 8 de julho de 2016 9:34:53  
**Assunto:** Re: População Flutuante (Pacoti)

Caro Ramon,

Estamos necessitando de mais uma informação da Prefeitura de Pacoti. Na entrada da cidade existe uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da Cagece ao lado da ONG Pingo D'água. A rua que dá acesso a esta estação (rua marcada com uma **seta vermelha** na imagem) foi bloqueada com um portão pelo proprietário do empreendimento vizinho, dificultando a entrada de veículos da CAGECE e a futura operação da ETE.

Portanto, gostaria de saber o nome da rua, se essa rua é **pública ou particular** e algum documento comprovando a posse ou não da prefeitura (uma declaração, por exemplo). Essa definição é de extrema importância para o projeto de acesso à estação.

Certos da parceria entre a CAGECE e a Prefeitura, aguardamos as informações solicitadas neste e no email anterior. Lembro que nós temos até final de julho para a conclusão do projeto.

Att.,

**Ruam Magalhaes da Silva**

Engenheiro Projetos I  
GPROJ – Gerência de Projetos de Engenharia  
**Cagece – Companhia de Água e Esgoto do Ceará**  
(85) 3101-1793



---

**De:** "RUAM MAGALHAES DA SILVA" <[ruam.silva@cagece.com.br](mailto:ruam.silva@cagece.com.br)>  
**Para:** [ramonpacoti@gmail.com](mailto:ramonpacoti@gmail.com), [seadpacoti@gmail.com](mailto:seadpacoti@gmail.com), [sefinpacoti@gmail.com](mailto:sefinpacoti@gmail.com)

**Cc:** "RAUL TIGRE DE ARRUDA LEITAO" <[raul.leitao@cagece.com.br](mailto:raul.leitao@cagece.com.br)>, "PRAXEDES - GPROJ" <[praxedes.berto@cagece.com.br](mailto:praxedes.berto@cagece.com.br)>

**Enviadas:** Sexta-feira, 1 de julho de 2016 11:25:19

**Assunto:** Re: População Flutuante (Pacoti)

Desculpa,

Meu número é (85) 98795-4567.

Att.,

**Ruam Magalhaes da Silva**

Engenheiro Projetos I  
GPROJ – Gerência de Projetos de Engenharia  
Cagece – Companhia de Água e Esgoto do Ceará  
(85) 3101-1789



---

**De:** "RUAM MAGALHAES DA SILVA" <[ruam.silva@cagece.com.br](mailto:ruam.silva@cagece.com.br)>

**Para:** [ramonpacoti@gmail.com](mailto:ramonpacoti@gmail.com), [seadpacoti@gmail.com](mailto:seadpacoti@gmail.com), [sefinpacoti@gmail.com](mailto:sefinpacoti@gmail.com)

**Cc:** "RAUL TIGRE DE ARRUDA LEITAO" <[raul.leitao@cagece.com.br](mailto:raul.leitao@cagece.com.br)>, "PRAXEDES - GPROJ" <[praxedes.berto@cagece.com.br](mailto:praxedes.berto@cagece.com.br)>

**Enviadas:** Sexta-feira, 1 de julho de 2016 11:14:33

**Assunto:** População Flutuante (Pacoti)

Bom dia a todos,

Sou engenheiro civil da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) e trabalho na Gerência de Projetos (GPROJ). Conforme informei ontem (30/06/2016) ao chefe de gabinete da Prefeitura de Pacoti, estamos desenvolvendo soluções para a problemática das Estações de Tratamento de Esgoto da cidade operadas pela companhia. Tanto a CAGECE como a Prefeitura estão sendo implicadas pelo Ministério Público nos problemas relatados abaixo nas matérias do jornal O Povo:

1 - <http://www.opovo.com.br/app/opovo/cotidiano/2016/05/09/noticiasjornalcotidiano,3611659/estacoes-da-cagece-e-matadouro-de-prefeitura-poluem-rio-pacoti.shtml>

2 - <http://www.opovo.com.br/app/opovo/cotidiano/2016/05/10/noticiasjornalcotidiano,3612014/sema-e-mp-designam-grupos-para-vistoria-do-rio-pacoti.shtml>

Estamos na fase inicial do projeto de melhoria do sistema e para o correto dimensionamento do

diâmetro das tubulações, potência das bombas e porte das estruturas em concreto, é importante a correta estimativa da **População Fixa** e da **População Flutuante** da cidade. As informações referentes à **População Fixa** (população composta por pessoas que residem em Pacoti) já obtivemos por meio do Censo de 2010 do IBGE.

Como Pacoti é uma localidade turística e de veraneio, é comum a variação da população ao longo do ano causada por turistas, atingindo valores mais elevados durante as férias, finais de semana e feriados importantes. Nestas condições, é importante o conhecimento do acréscimo populacional advindo desta **População Flutuante** a qual naturalmente ocasionará mais consumo de água e geração de esgoto. Essa população é mais difícil de obter por meio de censos.

**Portanto, necessitamos da ajuda da Prefeitura de Pacoti no sentido de nos subsidiar com informações sobre essa população flutuante. Basicamente, precisamos: da porcentagem de turistas em relação à população residente (por exemplo, a quantidade de turistas nas férias, feriados e finais de semana é cerca de de 30% da população local) e a frequência e tempo de duração da visitação (os turistas só visitam a cidade durante os finais de semana e feriados ou todos os dias tem turistas, mas ele ficam durante poucos dias, etc.).**

Geralmente essas informações podem ser obtidas em **Secretarias de Turismo** (por traçar o perfil dos turistas e o impacto da sua atividade na cidade), **Secretarias de Planejamento e Desenvolvimento** (planejamentos urbanos levam em consideração estudos populacionais), **Secretarias de Comércio** ou o **Comércio** da cidade (a porcentagem no aumento das vendas nos períodos turísticos também é um bom indicativo da população flutuante na cidade).

Contamos com a parceria da Prefeitura para resolvermos juntos esse problema. Para quaisquer dúvidas ou esclarecimentos podem me ligar nos números (85) 3101-1794 ou (85) 99795-4567.

Aguardo retorno,

Att.,

**Ruam Magalhaes da Silva**

Engenheiro Projetos I  
GPROJ – Gerência de Projetos de Engenharia  
**Cagece – Companhia de Água e Esgoto do Ceará**  
(85) 3101-1789



**Zimbra****ruam.silva@cagece.com.br**

---

**Reuniao ETE Pacoti Gproj**

---

**De :** EDUARDO DE FREITAS GONCALVES  
<eduardo.goncalves@cagece.com.br>

Sex, 30 de Set de 2016 11:35

**Assunto :** Reuniao ETE Pacoti Gproj

**Para :** HAMILTON CLAUDINO SALES  
<hamilton.claudino@cagece.com.br>, PRAXEDES -  
GPROJ <praxedes.berto@cagece.com.br>, RUAM  
MAGALHAES DA SILVA <ruam.silva@cagece.com.br>,  
RAUL TIGRE DE ARRUDA LEITAO  
<raul.leitao@cagece.com.br>, ANA CECILIA DOS  
SANTOS COUTINHO B  
<anacecilia.santos@cagece.com.br>

**Cc :** Joel Bastos <joel.bastos@cagece.com.br>, Aleksandro  
Viana <aleksandro.viana@cagece.com.br>

Segue as deliberações, da reunião ocorrida hoje na GPROJ:

Presentes na reunião:  
Praxedes - eng. Gproj  
Hamilton - gerente UNBME  
Raul - coordenador Gproj  
Ruam - Eng. Gproj  
Eduardo - coordenador UNBME

Deliberações:

UNBME acionar GERIS para investigar carga orgânica nos estabelecimentos de Pacoti.

UNBME enviar ofícios (já enviados para prefeitura, SEMACE e ARCE) para Cláudia. Cecília por favor localiza esse processo.

Gproj irá juntar o projeto emergencial da Ete 13 de Maio com o emissário da ETE Alho

Unbme irá localizar processo do projeto emergencial da ETE 13 de maio-Pacoti e enviar para GPROJ, para realizar alterações acoradadas nessa reunião. Cecília por favor localiza esse processo.

Programar visita em ETE em Natal-RN

Cecília,

Favor colocar em formato de ata.

att,

**Eduardo de Freitas Goncalves**

Coordenador

UN-BME60 - Coordenadoria de Operação Industrial

**Cagece - Companhia de Água e Esgoto do Ceará**

(85) 3101-5624



## 11.6 Anexo F – Memorial de Desapropriação



DEN - DIRETORIA DE ENGENHARIA  
GPROJ - GERÊNCIA DE PROJETOS DE ENGENHARIA

## **SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO**

ÁREA A REGULARIZAR PARA ACESSO A ESTAÇÃO  
ELEVATÓRIA DA SUB-BACIA ALHO

**PACOTI**

OUTUBRO/2016

PROPRIETÁRIO. *Desconhecido*

N.º DESCRITIVO: **101/2016**

## MEMORIAL DESCRITIVO N.º 101/2016

Um terreno de formato irregular com finalidade à regularização do Acesso a Estação Elevatória da Sub-Bacia Alho, localizado no Município de Pacoti, situado na Travessa José Marinho Góes, lado par, perfazendo uma área total de 141,19m<sup>2</sup>, com suas medidas e confrontações a seguir:

Inicia-se a descrição deste perímetro no vértice P1, de coordenadas N 9.532.988,29m. e E 508.270,32m., situado no limite com Terreno de Propriedade do Município, deste, segue com azimute de 170°05'26" e distância de 19,46m., confrontando neste trecho com Terreno de Propriedade da CAGECE, até o vértice P2, de coordenadas N 9.532.969,12m. e E 508.273,67m.; deste, segue com azimute de 261°02'02" e distância de 7,80m., confrontando neste trecho com a Travessa José Marinho Góes, até o vértice P3, de coordenadas N 9.532.967,90m. e E 508.265,96m.; deste, segue com azimute de 355°32'00" e distância de 9,60 m., confrontando neste trecho com Terreno de Propriedade de Desconhecido, até o vértice P4, de coordenadas N 9.532.977,47m. e E 508.265,21m.; deste, segue com azimute de 348°32'12" e distância de 10,28m., confrontando neste trecho com Terreno de Propriedade de Desconhecido, até o vértice P5, de coordenadas N 9.532.987,55m. e E 508.263,17m.; deste, segue com azimute de 84°05'17" e distância de 7,19m., confrontando neste trecho com Terreno de Propriedade do Município, até o vértice P1, de coordenadas N 9.532.988,29m. e E 508.270,32m.; ponto inicial da descrição deste perímetro. Todos os azimutes e distâncias, áreas e perímetros foram calculados no plano de projeção UTM , tendo como Datum SIRGAS 2000.

Ao Norte (fundos) – Com Terreno, de Propriedade do Município, medindo 7,19m.

Ao Sul (frente) – Com a Travessa José Marinho Góes, medindo 7,80m.

Ao Leste (lado esquerdo) – Com Terreno, de Propriedade de Desconhecido, medindo 19,46m.

Ao Oeste (lado direito) – Com Terreno, de Propriedade de Desconhecido, medindo 19,88m.

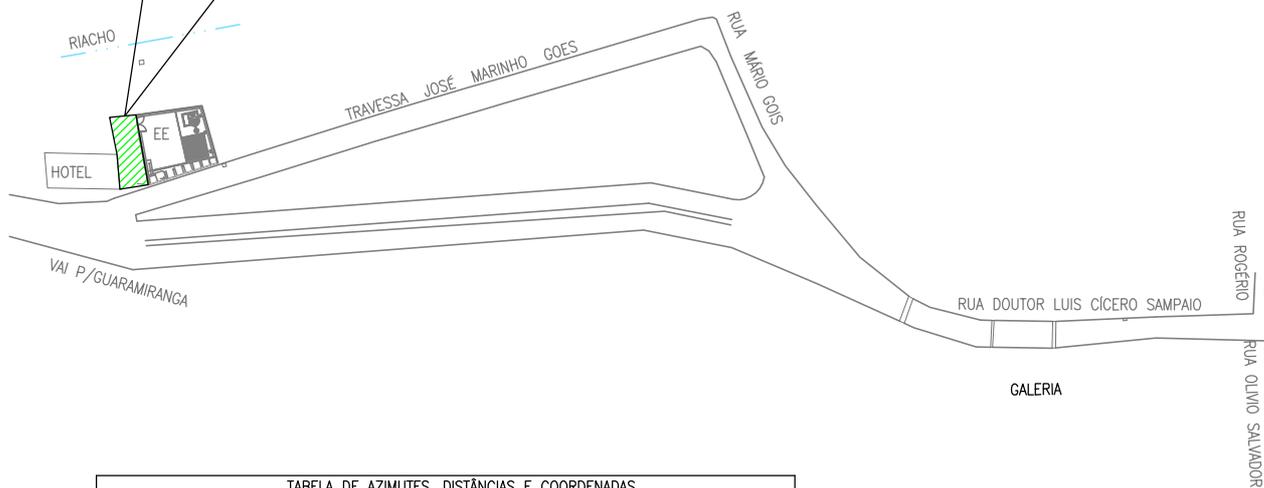
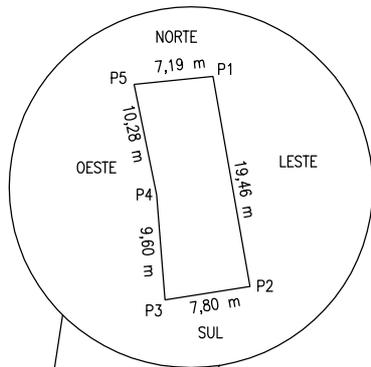


TABELA DE AZIMUTES, DISTÂNCIAS E COORDENADAS

LADOS		AZIMUTE (UTM)	DISTÂNCIA (UTM) metros	COORDENADAS UTM	
Vértices	Vértices			E metros	N metros
P1	P2	170°05'26"	19.46	508273.67	9532969.12
P2	P3	261°02'02"	7.80	508265.96	9532967.90
P3	P4	355°32'00"	9.60	508265.21	9532977.47
P4	P5	348°32'12"	10.28	508263.17	9532987.55
P5	P1	84°05'17"	7.19	508270.32	9532988.29



COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ  
DIRETORIA DE ENGENHARIA  
GERÊNCIA DE PROJETOS DE ENGENHARIA

Arquivo  
MD101/2016- ACESSO EE

**SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE PACOTI**  
**ÁREA PARA REGULARIZAR O ACESSO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA**  
**DA SUB-BACIA ALHO**  
**PLANTA DE SITUAÇÃO**

PROPRIETÁRIO:  
DESCONHECIDO

Área: 141,19m <sup>2</sup>	Desenho: REGINA	Memorial: 101/2016	Data OUT/2016
-------------------------------	--------------------	-----------------------	------------------