



Consórcio Intermunicipal para Gestão Ambiental das Bacias da  
Região dos Lagos, do Rio São João e Zona Costeira.  
CNPJ nº 03.612.270/0001-41

# **SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO– AMPLIAÇÃO DO SISTEMA TEMPO SECO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO**

## **ARARUAMA - RJ**

### **“SOBARA\_ SÍTIO BENFICA”**

## **PROJETOS EXECUTIVOS**

**MEMORIAL DESCRITIVO**

**TOPOGRAFIA**

**Março-2021 – rev. 0**



Consórcio Intermunicipal para Gestão Ambiental das Bacias da  
Região dos Lagos, do Rio São João e Zona Costeira.  
CNPJ nº 03.612.270/0001-41

## ÍNDICE

1.	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
2.	<b>NORMAS APLICÁVEIS .....</b>	<b>3</b>
3.	<b>DOCUMENTOS GERADOS PARA O PROJETO .....</b>	<b>3</b>
4.	<b>CONSIDERAÇÕES GERAIS: .....</b>	<b>3</b>
5.	<b>CRITÉRIOS BÁSICOS DE PROJETO: PRECISÕES: .....</b>	<b>4</b>
6.	<b>MONOGRAFIA DOS PONTOS DE APOIO GPS.....</b>	<b>4</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O presente documento foi elaborado atendendo ao escopo do termo de referência TP.PL 013/2019\_ENG que estabelece a elaboração de projetos executivos necessários à ampliação do Sistema Tempo Seco de Esgotamento Sanitário de Arraial do Cabo, Cabo Frio, Iguaba Grande, São Pedro da Aldeia e Araruama– RJ.

Este documento tem como objetivo apresentar os critérios para execução dos serviços de levantamento topográfico cadastrais referentes ao Sítio Benfica, no Bairro Sobara, situado no município de Araruama, na Região do Lagos, RJ.

A seguir são apresentados todos os dados e considerações utilizados, assim como, todas as análises, verificações e critérios normativos e de boa prática assumidos para a execução dos serviços.

## 2. NORMAS APLICÁVEIS

- NBR-13133/1996 – Execução de levantamento topográfico.

## 3. DOCUMENTOS GERADOS PARA O PROJETO

Item	Nº Arquivo	Título
1	MD-ROMA.PLG.AR.SB-TP.001 MD-ROMA.PLG.AR.SB-TP.002	PROJETO EXECUTIVO - TOPOGRAFIA DO SÍTIO BENFICA - LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO - PLANTA BAIXA – FL's 01/02 e 02/02

## 4. CONSIDERAÇÕES GERAIS:

O levantamento topográfico tem partida nos pontos de GPS3 – N=7472780.8640 E=795874.2130 C=1.670 e GPS4 – N=7472768.1400 E=795680.5150 C=1.857 (monografia em anexo) implantados no bordo/meio fio/calçada da pista existente.

Os pontos foram georreferenciados ao sistema de coordenadas planas UTM Datum Horizontal SIRGAS 2000 e Datum Vertical Marégrafo de Imbituba, Santa Catarina.

Dos pontos de GPS realizou-se transporte de coordenadas através de poligonal de apoio com Estação Total até o trecho da área a ser levantada, concluindo o levantamento planialtimétrico e cadastral através de pontos irradiados de todas as interferências apontadas na planta de situação, fornecida em desenho digital Auto cad.



Consórcio Intermunicipal para Gestão Ambiental das Bacias da  
Região dos Lagos, do Rio São João e Zona Costeira.  
CNPJ nº 03.612.270/0001-41

## **5. CRITÉRIOS BÁSICOS DE PROJETO: PRECISÕES:**

Equipamentos utilizados para o georreferenciamento: GNSS RTK TRIMBLE L1 / L2

Pontos de Poligonais - Abertas e fechadas / As poligonais atendem a Norma NBR 13133

Quantidades de leituras: Duas visadas – Vante / Ré).

Equipamentos utilizados: Estação Total Laica TC407/TS02

Precisões obtidas - Angular 00°00'20" N ½ - Altimétrico 10mm k ½ - Relativa Linear=1:10000

### **5.1. EQUIPE TÉCNICA**

- 1 Topógrafo responsável / 1 Engenheiro
- 1 Operador de Estação Total / GPS
- 1 Topógrafo Auxiliar

## **6. MONOGRAFIA DOS PONTOS DE APOIO GPS**

### MONOGRAFIA DO PONTO UTILIZADO – GPS3

IDENTIFICAÇÃO DO PONTO VISADO	GPS4
AZIMUTE DO PONTO VISADO	266º14'30"
DISTÂNCIA DO PONTO VISADO	194,115 m
ALTITUDE ORTOMÉTRICA	1,670 m
DESCRIÇÃO DO ENDEREÇO (LOCALIZAÇÃO)	A ESTAÇÃO ESTÁ LOCALIZADA NA ENTRADA DO SÍTIO BENFICA-BAIRRO SOBARA - ARARUAMA - RJ
DATUM GEODÉSICO	SIRGAS2000
PLANO TOPOGRÁFICO	PLANO UTM

FOTO DO MARCO / LOCALIZAÇÃO





CROQUIS DE LOCALIZAÇÃO



### MONOGRAFIA DO PONTO UTILIZADO – GPS4 TRECHO LOTE 15 – VALÃO DA MARINHA – SÃO PEDRO DA ALDEIA

IDENTIFICAÇÃO DO PONTO VISADO	GPS3
AZIMUTE DO PONTO VISADO	86º14'30"

DISTÂNCIA DO PONTO VISADO	194,115 m
ALTITUDE ORTOMÉTRICA	1,857 m
DESCRIÇÃO DO ENDEREÇO (LOCALIZAÇÃO)	A ESTAÇÃO ESTÁ LOCALIZADA PRÓXIMA AO VIADUTO DA RODOVIA AMARAL PEIXOTO (RJ-106) – SÃO PEDRO D’ALDEIA - RJ
DATUM GEODÉSICO	SIRGAS2000
PLANO TOPOGRÁFICO	PLANO UTM
FOTO DO MARCO / LOCALIZAÇÃO	
CROQUIS DE LOCALIZAÇÃO	



Consórcio Intermunicipal para Gestão Ambiental das Bacias da  
Região dos Lagos, do Rio São João e Zona Costeira.  
CNPJ nº 03.612.270/0001-41

# **SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO– AMPLIAÇÃO DO SISTEMA TEMPO SECO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO**

## **ARARUAMA - RJ**

### **“SOBARA\_ SÍTIO BENFICA”**

#### **PROJETO EXECUTIVO**

#### **REDE COLETORA DE ESGOTO**

#### **MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO HIDRÁULICO**

**Maio-2021 – rev. 0**

---



Consórcio Intermunicipal para Gestão Ambiental das Bacias da  
Região dos Lagos, do Rio São João e Zona Costeira.  
CNPJ nº 03.612.270/0001-41

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>3</b>
<b>3. ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>3</b>
<b>4. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....</b>	<b>4</b>
<b>4.1. Normas.....</b>	<b>4</b>
<b>4.2. Critérios e Parâmetros de Projeto .....</b>	<b>4</b>
<b>4.3. Parâmetros e Dimensionamento Hidráulico de Projeto.....</b>	<b>5</b>
<b>4.4. Elevatórias e Linhas de Recalque .....</b>	<b>7</b>
<b>4.4.1. Parâmetros hidráulicos- elevatórias.....</b>	<b>7</b>
<b>4.4.2. Parâmetros físicos - linhas de recalque.....</b>	<b>7</b>
<b>5. POPULAÇÃO E VAZÕES .....</b>	<b>8</b>
<b>6. SOLUÇÃO HIDRÁULICA.....</b>	<b>11</b>
<b>6.1. DOCUMENTOS DO PROJETO EXECUTIVO.....</b>	<b>13</b>
<b>7. CUSTO.....</b>	<b>13</b>
<b>8. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO .....</b>	<b>14</b>



## 1. INTRODUÇÃO

O presente estudo foi elaborado atendendo ao escopo do termo de referência TP PL 013/2019\_ENG que estabelece a elaboração de projetos executivos necessários à ampliação do Sistema de Tempo Seco de Esgotamento sanitário de Arraial do Cabo, Cabo Frio, Iguaba Grande, São Pedro da Aldeia e Araruama – RJ. Neste documento será avaliado o Sítio Benfica, situado na Cidade de Araruama “Sobara”, na Região do Lagos, RJ.

## 2. OBJETIVOS

O objetivo deste relatório é apresentar a solução sugerida para o SES do Sítio Benfica. Essa fase compreendeu também o dimensionamento das unidades e a elaboração do orçamento.

## 3. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo correspondente ao Sítio Benfica se refere a Bacia denominada “SOBARA” de Araruama, localizada na cidade de Araruama, no Estado Brasileiro do Rio de Janeiro - RJ.



Figura 1 - Área de estudo “Sítio Benfica - Sobara”

#### **4. CONSIDERAÇÕES GERAIS**

Como se pode observar na Figura 1, as casas a serem coletadas localizam-se na Bacia denominada “Sítio Benfica” numa região denominada Sobara em Araruama. Desta forma, a sugestão hidráulica contempla um Sistema Coletor composto por 17 coletores, que conduzirão as vazões geradas nesta Bacia para um Biodigestor denominada “BIO-ARSB\_01 “Projetado” que, por sua vez, seu afluyente tratado será conduzido para o córrego denominado “Sobara 01”.

##### **4.1. Normas**

Tendo o objetivo de nortear, auxiliar a elaboração do estudo de concepção e do projeto básico foi utilizado as seguintes normas da ABNT:

- *ABNT NBR 9648/1986* – Estudos de Concepção de Sistemas de Esgotamento Sanitário;
- *ABNT NBR 13969/1997* – Tanques sépticos;
- *ABNT NBR 9649/1986* – Projeto de Redes Coletoras de Esgoto;
- *ABNT NBR 12207/1992* – Projeto de Interceptores de Esgoto Sanitário;

##### **4.2. Critérios e Parâmetros de Projeto**

O sistema de esgotamento sanitário projetado é do tipo Separador Absoluto. As canalizações dos coletores foram projetadas para funcionarem sempre como condutos livres, tendo sido adotado os seguintes critérios em seu pré-dimensionamento:

- Consumo estimado per capita, para população residente e flutuante;
- Coeficientes de variação de vazão (K1, K2, K3);
- Coeficiente de retorno esgoto/água;
- Vazão de infiltração;
- Níveis de atendimento no período de projeto;
- Alcance do estudo de 20 anos (2041- horizonte da concessão).

Tabela 1 - Parâmetros de Projeto

Parâmetros	Valores
K1:	1,20
K2:	1,50
Coeficiente de retorno (%):	80
Taxa de consumo <i>per capita</i>	160 L/s.hab
Infiltração	0,300 L/s.km
Manning:	0,013 (concreto) e 0,010 (PVC)
Diâmetro mínimo:	150 mm
Recobrimento nos passeios:	0,65 m
Lâmina máxima admissível:	75%
Percentual controle de remanso:	100%
Diâmetros progressivos:	Sim
Tensão trativa mínima:	0,6 Pa p/ PVC (NBR 14.486) e 1,0 Pa p/ outros materiais (NBR 9.649)
Degrau mínimo adotado:	5 cm

#### 4.3. Parâmetros e Dimensionamento Hidráulico de Projeto

Para o dimensionamento de Redes Coletoras de Esgotos Sanitários, em cumprimento ao que determina a Norma Brasileira NBR 9.649 e a NBR 14.486 (critério da tensão trativa), serão considerados:

- Vazão Inicial e Vazão Final ( $Q_i$ ,  $Q_f$ )

Para cada trecho devem ser estimadas as vazões inicial e final, referentes às vazões de início e fim de plano.

- Vazão Mínima

A vazão mínima de dimensionamento será de 1,5 L/s.

- Taxa de Infiltração

A taxa de infiltração admitida será de 0,3 L/s.km.

- Diâmetro Mínimo

O menor diâmetro a ser utilizado em um trecho na rede pública será de 150 mm, e o menor diâmetro a ser utilizado em um trecho nos ramais condominiais, interno ou externo aos lotes, será de 100 mm.

- Coeficiente de Rugosidade de Manning adotado:

$n = 0,013$ , para tubulações em material: Concreto;

$n = 0,010$ , para tubulações em material: PVC.

- Declividade Mínima

A declividade mínima de cada trecho será aquela que proporcione uma tensão trativa média de valor mínimo:

❖  $0,6 \text{ Pa}$  , para tubulações em material: PVC;

❖  $1,5 \text{ Pa}$ , para tubulações em material: Concreto.

- Declividade Máxima

A declividade máxima admissível é aquela que proporciona uma velocidade final de  $V_f = 5,0 \text{ m/s}$ .

- Velocidade Crítica ( $V_c$ )

A velocidade crítica é definida pela expressão:

$$V_c = 6 (gRH)^{1/2}$$

$g$  = aceleração da gravidade ( $\text{m/s}^2$ )

$RH$  = Raio Hidráulico.

- Tirante ( $y/D$ )

A lâmina d'água deve ser calculada admitindo-se o escoamento em regime uniforme e permanente.

O tirante máximo será calculado para a vazão final e seguirá os valores a seguir:

- Menor ou igual a 75% do diâmetro de coletor de rede pública e de ramal condominial externo ou interno ao lote. Quando a velocidade final for maior do que a velocidade crítica ( $v_f > v_c$ ), a lâmina deverá ser de no máximo 50%, a fim de assegurar a ventilação do trecho e o seu perfeito funcionamento.

- Menor ou igual a 50% do diâmetro de ramal condominial interno ao lote e igual a 100 mm.

- **Controle de Remanso**

Sempre que o N.A. de saída do PV estiver acima de qualquer cota do N.A. de entrada no PV, será utilizado o controle de remanso em 100% igualando as lâminas entre os trechos.

- **Degrau**

Adotado para nivelar as lâminas d'água de montante e jusante e no caso de mudança de diâmetro. Serão desprezados degraus com alturas inferiores a 2 cm, sendo a altura mínima a ser considerada de 5 cm.

- **Tubo de Queda**

Utilizado quando o conduto afluyente apresentar degrau superior a 0,50 metros.

#### **4.4. Elevatórias e Linhas de Recalque**

Para o dimensionamento da elevatória e linha de recalque, em cumprimento ao que determina a Norma Brasileira NBR 12.208 de 1992, serão considerados:

##### **4.4.1. Parâmetros hidráulicos- elevatórias**

Velocidade de sucção na faixa de: 0,6m/s a 1,5m/s;

Velocidade de recalque na faixa de: 0,6m/s a 3,0m/s;

Recobrimento mínimo da linha de recalque 0,80m em calçadas;

Recobrimento mínimo da linha de recalque 1,10m em vias carroçáveis;

##### **4.4.2. Parâmetros físicos - linhas de recalque**

Material da linha de recalque – rugosidade absoluta:

- . PRFV: Coef. de rugosidade máxima: 0,007mm;  
Coef. de rugosidade mínima: 0,0015mm;
- . Ferro fundido: Coef. de rugosidade máxima: 0,8mm;  
Coef. de rugosidade mínima: 0,25mm;

## 5. POPULAÇÃO E VAZÕES

A análise realizada para elaboração do Estudo Populacional considerou os resultados apresentados nos Planos Municipais de Saneamento Básico (2014) dados do IBGE com respectivos Setores Censitários.

Ressalta-se que o presente estudo se destina ao dimensionamento de Obras de Infraestrutura do Sistema de Esgotamento Sanitário, o que orienta que a análise da distribuição espacial da população, ao longo do horizonte do projeto, seja realizada considerando também os limites das bacias de esgotamento sanitário presentes na área em estudo, região afluente ao Sítio Benfica.

Assim, a população projetada para ao horizonte em estudo foi distribuída ao longo do território considerando os setores censitários de ocupação determinados pelo IBGE e as Bacias de Esgotamento.

Os resultados da projeção populacional devem ser coerentes com a densidade populacional da área em questão (atual, futura ou de saturação). Os dados de densidade populacional são ainda úteis na avaliação das vazões e cargas advindas de determinada área ou bacia da cidade. Valores típicos de densidades populacionais estão apresentados no Quadro 3. Já o Quadro 4 apresenta valores típicos de densidades populacionais de saturação, em regiões metropolitanas altamente ocupadas (dados baseados na Região Metropolitana de São Paulo).

No caso específico do Sítio Benfica, a população de saturação será calculada, tendo por base o planejamento físico-territorial, as densidades de saturação (hab/ha) previstas para cada setor, segundo seu zoneamento, e as áreas (ha) de cada setor. Portanto, a população de saturação será calculada por esta abordagem mais simplificada e prática, de associação com o planejamento proposto.

### Quadro 1. Densidades populacionais típicas em função do uso do solo

Uso do solo	Densidade populacional	
	hab/ha	hab/km <sup>2</sup>
Áreas residenciais		

Residências unifamiliares; lotes grandes	12 – 36	1.200 – 3.600
<b>Residências unifamiliares; lotes pequenos</b>	<b>36 – 90</b>	<b>3.600 – 9.000</b>
Residências multifamiliares; lotes pequenos	90 – 250	9.000 – 25.000
Apartamentos	250 – 2.500	25.000 – 250.000
Áreas comerciais sem predominância de prédios	36 – 75	3.600 – 7.500
Áreas industriais	12 – 36	1.200 – 3.600
Total (excluindo-se parques e outros equipamentos de grande porte)	25 – 125	2.500 – 12.500

**Quadro 2.** Densidades demográficas e extensões médias de arruamentos por ha, em condições de saturação, em regiões metropolitanas altamente ocupadas

Uso do solo	Densidade populacional de saturação hab/ha	Extensão média de arruamentos m/ha
Bairros residenciais de luxo, com lote padrão de 800 m <sup>2</sup>	100	150
Bairros residenciais médios, com lote padrão de 450 m <sup>2</sup>	120	180
Bairros residenciais populares, com lote padrão de 250 m <sup>2</sup>	150	200
Bairros mistos residencial-comercial da zona central, com predominância de prédios de 3 e 4 pavimentos	300	150
Bairros residenciais da zona central, com predominância de edifícios de apartamentos com 10 e 12 pavimentos	450	150
Bairros mistos residencial-comercial industrial da zona urbana, com predominância de comércio e indústrias artesanais e leves	600	150
Bairros comerciais da zona central com predominância de edifícios de escritórios	1000	200
Dados médios da Região Metropolitana de São Paulo		

Fonte: Alem Sobrinho e Tsutiya (1999)

No caso específico do Bairro Cidade Nova, não foram encontrados dados censitários. Assim, os anos que devem ser inseridos nos cálculos são anos genéricos, como, por exemplo, anos 0, 10 e 20, ou anos futuros como, por exemplo, 2020, 2030 e 2040. A população associada a cada um destes anos futuros deverá ser aquela que o grupo acredita que poderá refletir bem a tendência de crescimento da população na área de planejamento. Conforme comentado anteriormente, a população de saturação deverá ser previamente definida, com base no planejamento físico-territorial, e não calculada.

Dados:

Ano	População (hab)
2020	125
2030	150
2040	200

A contribuição de esgotos do Sítio Benfica refere-se a estabelecimentos em que os moradores permanentes e a área em estudo encontra-se densamente povoada. No caso, por tratar-se de uma região residencial, os esgotos são gerados majoritariamente, pela população atendida diariamente, assim como pela população flutuante.

Tendo em vista que a área em estudo se encontra totalmente habitada, utilizou-se como base a média de 5 colaboradores por residência para o cálculo de vazão de esgotos sanitários gerada pela população local.

A NBR 13969 de 1997 sugere a contribuição diária de despejos por tipo de prédio e de ocupantes. Na área de estudo, todas as edificações esgotadas seriam classificadas como de ocupação permanente. Neste caso, todos se enquadram na categoria Casas Residenciais, cuja contribuição para uma população classe média é de 160 litros por dia para cada pessoa.

A partir dos dados e métodos de cálculo apresentadas na Planilhas Hidráulicas do Dimensionamento Hidráulica do Sistema Coletor de Esgotamento Sanitário chegou-se às vazões de início e de final de plano para a área em estudo. Tendo em vista uma taxa de infiltração de 0,000050 L/s.m, a vazão populacional foi referente à vazão de infiltração na rede coletora projetada.

Tabela 2 – Vazões Praia do Sudoeste

Vazão inicial em 2021(L/s)	Vazão final em 2041(L/s)
0,347	0,628



## 6. SOLUÇÃO HIDRÁULICA

Para o Sítio Benfica, a solução sugerida contempla um Sistema Coletor de Esgotamento Sanitário projetado que coletará a Bacia denominada “Bacia Sobara” caminhando os esgotos sanitários até um Sistema Biodigestor “BIO-ARSB\_01, também projetada, e esta, por sua vez, seu afluyente tratado será conduzido para o córrego denominado “Sobara 01”.

O Sistema de Rede Coletora de Esgoto terá o comprimento de 826,00 m e diâmetro de 150 mm. A sua profundidade mínima é de 1,05 m e a máxima é de 2,50 m e se conectará ao Sistema Biodigestor “BIO-ARSB\_01. A seguir seu afluyente tratado será conduzido para o córrego denominado “Sobara 01”.

Quadro 3 - Resumo das unidades projetadas

Unidades Projetadas	Quantitativo
Rede coletora	
extensão	836,00 m
Poço de visita	49 und

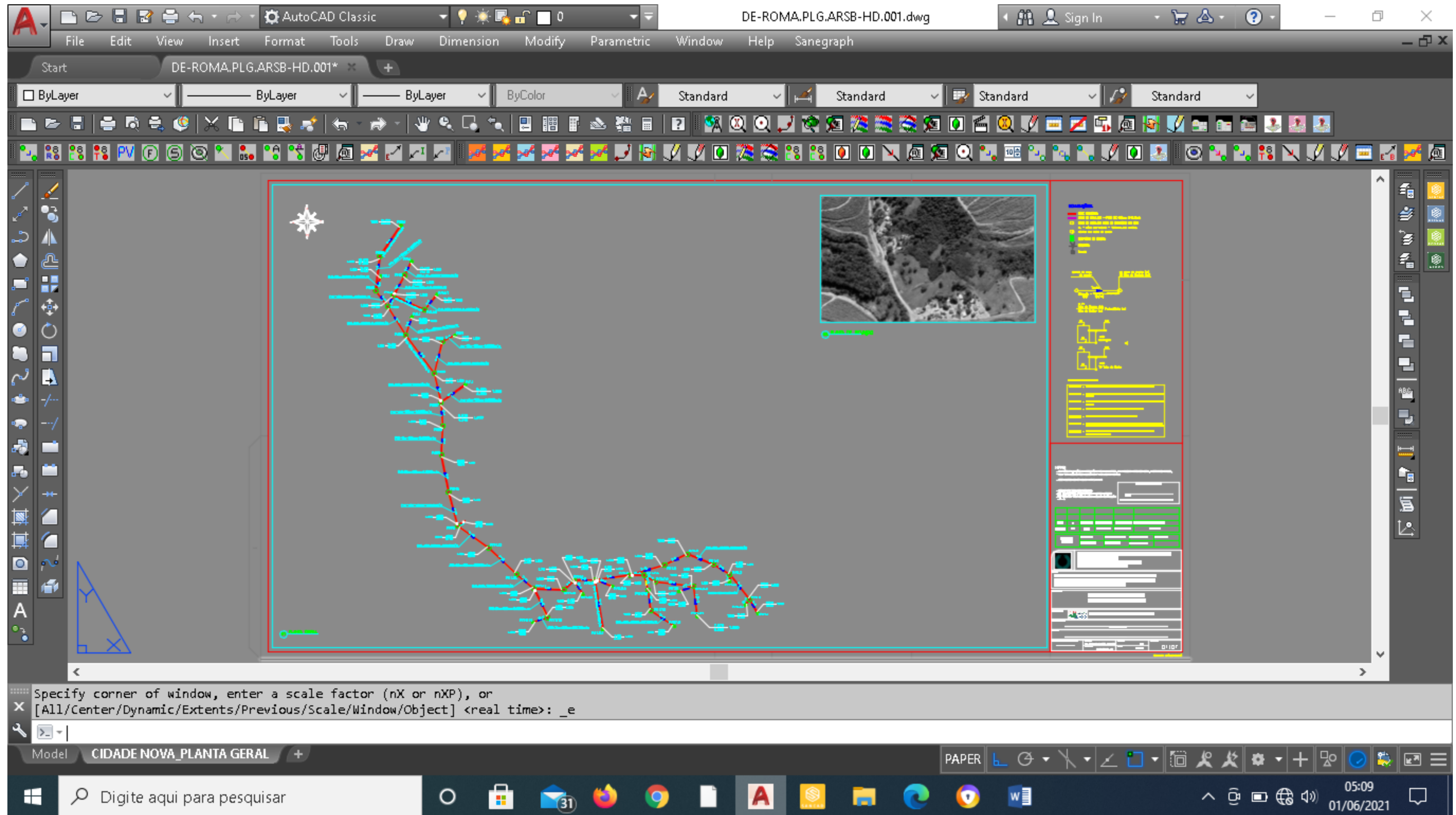


Figura 6 – Solução sugerida para o Sítio Benfica\_AR

## 6.1. DOCUMENTOS DO PROJETO EXECUTIVO

Item	Código	Descrição do PROJETO EXECUTIVO - HIDRÁULICA
1	DE-ROMA.PLG.ARSB-HD.001	01/07- REDE COLETORA DE ESGOTOS: PLANTA GERAL "SÍTIO BENFICA";
2	DE-ROMA.PLG.ARSB-HD.002	02/07 - REDE COLETORA DE ESGOTOS: PERFIS LONGITUDINAIS DOS COLETORES 01 ao 08);
3	DE-ROMA.PLG.ARSB-HD.003	03/07 - REDE COLETORA DE ESGOTOS: PERFIS LONGITUDINAIS DOS COLETORES 09 ao 17);
4	DE-ROMA.PLG.ARSB-HD.004	04/07 – SISTEMA BIODIGESTOR: PLANTAS BAIXAS E CORTES;
5	DE-ROMA.PLG.ARSB-HD.005	05/07 - SISTEMA BIODIGESTOR: DETALHES DO CESTO;
6	DE-ROMA.PLG.ARSB-HD.006	06/07 - REDE COLETORA DE ESGOTOS: DETALHES TIPOS DAS VISÍITAS, TUBO DE QUEDA, TERMINAL DE LIMPEZA, VALA DE ASSENTAMENTO E CAIXA DE VENTOSA.
7	DE-ROMA.PLG.ARSB-HD.007	07/07 - REDE COLETORA DE ESGOTOS: DETALHES ESQUEMÁTICOS DAS LIGAÇÕES DOMICILIARES
8	OR-ROMA. PLG.ARSB -HD.001	SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO - AMPLIAÇÃO DO SISTEMA TEMPO SECO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO – ORÇAMENTO BASE 2020
9	ET-ROMA. PLG.ARSB -HD.001	SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO - AMPLIAÇÃO DO SISTEMA TEMPO SECO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
10	MD-ROMA. PLG.ARSB -HD.001	SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO - AMPLIAÇÃO DO SISTEMA TEMPO SECO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO – MEMORIAL DESCRITIVO

## 7. CUSTO

Para a execução das obras supracitadas o valor orçado para maio de 2020, segundo padrão EMOP, é descrito e detalhado no documento OR-ROMA.PLG.ARSB-HD.001

## 8. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

A seguir será apresentada a planilha de Dimensionamento Hidráulico do Sistema de Rede Coletora de Esgotos Projetada para o Sítio Benfica em Sobara. Esta planilha foi gerada com o auxílio do software SANCAD.

As informações nas Planilha Hidráulicas são descritas por trecho e contemplam os seguintes dados:

- Trecho = coletor
- Poço de Visita (montante e jusante) = pv\_mont e pv\_jus
- Comprimento = comp
- Cota do Terreno (montante e jusante) = ct\_mont e ct\_jus
- Cota do Coletor (montante e jusante) = cc\_mont e cc\_jus
- Nível d'água (montante e jusante) = na\_mont e na\_jus
- Profundidade (montante e jusante) = prof\_mont e prof\_jus
- Diâmetro = diam
- eclividade do trecho = decliv
- Vazão concentrada ( inicial e final) = q\_con\_ini e q\_con\_fim
- Vazão (inicial e final) = vazao\_ini e vazão\_fim
- Velocidade (inicial e final) = vel\_ini e vel\_fim
- Velocidade Crítica = vel\_cri
- Tensão Trativa = trativa
- Lâmina d'água ( inicial e final) = lam\_ini e lam\_fim
- Material = material

**SISTEMA SANCAD - PLANILHA DE DETALHAMENTO DAS VAZÕES**  
**ARARUAMA\_RJ**  
**SÍTIO BENFICA**  
**PROJETO DE REDE COLETORA DE ESGOTO SANITÁRIO**

26/05/2021

Trecho	Comp (m)	Poço de Visita Mont. Jus.	Contribuição (l/s.m) Inicial Final	Vazão a Montante (l/s) Inicial Final	Vazão do Trecho (l/s) Inicial Final	Vazão a Jusante (l/s) Inicial Final	Diam (mm)	Decl (m/m)	Cota do Terreno (m) Mont. Jus.	Cota do Coletor (m) Mont. Jus.	Profund. do Coletor (m) Mont. Jus.	Lâmina Líquida (Y/D) Inicial Final	Vazão Máxima Admissível (l/s)
017-001	11.00	PV1721 PV11.7.2	0.00042 0.00076	0.0000 0.0000	0.0046 0.0084	0.0046 0.0084	150	0.01745	5.420 5.230	4.370 4.180	1.050 1.050	0.16 0.16	23.8485
016-001	10.00	PV3.1 PV003	0.00042 0.00076	0.0000 0.0000	0.0042 0.0076	0.0042 0.0076	150	0.13330	16.970 15.640	15.920 14.590	1.050 1.050	0.10 0.10	65.9141
015-001	11.00	PV11111 PV11112	0.00042 0.00076	0.0000 0.0000	0.0046 0.0084	0.0046 0.0084	150	0.01136	5.610 5.490	4.560 4.440	1.050 1.050	0.18 0.18	19.2421
015-002	21.00	PV11112 PV11.11	0.00042 0.00076	0.0046 0.0084	0.0088 0.0160	0.0134 0.0244	150	0.02662	5.490 4.930	4.440 3.880	1.050 1.050	0.15 0.15	29.4556
014-001	11.00	PV11.9.1 PV11.9	0.00042 0.00076	0.0000 0.0000	0.0046 0.0084	0.0046 0.0084	150	0.01236	5.070 4.930	4.020 3.880	1.050 1.050	0.18 0.18	20.0712
013-001	13.00	PV11.8.2 PV11.8	0.00042 0.00076	0.0000 0.0000	0.0055 0.0099	0.0055 0.0099	150	0.00462	4.840 4.870	3.790 3.730	1.050 1.150	0.23 0.23	12.2711
012-001	34.00	PV11.8.1 PV11.8	0.00042 0.00076	0.0000 0.0000	0.0143 0.0258	0.0143 0.0258	150	0.05585	6.770 4.870	5.720 3.820	1.050 1.050	0.12 0.12	42.6653
011-001	19.00	PV11741 PV11742	0.00042 0.00076	0.0000 0.0000	0.0080 0.0144	0.0080 0.0144	150	0.07768	7.290 5.810	6.240 4.760	1.050 1.050	0.11 0.11	50.3174
011-002	14.00	PV11742 PV11743	0.00042 0.00076	0.0080 0.0144	0.0059 0.0106	0.0139 0.0250	150	0.04371	5.810 5.200	4.760 4.150	1.050 1.050	0.13 0.13	37.7445
011-003	10.00	PV11743 PV11.7.4	0.00042 0.00076	0.0139 0.0250	0.0042 0.0076	0.0181 0.0326	150	0.04180	5.200 4.780	4.150 3.730	1.050 1.050	0.13 0.13	36.9106
010-001	21.00	PV11.7.1 PV11.7.2	0.00042 0.00076	0.0000 0.0000	0.0088 0.0160	0.0088 0.0160	150	0.11148	7.570 5.230	6.520 4.180	1.050 1.050	0.10 0.10	60.2784

Trecho	Comp (m)	Poço de Visita Mont. Jus.	Contribuição (l/s.m) Inicial Final	Vazão a Montante (l/s) Inicial Final	Vazão do Trecho (l/s) Inicial Final	Vazão a Jusante (l/s) Inicial Final	Diam (mm)	Decl (m/m)	Cota do Terreno (m) Mont. Jus.	Cota do Coletor (m) Mont. Jus.	Profund. do Coletor (m) Mont. Jus.	Lâmina Líquida (Y/D) Inicial Final	Vazão Máxima Admissível (l/s)
010-002	26.00	PV11.7.2	0.00042	0.0134	0.0109	0.0243	150	0.00512	5.230	4.180	1.050	0.22	12.9181
		PV11.7.3	0.00076	0.0244	0.0198	0.0442			5.100	4.050	1.050	0.22	
010-003	9.00	PV11.7.3	0.00042	0.0243	0.0038	0.0281	150	0.03522	5.100	4.050	1.050	0.14	33.8811
		PV11.7.4	0.00076	0.0442	0.0068	0.0510			4.780	3.730	1.050	0.14	
010-004	10.00	PV11.7.4	0.00042	0.0462	0.0042	0.0504	150	0.01480	4.780	3.730	1.050	0.17	21.9631
		PV11.7	0.00076	0.0836	0.0076	0.0912			4.630	3.580	1.050	0.17	
009-001	5.00	PV11.3.1	0.00042	0.0000	0.0021	0.0021	150	0.00460	4.960	3.910	1.050	0.23	12.2445
		PV11.3	0.00076	0.0000	0.0038	0.0038			4.950	3.880	1.070	0.23	
008-001	5.00	PV11.2.1	0.00042	0.0000	0.0021	0.0021	150	0.11320	6.110	5.060	1.050	0.10	60.7416
		PV11.2	0.00076	0.0000	0.0038	0.0038			5.540	4.490	1.050	0.10	
007-001	11.00	PV11.1	0.00042	0.0000	0.0046	0.0046	150	0.11700	6.830	5.780	1.050	0.10	61.7527
		PV11.2	0.00076	0.0000	0.0084	0.0084			5.540	4.490	1.050	0.10	
007-002	21.00	PV11.2	0.00042	0.0067	0.0088	0.0155	150	0.02910	5.540	4.490	1.050	0.14	30.7971
		PV11.3	0.00076	0.0122	0.0160	0.0282			4.950	3.880	1.070	0.14	
007-003	13.00	PV11.3	0.00042	0.0176	0.0055	0.0231	150	0.01954	4.950	3.880	1.070	0.16	25.2363
		PV11.4	0.00076	0.0320	0.0099	0.0419			4.680	3.630	1.050	0.16	
007-004	18.00	PV11.4	0.00042	0.0231	0.0076	0.0307	150	0.00461	4.680	3.630	1.050	0.23	12.2578
		PV11.5	0.00076	0.0419	0.0137	0.0556			4.620	3.550	1.080	0.23	
007-005	17.00	PV11.5	0.00042	0.0307	0.0071	0.0378	150	0.00460	4.620	3.550	1.080	0.23	12.2445
		PV11.6	0.00076	0.0556	0.0129	0.0685			5.010	3.470	1.540	0.23	
007-006	24.00	PV11.6	0.00042	0.0378	0.0101	0.0479	150	0.00460	5.010	3.470	1.540	0.23	12.2445
		PV11.7	0.00076	0.0685	0.0182	0.0867			4.630	3.360	1.280	0.23	
007-007	23.00	PV11.7	0.00042	0.0983	0.0097	0.1080	150	0.00461	4.630	3.360	1.280	0.23	12.2578
		PV11.8	0.00076	0.1779	0.0175	0.1954			4.870	3.250	1.620	0.23	
007-008	14.00	PV11.8	0.00042	0.1278	0.0059	0.1337	150	0.00460	4.870	3.250	1.620	0.23	12.2445
		PV11.9	0.00076	0.2311	0.0106	0.2417			4.930	3.190	1.740	0.23	
007-009	9.00	PV11.9	0.00042	0.1383	0.0038	0.1421	150	0.00460	4.930	3.190	1.740	0.23	12.2445
		PV11.10	0.00076	0.2501	0.0068	0.2569			5.070	3.150	1.920	0.23	

Trecho	Comp (m)	Poço de Visita Mont. Jus.	Contribuição (l/s.m) Inicial Final	Vazão a Montante (l/s) Inicial Final	Vazão do Trecho (l/s) Inicial Final	Vazão a Jusante (l/s) Inicial Final	Diam (mm)	Decl (m/m)	Cota do Terreno (m) Mont. Jus.	Cota do Coletor (m) Mont. Jus.	Profund. do Coletor (m) Mont. Jus.	Lâmina Líquida (Y/D) Inicial Final	Vazão Máxima Admissível (l/s)
007-010	20.00	PV11.10	0.00042	0.1421	0.0084	0.1505	150	0.00460	5.070	3.150	1.920	0.23	12.2445
		PV11.11	0.00076	0.2569	0.0152	0.2721			4.930	3.050	1.870	0.23	
007-011	15.00	PV11.11	0.00042	0.1639	0.0063	0.1702	150	0.00460	4.930	3.050	1.870	0.23	12.2445
		PV11.12	0.00076	0.2965	0.0114	0.3079			4.570	2.990	1.580	0.23	
007-012	26.00	PV11.12	0.00042	0.1702	0.0109	0.1811	150	0.00462	4.570	2.990	1.580	0.23	12.2711
		PV11.13	0.00076	0.3079	0.0198	0.3277			4.650	2.870	1.780	0.23	
007-013	25.00	PV11.13	0.00042	0.1811	0.0105	0.1916	150	0.00460	4.650	2.870	1.780	0.23	12.2445
		PV011	0.00076	0.3277	0.0190	0.3467			4.960	2.750	2.210	0.23	
006-001	20.00	PV7.1	0.00042	0.0000	0.0084	0.0084	150	0.00460	5.380	4.330	1.050	0.23	12.2445
		PV007	0.00076	0.0000	0.0152	0.0152			5.630	4.240	1.400	0.23	
005-001	10.00	PV6.1	0.00042	0.0000	0.0042	0.0042	150	0.03360	6.540	5.490	1.050	0.14	33.0927
		PV6.2	0.00076	0.0000	0.0076	0.0076			6.200	5.150	1.050	0.14	
005-002	22.00	PV6.2	0.00042	0.0042	0.0092	0.0134	150	0.02018	6.200	5.150	1.050	0.16	25.6462
		PV006	0.00076	0.0076	0.0167	0.0243			5.760	4.710	1.050	0.16	
004-001	13.00	PV5.1	0.00042	0.0000	0.0055	0.0055	150	0.17769	14.360	13.310	1.050	0.09	76.1018
		PV005	0.00076	0.0000	0.0099	0.0099			12.050	11.000	1.050	0.09	
003-001	13.00	PV4.3.1	0.00042	0.0000	0.0055	0.0055	150	0.17531	17.600	16.550	1.050	0.09	75.5904
		PV4.3.2	0.00076	0.0000	0.0099	0.0099			15.320	14.270	1.050	0.09	
003-002	23.00	PV4.3.2	0.00042	0.0055	0.0097	0.0152	150	0.00461	15.320	14.270	1.050	0.23	12.2578
		PV4.3	0.00076	0.0099	0.0175	0.0274			15.690	14.160	1.530	0.23	
002-001	11.00	PV4.1	0.00042	0.0000	0.0046	0.0046	150	0.00464	17.160	16.110	1.050	0.23	12.2977
		PV4.2	0.00076	0.0000	0.0084	0.0084			17.460	16.060	1.400	0.23	
002-002	15.00	PV4.2	0.00042	0.0046	0.0063	0.0109	150	0.09460	17.460	16.060	1.400	0.11	55.5276
		PV4.3	0.00076	0.0084	0.0114	0.0198			15.690	14.640	1.050	0.11	
002-003	8.00	PV4.3	0.00042	0.0261	0.0034	0.0295	150	0.08975	15.690	14.160	1.530	0.11	54.0854
		PV004	0.00076	0.0472	0.0061	0.0533			14.490	13.440	1.050	0.11	
001-001	25.00	PV001	0.00042	0.0000	0.0105	0.0105	150	0.12716	21.750	20.700	1.050	0.10	64.3781
		PV002	0.00076	0.0000	0.0190	0.0190			18.570	17.520	1.050	0.10	

Trecho	Comp (m)	Poço de Visita Mont. Jus.	Contribuição (l/s.m) Inicial Final	Vazão a Montante (l/s) Inicial Final	Vazão do Trecho (l/s) Inicial Final	Vazão a Jusante (l/s) Inicial Final	Diam (mm)	Decl (m/m)	Cota do Terreno (m) Mont. Jus.	Cota do Coletor (m) Mont. Jus.	Profund. do Coletor (m) Mont. Jus.	Lâmina Líquida (Y/D) Inicial Final	Vazão Máxima Admissível (l/s)
001-002	23.00	PV002	0.00042	0.0105	0.0097	0.0202	150	0.12752	18.570	17.520	1.050	0.10	64.4692
		PV003	0.00076	0.0190	0.0175	0.0365			15.640	14.590	1.050	0.10	
001-003	13.00	PV003	0.00042	0.0244	0.0055	0.0299	150	0.08800	15.640	14.590	1.050	0.11	53.5556
		PV004	0.00076	0.0441	0.0099	0.0540			14.490	13.440	1.050	0.11	
001-004	23.00	PV004	0.00042	0.0594	0.0097	0.0691	150	0.10622	14.490	13.440	1.050	0.11	58.8391
		PV005	0.00076	0.1073	0.0175	0.1248			12.050	11.000	1.050	0.11	
001-005	32.00	PV005	0.00042	0.0746	0.0134	0.0880	150	0.19672	12.050	11.000	1.050	0.09	80.0732
		PV006	0.00076	0.1347	0.0243	0.1590			5.760	4.710	1.050	0.09	
001-006	20.00	PV006	0.00042	0.1014	0.0084	0.1098	150	0.00610	5.760	4.710	1.050	0.21	14.1003
		PV007	0.00076	0.1833	0.0152	0.1985			5.630	4.580	1.050	0.21	
001-007	16.00	PV007	0.00042	0.1182	0.0067	0.1249	150	0.00463	5.630	4.240	1.400	0.23	12.2844
		PV008	0.00076	0.2137	0.0122	0.2259			5.490	4.160	1.330	0.23	
001-008	19.00	PV008	0.00042	0.1249	0.0080	0.1329	150	0.00460	5.490	4.160	1.330	0.23	12.2445
		PV009	0.00076	0.2259	0.0144	0.2403			5.300	4.070	1.220	0.23	
001-009	25.00	PV009	0.00042	0.1329	0.0105	0.1434	150	0.00460	5.300	4.070	1.220	0.23	12.2445
		PV010	0.00076	0.2403	0.0190	0.2593			5.130	3.960	1.170	0.23	
001-010	23.00	PV010	0.00042	0.1434	0.0097	0.1531	150	0.00461	5.130	3.960	1.170	0.23	12.2578
		PV011	0.00076	0.2593	0.0175	0.2768			4.960	3.850	1.100	0.23	
001-011	6.00	PV011	0.00042	0.3447	0.0025	0.3472	150	0.00467	4.960	2.750	2.210	0.23	12.3373
		FIM	0.00076	0.6235	0.0046	0.6281			4.950	2.720	2.220	0.23	







Consórcio Intermunicipal para Gestão Ambiental das Bacias da  
Região dos Lagos, do Rio São João e Zona Costeira.  
CNPJ nº 03.612.270/0001-41

# **SISTEMA BIODIGESTOR**

## **AMPLIAÇÃO DO SISTEMA TEMPO SECO DE**

### **ESGOTAMENTO SANITÁRIO**

#### **ARARUAMA - RJ**

#### **“SOBARA\_ SÍTIO BENFICA”**

#### **MEMORIAL DESCRITIVO E DE**

#### **CÁLCULO ESTRUTURAL**

**Mai-2021 – rev. 0**

## ÍNDICE

1.	OBJETIVO .....	4
2.	NORMAS APLICÁVEIS .....	4
3.	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA .....	4
4.	DOCUMENTOS GERADOS PARA O PROJETO .....	4
5.	LOCALIZAÇÃO DO BIODIGESTOR.....	5
6.	MATERIAIS UTILIZADOS .....	5
7.	CRITÉRIOS BÁSICOS DE PROJETO .....	6
7.1.	TIPO DE ESTRUTURA .....	6
7.2.	TIPO DE FUNDAÇÃO .....	7
7.3.	SOBRECARGA DE VEÍCULO.....	8
7.4.	VERIFICAÇÃO DA TENSÃO ADMISSÍVEL .....	8
8.	VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA À FLUTUAÇÃO .....	9
9.	TOPOLOGIA DA ESTRUTURA.....	10
9.1.	POÇO DE CHEGADA .....	10
9.2.	POÇO DE GRADEAMENTO .....	10
9.3.	POÇO DE SUCÇÃO.....	Erro! Indicador não definido.
9.4.	CAIXA DE MANOBRAS .....	Erro! Indicador não definido.
9.5.	POÇO DE MACROMEDIÇÃO .....	Erro! Indicador não definido.
10.	MODELAGEM ESTRUTURAL .....	13
11.	CARREGAMENTOS .....	13
11.1.	POÇO DE CHEGADA .....	13
11.2.	POÇO DE GRADEAMENTO .....	15
11.3.	POÇO DE SUCÇÃO .....	16
11.4.	CAIXA DE MANOBRAS.....	Erro! Indicador não definido.
11.5.	POÇO DE MACROMEDIÇÃO .....	23
11.6.	COMBINAÇÕES DOS CARREGAMENTOS .....	26
12.	SISTEMA DE UNIDADES .....	28
13.	SISTEMA DE COORDENADAS .....	28
14.	ESFORÇOS ATUANTES E DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO COMPOSTA .....	28
14.1.	POÇO DE CHEGADA .....	28

<b>14.2.</b>	<b>POÇO DE GRADEAMENTO</b> .....	<b>31</b>
<b>14.3.</b>	<b>POÇO DE SUCÇÃO</b> .....	<b>29</b>
<b>14.4.</b>	<b>POÇO DE MACROMEDIÇÃO</b> .....	<b>37</b>
<b>14.5.</b>	<b>CAIXA DE MANOBRAS</b> .....	Erro! Indicador não definido.
<b>14.6.</b>	<b>BLOCOS DE ANCORAGEM</b> .....	<b>40</b>
<b>15.</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>41</b>
<b>16.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>41</b>

## **1. OBJETIVO**

O presente documento apresenta a descrição do projeto de um Sistema Biodigestor para Tratamento de Efluente Sanitário na localidade conhecida como Sítio Benfica no Bairro Sobara na cidade de Araruama. A unidade de tratamento apresenta característica de um Biossistema Integrado de digestão de dejetos humanos a partir da retenção de material grosseiro e areia, posteriormente a remoção de nutriente a partir das reações anaeróbicas e filtração biológica. Apresenta controle de vazão de entrada e saída com o objetivo de garantir a eficiência no tratamento e respeitar as normas ambientais estabelecidas.

Este documento tem como objetivo apresentar os cálculos, verificações necessárias e dimensionamento estrutural o Sistema Biodigestor.

A seguir são apresentados todos os dados e considerações utilizados, assim como, todas as análises, verificações e critérios normativos e de boa prática assumidos para o dimensionamento desta estrutura.

## **2. NORMAS APLICÁVEIS**

### **ABNT:**

- NBR-6118/2014 – Projetos de Estruturas de Concreto - Procedimento;
- NBR-6122/2010 – Projeto e Execução de Fundações;
- NBR 14931/2004 – Execução de Estruturas de Concreto;
- NBR 14931/2004 – Execução de Estruturas de Concreto;
- NBR 6120:2019 – Ações para cálculo de estruturas de edificações;
- NBR 9062/2017 - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado.

## **3. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA**

- DE-ROMA.PLG.ARSB-BIO.001– 01/02 SISTEMA BIODIGESTOR – PLANTAS BAIXAS E CORTES;
- DE-ROMA.PLG.ARSB-BIO.001– 02/02 SISTEMA BIODIGESTOR – DETALHES DO CESTO;
- RELATÓRIO DE SONDAGEM N° SP-50 da MCS SONDAS, datado de 12/2020

## **4. DOCUMENTOS GERADOS PARA O PROJETO**

- DE-ROMA.PLG.ARSB-ES.001- 01/07- SISTEMA BIODIGESTOR - PROJETO EXECUTIVO ESTRUTURAL  
POÇO DE CHEGADA: PLANTA, CORTES E DETALHES " FORMA E ARMADURA";
- DE-ROMA.PLG.ARSB -ES.002- 02/07- SISTEMA BIODIGESTOR - PROJETO EXECUTIVO ESTRUTURAL  
POÇO DE GRADEAMENTO: PLANTA, CORTES E DETALHES " FORMA E ARMADURA";
- DE-ROMA.PLG.ARSB -ES.003- 03/07- SISTEMA BIODIGESTOR - PROJETO EXECUTIVO ESTRUTURAL  
POÇO DESARENADOR E MEDIDOR DE VAZÃO, CORTES E DETALHES " FORMA E  
ARMADURA";
- DE-ROMA.PLG.ARSB -ES.004- 04/07- SISTEMA BIODIGESTOR - PROJETO EXECUTIVO ESTRUTURAL  
POÇO DE SEDIMENTAÇÃO DO LODO: PLANTA, CORTES E DETALHES " FORMA E  
ARMADURA";
- DE-ROMA.PLG.ARSB -ES.005- 05/07- SISTEMA BIODIGESTOR - PROJETO EXECUTIVO ESTRUTURAL  
BIODIGESTORES "1, 2 E 3": PLANTA, CORTES E DETALHES " FORMA E ARMADURA";
- DE-ROMA.PLG.ARSB -ES.006- 06/07- SISTEMA BIODIGESTOR - PROJETO EXECUTIVO ESTRUTURAL  
FILTRO: PLANTA, CORTES E DETALHES " FORMA E ARMADURA";
- DE-ROMA.PLG.ARSB -ES.007- 07/07- SISTEMA BIODIGESTOR - PROJETO EXECUTIVO ESTRUTURAL  
ZONA DE RAÍZES: PLANTA, CORTES E DETALHES " FORMA E ARMADURA";

## 5. LOCALIZAÇÃO DO BIODIGESTOR

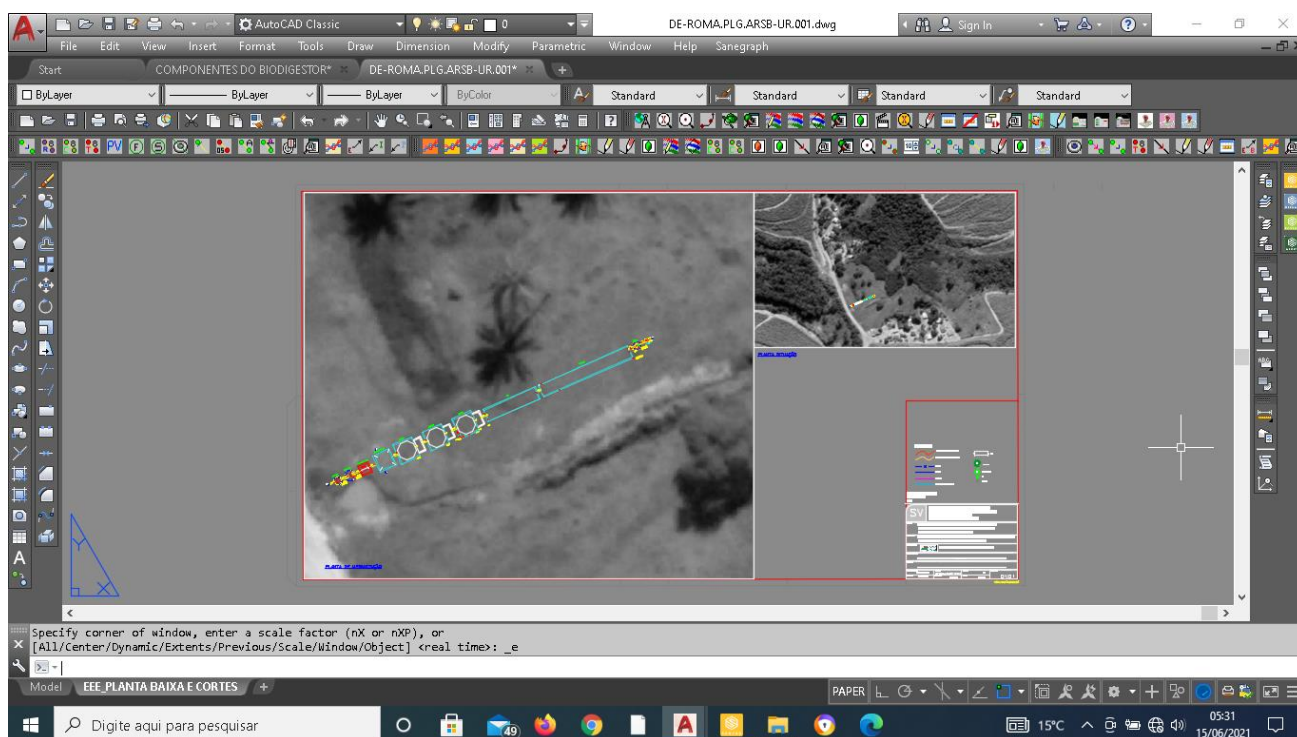


Figura 1 – LOCALIZAÇÃO DO BIODIGESTOR

## 6. MATERIAIS UTILIZADOS

- Concreto (Classe de agressividade ambiental→IV):
  - Peso específico  $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$
  - Peso específico submerso  $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$
  - Resistência a compressão  $f_{ck} \geq 40 \text{ MPa}$
  - Módulo de elasticidade secante  $E_c = 0,85 \cdot 5600 \cdot \sqrt{f_{ck}} = 30.104,88 \text{ MPa}$
- Aço (Armadura Passiva):
  - Peso específico:  $\gamma = 7850 \text{ kg/m}^3 = 78,50 \text{ kN/m}^3$
  - Tensão de Escoamento  $f_{yk} \geq 500 \text{ Mpa}$
  - Módulo de elasticidade:  $E_s = 200 \text{ GPa}$
  - Tipo: CA-50
  - Cobrimento das armaduras: Elementos em contato com o solo > 4,5 cm
- Solo:
  - Peso específico saturado  $\gamma_{\text{solo}} = 19 \text{ kN/m}^3$
  - Peso específico submerso  $\gamma_{\text{solo}} = 9 \text{ kN/m}^3$
  - Coefficiente de Empuxo no repouso :  $k_0 = 0,50$
  - Coefficiente de Empuxo ativo :  $k_a = 0,33$
  - Coefficiente de Empuxo passivo :  $k_p = 1,00$
  - Coefficiente de Reação Vertical :  $k_v = 20.000 \text{ kN/m}^3$
- Água:
  - Peso específico  $\gamma = 10 \text{ kN/m}^3$

## 7. CRITÉRIOS BÁSICOS DE PROJETO

## 7.1. TIPO DE ESTRUTURA

Trata-se de Sistema Biodigestor composta de cinco unidades totalmente enterradas, listadas a seguir: Poço de Chegada, Poço de Gradeamento, Poço Desarenador e Medidor de Vazão, Poço de Sedimentação do Lodo, Biodigestores, Filtro e Zona de Raízes.

Poço de Gradeamento e Poço de Chegada, foram projetados em anéis pré-moldados;

O Poço Desarenador e Medidor de Vazão, Poço de Sedimentação do Lodo, Biodigestores, Filtro e Zona de Raízes foram projetados em módulos de concreto moldados “in loco” com sucessivas escavações internas;

A Caixa de Manobras foi projetada em blocos de concreto simples com preenchimento em concreto estrutural.

Nos elementos pré-moldados a ligação entre os anéis será por aderência através de rejuntamento com argamassa de cimento e areia, com espessura de 1,5cm.

Para garantir a segurança a não flutuação, foram projetadas abas na laje de fundo.

No caso do Poço de Sucção a ligação entre o 1º módulo e a laje do fundo será feita por ponte de aderência entre as superfícies.

Devido à natureza do solo e a elevada profundidade, no Poço de Sedimentação do Lodo foi adotado um processo construtivo de execução em módulos com sucessivas escavações internas até a cota de fundo.

A confecção dos módulos e suas escavações internas poderão ser executadas em paralelo com as outras duas estruturas;

Concluídas as estruturas, colocados os tubos e acessórios, será executado o reaterro compactado, e somente após o rebaixamento do lençol poderá ser desligado.

As outras estruturas deverão ser executadas posteriormente também com escoramento de vala e rebaixamento do lençol.

## 7.2. TIPO DE FUNDAÇÃO

De acordo com o boletim de sondagem, adotou-se fundação do tipo direta para todas as estruturas.

## 7.3. SOBRECARGA DE VEÍCULO

Para todas as estruturas foi considerada uma sobrecarga de veículo:

Caminhão Tipo: TB-450



#### 7.4. VERIFICAÇÃO DA TENSÃO ADMISSÍVEL

Considerando a sondagem SP-01, considerando a menor profundidade das unidades, nesse caso, de 2,00 m abaixo do NT. Tomando-se uma média dos 3 valores de SPT abaixo temos:

$$\text{SPT (médio)} = (2+4+7) / 3 = 4,3 \text{ (solo arenoso)}$$

- Peso específico de Solo Saturado:

**Tabela 1** Peso específico de solos arenosos (Godoy, 1972)  
(correlações empíricas – uso limitado a estudos preliminares).

N (golpes)	Consistência	Peso específico (KN/m <sup>3</sup> )		
		Areia seca	Úmida	Saturada
< 5	Fofa	16	18	19
5 - 8	Pouco compacta	17	19	20
9 - 18	Medianamente compacta	18	20	21
19 - 40	Compacta			
> 40	Muito compacta			

$$P / \text{NSPT} = 4,3 \rightarrow \gamma_{\text{sat}} = 19,00 \text{ kN/m}^2$$

- Ângulo de Atrito interno

**TAB 3 – Avaliação dos Parâmetros de Resistência e de deformabilidade em Função do SPT**  
(correlações empíricas – uso limitado a estudos preliminares).

Areias e Solos Arenosos					
Compacidade	$\gamma$ ( t/m <sup>3</sup> )	C ( t/m <sup>2</sup> )	$\phi$ °	E ( t/m <sup>2</sup> )	v
Fofa	1,6	0	25 - 30	100 - 500	0,3 a 0,4
Pouco Compacta	1,8	0	30 - 35	500 - 1400	
Medianamente Compacta	1,9	0	35 - 40	1400 - 4000	
Compacta	2,0	0	40 - 45	4000 - 7000	
Muito Compacta	> 2,0	0	> 45	> 7000	

$$P / \text{NSPT} = 4,3 \rightarrow \phi = 30^\circ:$$

- Coesão:

$$c = 0$$

#### 4 - CAPACIDADE DE CARGA

##### Tipo de Ruptura do solo -->

##### Localizada

- $\gamma$ solo sat. (KN/m <sup>3</sup> ) - Superior	19	(Consultar Tabelas de Peso Específico Solo)	
- $\gamma$ solo sub. (KN/m <sup>3</sup> ) - Inferior	9		
- Dados: - b	1,60		
- l	1,60		
- h	2,00		
- C (coesão) (KPa)	0	$c^* =$	0,00 kPa
- q (KN/m <sup>2</sup> )	38,00		
- $\theta$ (grau)	30	$\theta^* =$	21,05 Grau
- $\theta$ (rad)	0,52		0,3674
- SPT	0		

$$\sigma_r = c N_c N_{sc} + q N_q S_q + 0,5 \gamma B N_\gamma S_\gamma$$

$$\sigma_r = 0,45 \text{ MPa}$$

Fatores de Carga:		Fatores de Forma:	
Nc	15,82	Sc	1,45
Nq	7,07	Sq	1,58
N $\gamma$	6,2	S $\gamma$	0,60

Logo:	(MPa)	0,15
	(kg/cm <sup>2</sup> )	1,50

Adotado  $\sigma_{adm\text{médio}} = 0,08 \text{ MPa}$  (para todas as unidades)

## 8. VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA À FLUTUAÇÃO

Fator de Segurança mínima à Flutuação = 1,1 (NBR 6122\_2019)(NA=NT)

POÇOS	PESO CONCRETO	PESO SOLO	EMPUXO	FLUTUAÇÃO
CHEGADA	31	18	39	1,26
GRADEAMENTO	49	32	73	1,11
MACROMEDICÇÃO	21	17	31	1,23
SUCÇÃO	116	-	103	1,13
CAIXAS	PESO CONCRETO	PESO SOLO	EMPUXO	FLUTUAÇÃO
MANOBRA	88	59	131	1,12

## 9. TOPOLOGIA DA ESTRUTURA

## 9.1. POÇO DE CHEGADA

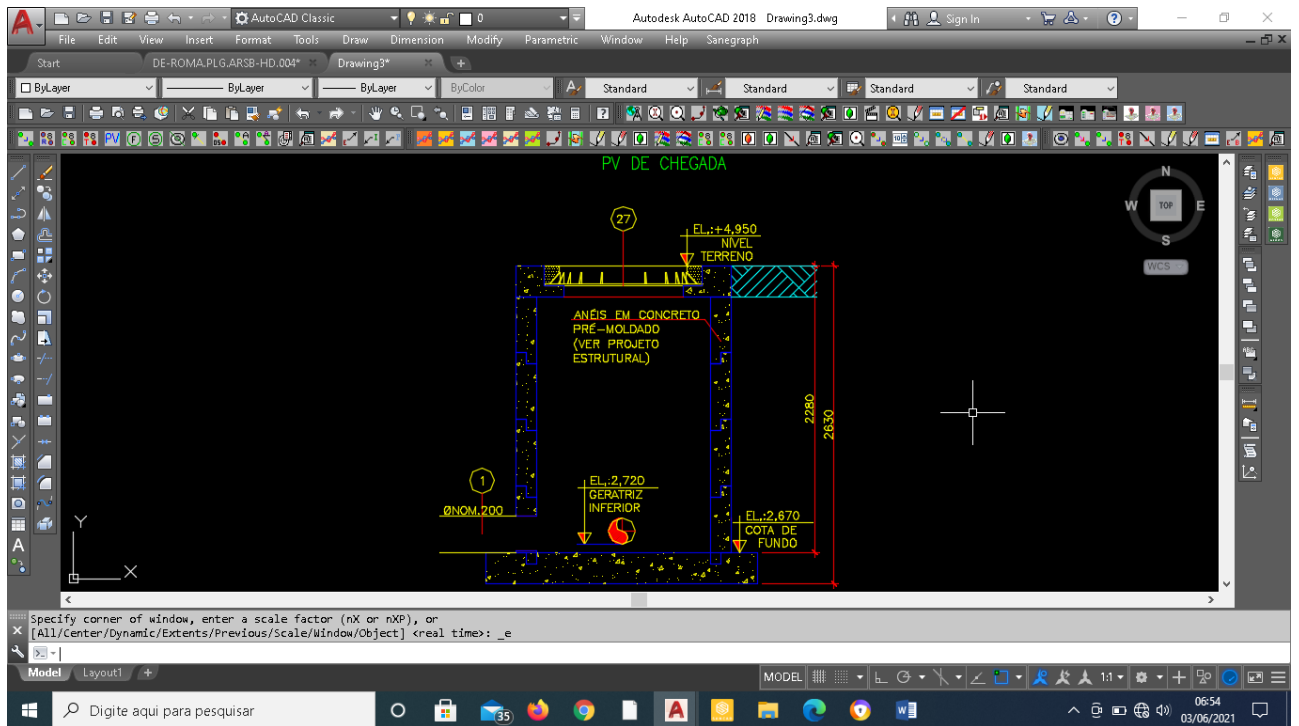


Figura 2 – CORTE A-A

## 9.2. POÇO DE GRADEAMENTO

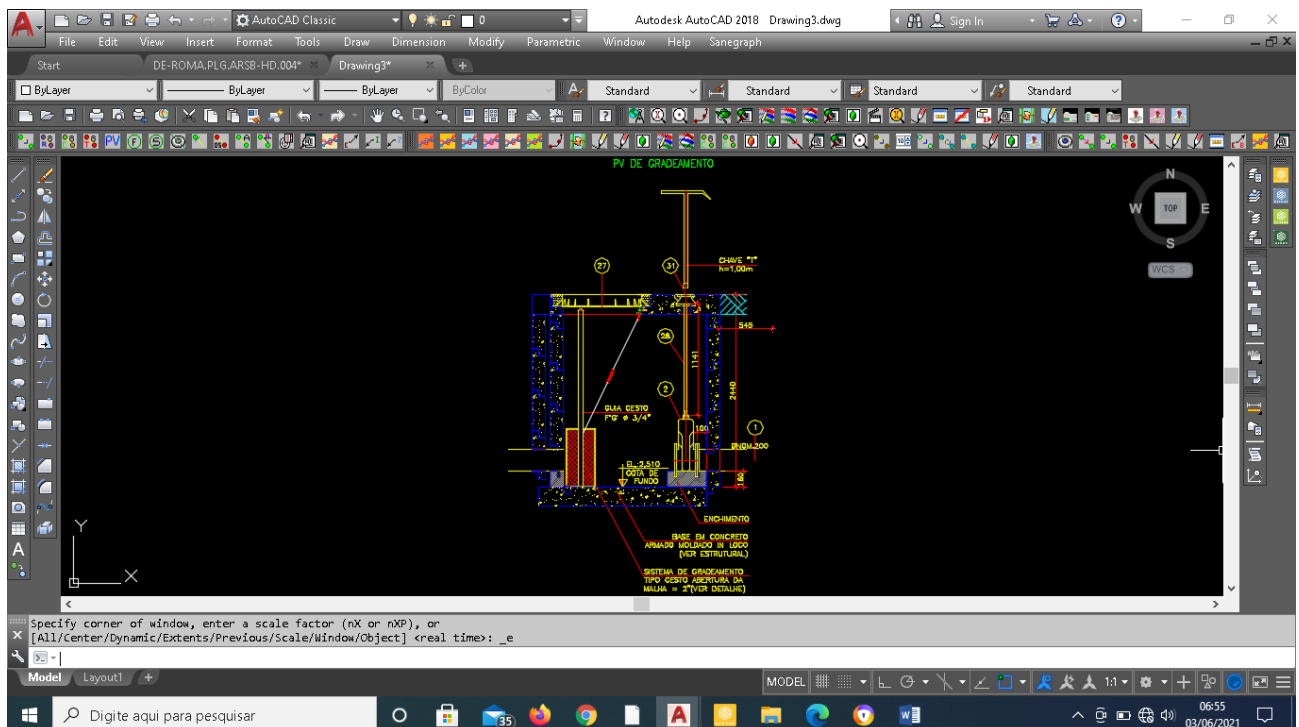


Figura 3- CORTE A-A

### 9.3. DESARENADOR E MEDIDOR DE VAZÃO

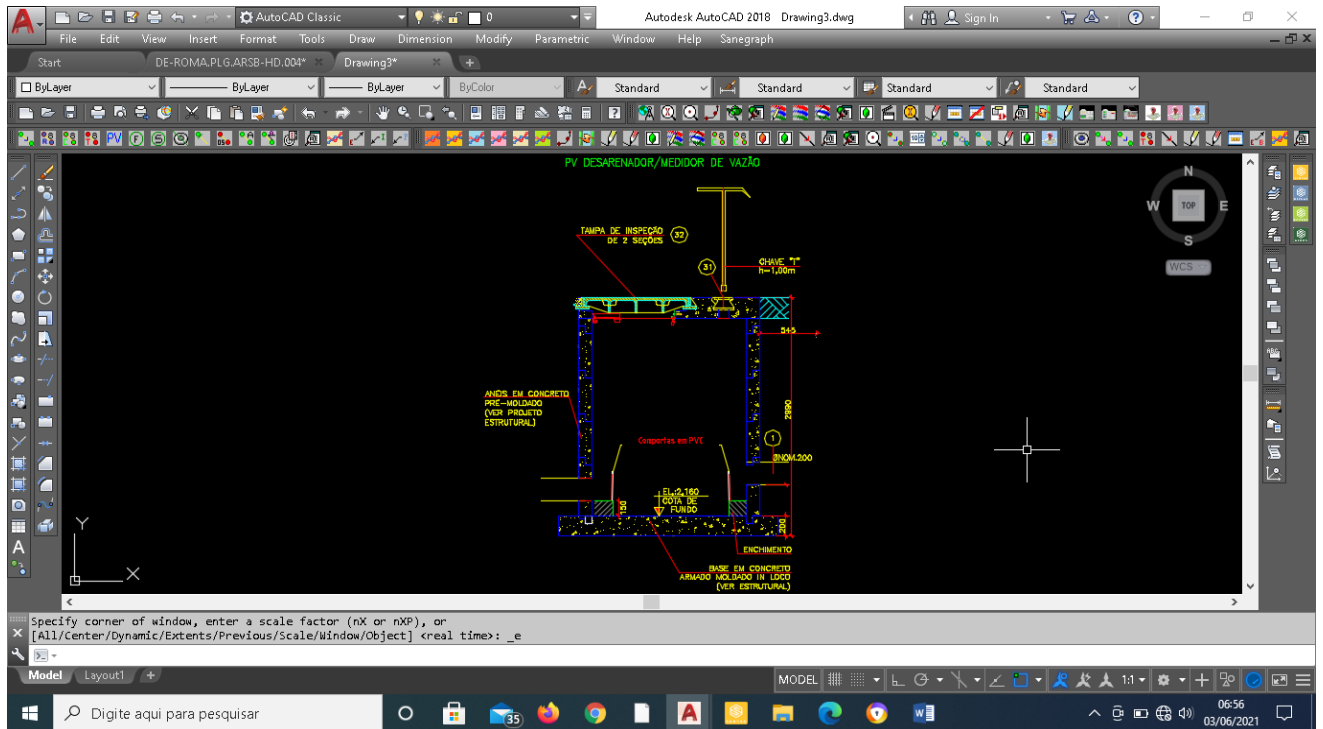


Figura 4 – CORTE A-A

### 9.4. POÇO DE SEDIMENTAÇÃO DO LODO

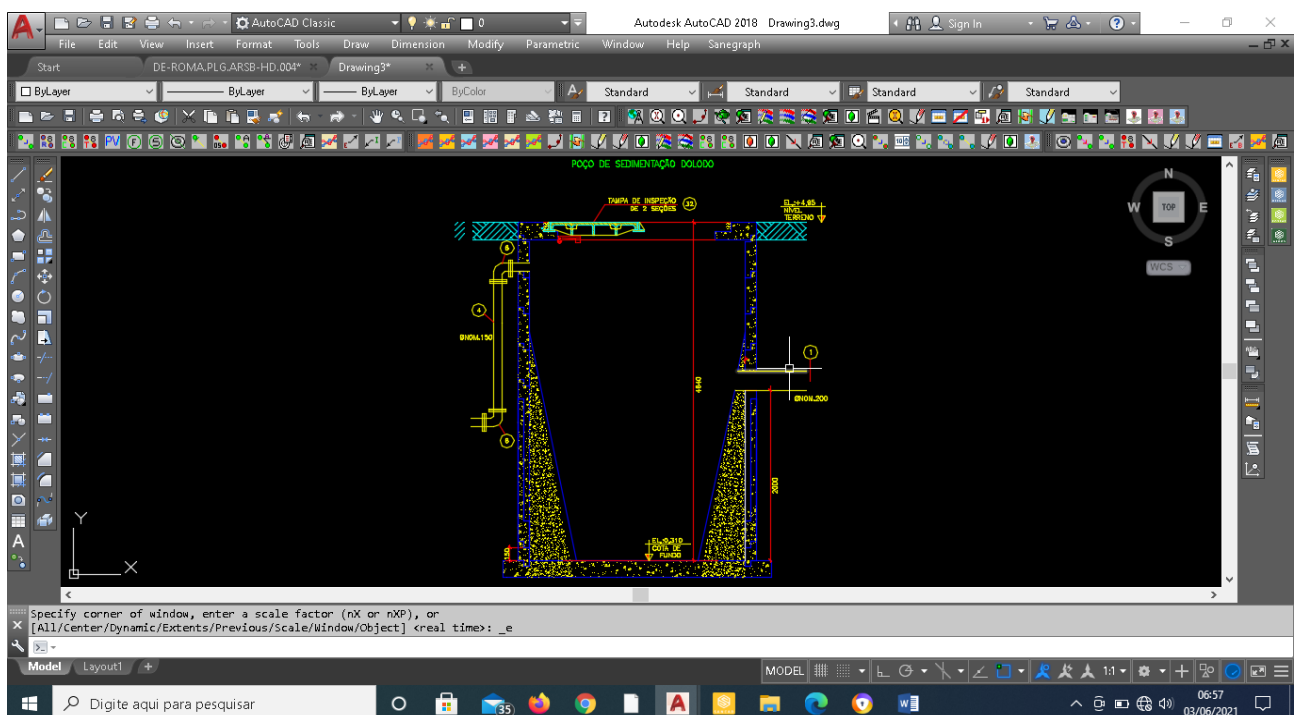


Figura 5 – CORTE A-A CAIXA DE MANOBRA

## 9.5. FILTRO

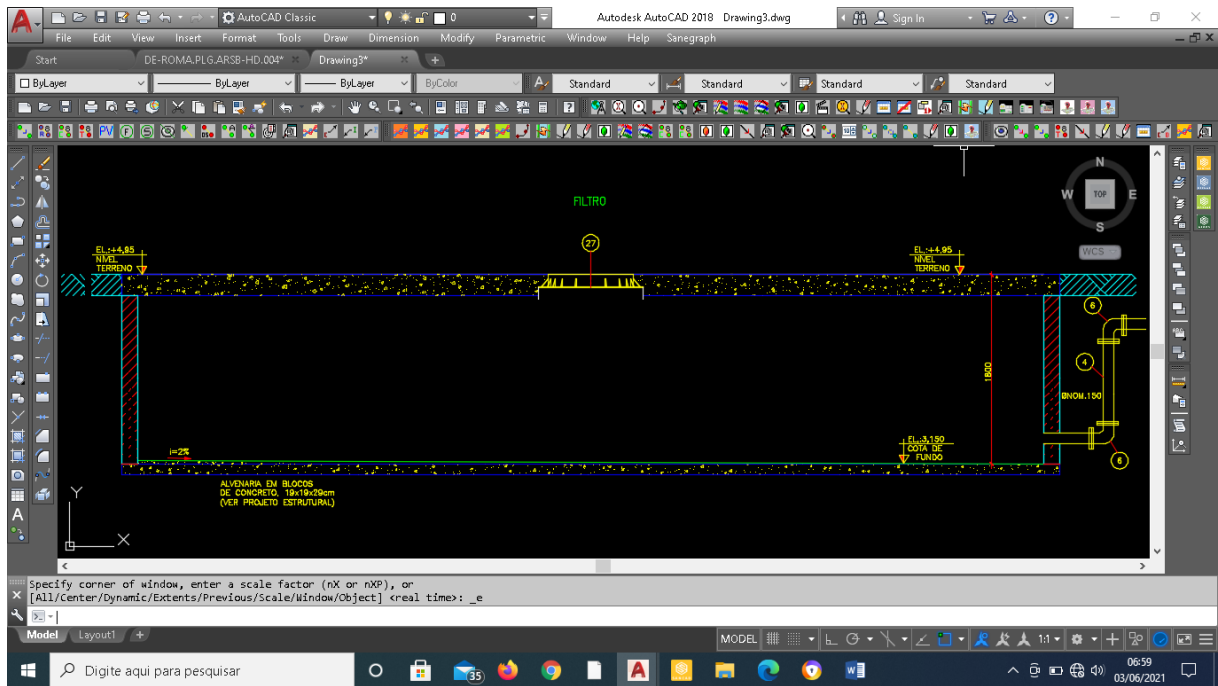


Figura 6 – CORTE A-A

## 9.6. ZONA DE RAÍZES

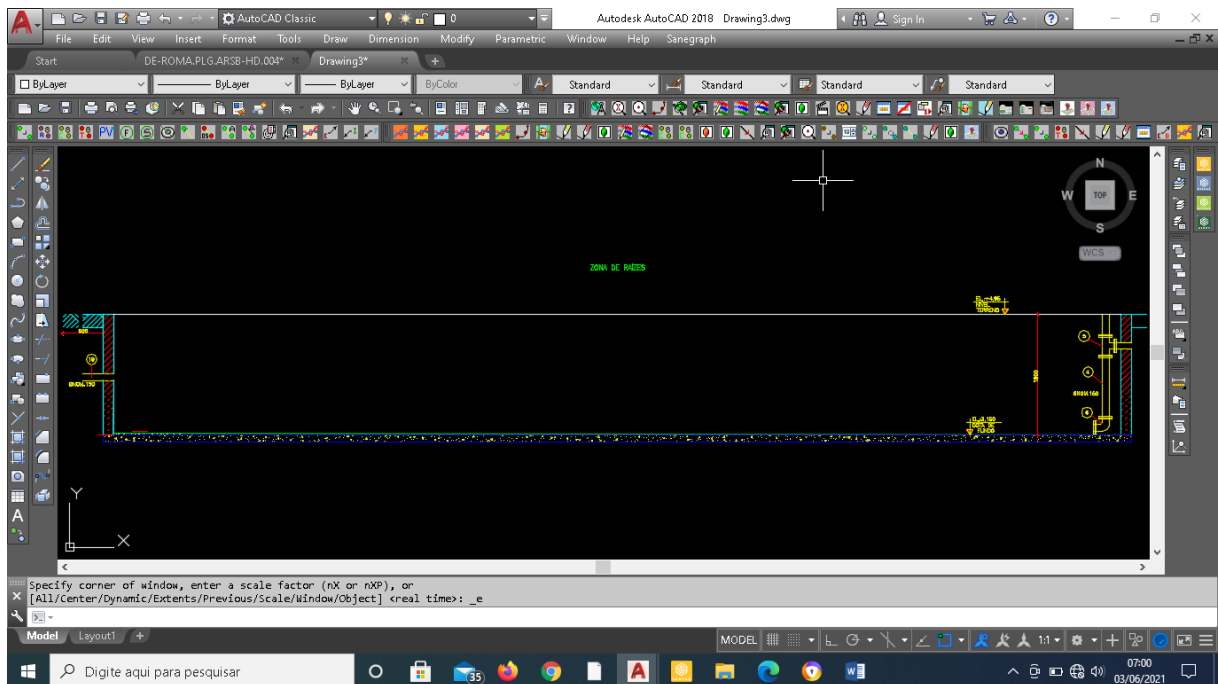


Figura 6 – CORTE A-A

Figura 5 – CORTE A-A CAIXA DE MANOBRA

## 9.7. MACROMEDIÇÃO

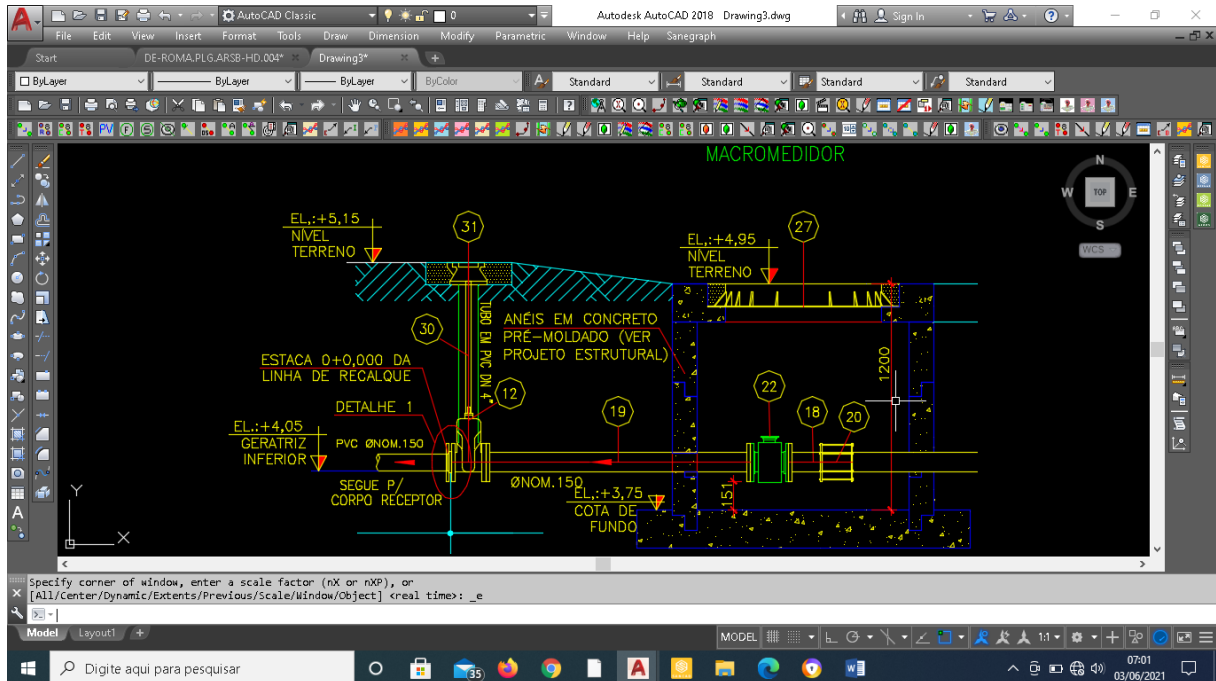


Figura 6 – CORTE A-A

## 10. MODELAGEM ESTRUTURAL

Para este projeto, todos os elementos da estrutura foram verificados pelo software de análise estrutural por elementos finitos, SAP-2000– versão v21, desenvolvido pela empresa americana Computer and Structure Inc., utilizando-se a NBR-6118 para o cálculo das armaduras;

Este software calcula o peso próprio dos elementos estruturais de acordo com as características geométricas e mecânicas de cada elemento informadas na modelagem.

Para os dimensionamentos foi utilizado o seguinte programa:

Obliqua- verifica as armaduras adotadas para flexão composta;

## 11. CARREGAMENTOS

### 11.1. POÇO DE CHEGADA

- Laje Superior (h=15)

- Cargas Permanentes:

Peso Próprio:  $0,15 \times 25,00 = 3,75 \text{ kN/m}^2$  (calculado automaticamente pelo software)

Solo Saturado:  $0,125 \times 19,00 = 2,38 \text{ kN/m}^2$

Solo Submerso:  $0,125 \times 9,00 = 1,125 \text{ kN/m}^2$

-Cargas Variáveis:

Carga Móvel – Trem-Tipo TR-45 aplicado em 1 roda sobre o tampão metálico, no sentido longitudinal posicionada no centro e junto a borda.

Carga da Roda:  $P = 75 \text{ kN}$

CIV = 1,35 (coeficiente de Impacto vertical)

P.CIV =  $1,35 \times 75 = 101,35 \text{ kN}$

- Projeção da área da roda sobre o tampão



- Carga distribuída sobre a laje do tampão:

$$q = \frac{101,35}{(0,20 \times 0,5)} = 1013,50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- **Laje do Fundo (h=20)**

- Cargas Permanentes:

Peso Próprio:  $0,20 \times 25,00 = 5,00 \text{ kN/m}^2$  (calculado automaticamente pelo software)

-Cargas Variáveis:

- Água fundo =  $0,20 \times 10,00 = 2,00 \text{ kN/m}^2$

- Subpressão:  $2,03 \times 10,00 = 20,30 \text{ kN/m}^2$

- **Parede (h=13)**

- Cargas Permanentes:

Peso Próprio:  $0,13 \times 25,00 = 3,25 \text{ kN/m}^2$  (calculado automaticamente pelo software)

Solo Saturado:  $0,33 \times 19,00 \times 2,03 = 12,86 \text{ kN/m}^2$

Solo Submerso:  $0,50 \times 9,00 \times 2,03 = 9,14 \text{ kN/m}^2$

-Cargas Variáveis:

Água externa:  $1,00 \times 10,00 \times 2,03 = 20,30 \text{ kN/m}^2$

Água interna:  $1,00 \times 10,00 \times 0,20 = 2,00 \text{ kN/m}^2$

Sobrecarga:  $q = 0,50 \times 25 = 12,50 \text{ kN/m}^2$

## 11.2. POÇO DE GRADEAMENTO

- **Laje Superior (h=15)**

- Cargas Permanentes:

Peso Próprio:  $0,15 \times 25,00 = 3,75 \text{ kN/m}^2$  (calculado automaticamente pelo software)

Solo Saturado:  $0,125 \times 19,00 = 2,38 \text{ kN/m}^2$

Solo Submerso:  $0,125 \times 9,00 = 1,125 \text{ kN/m}^2$

-Cargas Variáveis:

Carga Móvel – Trem-Tipo TR-45 aplicado em 1 roda sobre o tampão metálico, no sentido longitudinal posicionada no centro e junto a borda.

Carga da Roda:  $P = 75 \text{ kN}$

$CIV = 1,35$  (coeficiente de Impacto vertical)

$P \cdot CIV = 1,35 \times 75 = 101,35 \text{ kN}$

- Projecção da área da roda sobre o tampão



- Carga distribuída sobre a laje do tampão:

$$q = \frac{101,35}{(0,20 \times 0,5)} = 1013,50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- **Laje do Fundo (h=20)**

- Cargas Permanentes:

Peso Próprio:  $0,20 \times 25,00 = 5,00 \text{ kN/m}^2$  (calculado automaticamente)

-Cargas Variáveis:

Água fundo =  $0,20 \times 10,00 = 2,00 \text{ kN/m}^2$

Subpressão:  $2,18 \times 10,00 = 21,80 \text{ kN/m}^2$

- **Parede (h=13)**



- Cargas Permanentes:

Peso Próprio:  $0,13 \times 25,00 = 3,25 \text{ kN/m}^2$  (calculado automaticamente )

Solo Saturado:  $0,33 \times 19,00 \times 2,18 = 13,81 \text{ kN/m}^2$

Solo Submerso:  $0,50 \times 9,00 \times 2,18 = 9,81 \text{ kN/m}^2$

-Cargas Variáveis:

Água externa:  $1,00 \times 10,00 \times 2,18 = 21,80 \text{ kN/m}^2$

Água interna:  $1,00 \times 10,00 \times 0,20 = 2,00 \text{ kN/m}^2$

Sobrecarga:  $q = 0,5 \times 25 = 12,50 \text{ kN/m}^2$

### 11.3. POÇO DESARENADOR E MEDIDOR DE VAZÃO

- **Laje Superior (h=20)**

- Cargas Permanentes:

Peso Próprio:  $0,20 \times 25,00 = 5,00 \text{ kN/m}^2$  (calculado automaticamente pelo software)

Solo Saturado:  $0,11 \times 19,00 = 2,09 \text{ kN/m}^2$

Solo Submerso:  $0,11 \times 9,00 = 0,99 \text{ kN/m}^2$

-Cargas Variáveis:

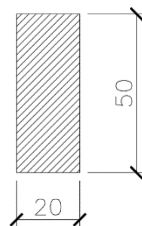
Carga Móvel – Trem-Tipo TR-45 aplicado em 1 roda sobre o tampão metálico, no sentido longitudinal posicionada no centro e junto a borda.

Carga da Roda:  $P = 75 \text{ kN}$

CIV = 1,35 (coeficiente de Impacto vertical)

$P \cdot CIV = 1,35 \times 75 = 101,35 \text{ kN}$

- Projecção da área da roda sobre o tampão



- Carga distribuída sobre a laje do tampão:

$$q = \frac{101,35}{(0,20 \times 0,5)} = 1013,50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- **Laje do Fundo (h=50)**

- Cargas Permanentes:

- Peso Próprio:  $0,50 \times 25,00 = 12,50 \text{ kN/m}^2$  (calculado automaticamente pelo software)

- Cargas Variáveis:

- Água fundo:  $0,85 \times 10,00 = 8,50 \text{ kN/m}^2$

- Subpressão:  $3,63 \times 10,00 = 36,30 \text{ kN/m}^2$

- **Paredes laterais (h=20)**

- Cargas Permanentes:

- Peso Próprio:  $0,25 \times 25,00 = 6,25 \text{ kN/m}^2$  (calculado automaticamente pelo software)

- Solo Saturado:  $0,33 \times 19,00 \times 3,63 = 22,76 \text{ kN/m}^2$

- Solo Submerso:  $0,50 \times 9,00 \times 3,63 = 16,34 \text{ kN/m}^2$

- Cargas Variáveis:

- Água externa:  $1,00 \times 10,00 \times 3,63 = 36,30 \text{ kN/m}^2$

- Água interna:  $1,00 \times 10,00 \times 0,85 = 8,50 \text{ kN/m}^2$

- Sobrecarga:  $q = 0,5 \times 25,00 = 12,5 \text{ kN/m}^2$

#### 11.4. POÇO DE SEDIMENTAÇÃO DO LODO

- **Laje Superior (h=20)**

- Cargas Permanentes:

- Peso Próprio:  $0,20 \times 25,00 = 5,00 \text{ kN/m}^2$  (calculado automaticamente pelo software )

- Solo Saturado:  $0,125 \times 19,00 = 2,38 \text{ kN/m}^2$

- Solo Submerso:  $0,125 \times 9,00 = 1,125 \text{ kN/m}^2$

- Cargas Variáveis:

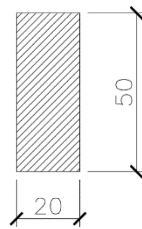
- Carga Móvel – Trem-Tipo TR-45 aplicado em 1 roda sobre o tampão metálico, no sentido longitudinal posicionada no centro e junto a borda.

- Carga da Roda:  $P = 75 \text{ kN}$

CIV = 1,35 (coeficiente de Impacto vertical)

P.CIV = 1,35 x 75 = 101,35 kN

- Projecção da área da roda sobre o tampão



- Carga distribuída sobre a laje do tampão:

$$q = \frac{101,35}{(0,20 \times 0,5)} = 1013,50 \frac{kN}{m^2}$$

- **Laje do Fundo (h=20)**

- Cargas Permanentes:

Peso Próprio: 0,20 x 25,00 = 5,00 kN/m<sup>2</sup> (calculado automaticamente pelo software)

- Enchimento: 0,02 x 21,00 = 0,42 kN/m<sup>2</sup>

-Cargas Variáveis:

- Subpressão: 1,54 x 10,00 = 15,40 kN/m<sup>2</sup>

- **Parede (h=19)**

- Cargas Permanentes:

Peso Próprio: 2,70 kN/m<sup>2</sup> (extraído da NBR 6120)

Solo Saturado: 0,33 x 19,00 x 0,125 = 0,78 kN/m<sup>2</sup>

0,33 x 19,00 x 1,54 = 9,66 kN/m<sup>2</sup>

Solo Submerso: 0,50 x 9,00 x 0,125 = 0,56 kN/m<sup>2</sup>

0,50 x 9,00 x 1,64 = 6,93 kN/m<sup>2</sup>

-Cargas Variáveis:

- Água externa: 1,00 x 10,00 x 0,125 = 1,25 kN/m<sup>2</sup>

$$1,00 \times 10,00 \times 1,54 = 15,40 \text{ kN/m}^2$$

- Sobrecarga:  $q = 0,5 \times 25 = 12,50 \text{ kN/m}^2$

## 11.5. BIODIGESTOR

- **Laje Superior (h=20)**

- Cargas Permanentes:

Peso Próprio:  $0,20 \times 25,00 = 5,00 \text{ kN/m}^2$  (calculado automaticamente pelo software )

Solo Saturado:  $0,125 \times 19,00 = 2,38 \text{ kN/m}^2$

Solo Submerso:  $0,125 \times 9,00 = 1,125 \text{ kN/m}^2$

-Cargas Variáveis:

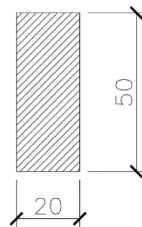
Carga Móvel – Trem-Tipo TR-45 aplicado em 1 roda sobre o tampão metálico, no sentido longitudinal posicionada no centro e junto a borda.

Carga da Roda:  $P = 75 \text{ kN}$

CIV = 1,35 (coeficiente de Impacto vertical)

P.CIV =  $1,35 \times 75 = 101,35 \text{ kN}$

- Projeção da área da roda sobre o tampão



- Carga distribuída sobre a laje do tampão:

$$q = \frac{101,35}{(0,20 \times 0,5)} = 1013,50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- **Laje do Fundo (h=20)**

- Cargas Permanentes:

Peso Próprio:  $0,20 \times 25,00 = 5,00 \text{ kN/m}^2$  (calculado automaticamente pelo software)

- Enchimento:  $0,02 \times 21,00 = 0,42 \text{ kN/m}^2$

-Cargas Variáveis:

- Subpressão:  $1,54 \times 10,00 = 15,40 \text{ kN/m}^2$

- **Parede (h=19)**

- Cargas Permanentes:

Peso Próprio:  $2,70 \text{ kN/m}^2$  (extraído da NBR 6120)

Solo Saturado:  $0,33 \times 19,00 \times 0,125 = 0,78 \text{ kN/m}^2$

$0,33 \times 19,00 \times 1,54 = 9,66 \text{ kN/m}^2$

Solo Submerso:  $0,50 \times 9,00 \times 0,125 = 0,56 \text{ kN/m}^2$

$0,50 \times 9,00 \times 1,64 = 6,93 \text{ kN/m}^2$

-Cargas Variáveis:

- Água externa:  $1,00 \times 10,00 \times 0,125 = 1,25 \text{ kN/m}^2$

$1,00 \times 10,00 \times 1,54 = 15,40 \text{ kN/m}^2$

- Sobrecarga:  $q = 0,5 \times 25 = 12,50 \text{ kN/m}^2$

## 11.6. FILTRO

- **Laje Superior (h=20)**

- Cargas Permanentes:

Peso Próprio:  $0,20 \times 25,00 = 5,00 \text{ kN/m}^2$  (calculado automaticamente pelo software )

Solo Saturado:  $0,125 \times 19,00 = 2,38 \text{ kN/m}^2$

Solo Submerso:  $0,125 \times 9,00 = 1,125 \text{ kN/m}^2$

-Cargas Variáveis:

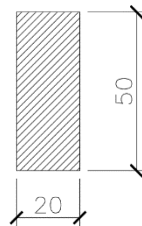
Carga Móvel – Trem-Tipo TR-45 aplicado em 1 roda sobre o tampão metálico, no sentido longitudinal posicionada no centro e junto a borda.

Carga da Roda:  $P = 75 \text{ kN}$

$CIV = 1,35$  (coeficiente de Impacto vertical)

$P.CIV = 1,35 \times 75 = 101,35 \text{ kN}$

- Projeção da área da roda sobre o tampão



- Carga distribuída sobre a laje do tampão:

$$q = \frac{101,35}{(0,20 \times 0,5)} = 1013,50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- **Laje do Fundo (h=20)**

- Cargas Permanentes:

Peso Próprio:  $0,20 \times 25,00 = 5,00 \text{ kN/m}^2$  (calculado automaticamente pelo software)

- Enchimento:  $0,02 \times 21,00 = 0,42 \text{ kN/m}^2$

-Cargas Variáveis:

- Subpressão:  $1,54 \times 10,00 = 15,40 \text{ kN/m}^2$

- **Parede (h=19)**

- Cargas Permanentes:

Peso Próprio:  $2,70 \text{ kN/m}^2$  (extraído da NBR 6120)

Solo Saturado:  $0,33 \times 19,00 \times 0,125 = 0,78 \text{ kN/m}^2$

$0,33 \times 19,00 \times 1,54 = 9,66 \text{ kN/m}^2$

Solo Submerso:  $0,50 \times 9,00 \times 0,125 = 0,56 \text{ kN/m}^2$

$0,50 \times 9,00 \times 1,64 = 6,93 \text{ kN/m}^2$

-Cargas Variáveis:

- Água externa:  $1,00 \times 10,00 \times 0,125 = 1,25 \text{ kN/m}^2$   
 $1,00 \times 10,00 \times 1,54 = 15,40 \text{ kN/m}^2$
- Sobrecarga:  $q = 0,5 \times 25 = 12,50 \text{ kN/m}^2$

## 11.7. ZONA DE RAÍZES

- **Laje Superior (h=20)**

- Cargas Permanentes:

Peso Próprio:  $0,20 \times 25,00 = 5,00 \text{ kN/m}^2$  (calculado automaticamente pelo software )

Solo Saturado:  $0,125 \times 19,00 = 2,38 \text{ kN/m}^2$

Solo Submerso:  $0,125 \times 9,00 = 1,125 \text{ kN/m}^2$

-Cargas Variáveis:

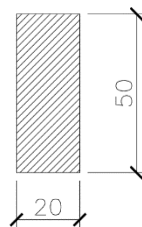
Carga Móvel – Trem-Tipo TR-45 aplicado em 1 roda sobre o tampão metálico, no sentido longitudinal posicionada no centro e junto a borda.

Carga da Roda:  $P = 75 \text{ kN}$

CIV = 1,35 (coeficiente de Impacto vertical)

P.CIV =  $1,35 \times 75 = 101,35 \text{ kN}$

- Projecção da área da roda sobre o tampão



- Carga distribuída sobre a laje do tampão:

$$q = \frac{101,35}{(0,20 \times 0,5)} = 1013,50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- **Laje do Fundo (h=20)**

- Cargas Permanentes:

Peso Próprio:  $0,20 \times 25,00 = 5,00 \text{ kN/m}^2$  (calculado automaticamente pelo software)

- Enchimento:  $0,02 \times 21,00 = 0,42 \text{ kN/m}^2$

-Cargas Variáveis:

- Subpressão:  $1,54 \times 10,00 = 15,40 \text{ kN/m}^2$

• **Parede (h=19)**

- Cargas Permanentes:

Peso Próprio:  $2,70 \text{ kN/m}^2$  (extraído da NBR 6120)

Solo Saturado:  $0,33 \times 19,00 \times 0,125 = 0,78 \text{ kN/m}^2$

$0,33 \times 19,00 \times 1,54 = 9,66 \text{ kN/m}^2$

Solo Submerso:  $0,50 \times 9,00 \times 0,125 = 0,56 \text{ kN/m}^2$

$0,50 \times 9,00 \times 1,64 = 6,93 \text{ kN/m}^2$

-Cargas Variáveis:

- Água externa:  $1,00 \times 10,00 \times 0,125 = 1,25 \text{ kN/m}^2$

$1,00 \times 10,00 \times 1,54 = 15,40 \text{ kN/m}^2$

- Sobrecarga:  $q = 0,5 \times 25 = 12,50 \text{ kN/m}^2$

**11.8. POÇO DE MACROMEDIÇÃO**

• **Laje Superior (h=15)**

- Cargas Permanentes:

Peso Próprio:  $0,15 \times 25,00 = 3,75 \text{ kN/m}^2$  (calculado automaticamente )

Solo Saturado:  $0,125 \times 19,00 = 2,38 \text{ kN/m}^2$

Solo Submerso:  $0,125 \times 9,00 = 1,125 \text{ kN/m}^2$

-Cargas Variáveis:

Carga Móvel – Trem-Tipo TR-45 aplicado em 1 roda sobre o tampão metálico, no sentido longitudinal posicionada no centro e junto a borda.

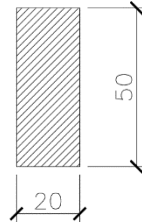
Carga da Roda:  $P = 75 \text{ kN}$

CIV = 1,35 (coeficiente de Impacto vertical)

$P \cdot CIV = 1,35 \times 75 = 101,35 \text{ kN}$



- Projeção da área da roda sobre o tampão



- Carga distribuída sobre a laje do tampão:

$$q = \frac{101,35}{(0,20 \times 0,5)} = 1013,50 \frac{kN}{m^2}$$

- **Laje do Fundo (h=20)**

- Cargas Permanentes:

Peso Próprio:  $0,20 \times 25,00 = 5,00 \text{ kN/m}^2$  (calculado automaticamente pelo software)

-Cargas Variáveis:

- Subpressão:  $1,54 \times 10,00 = 15,40 \text{ kN/m}^2$

- **Aba da Laje do Fundo (h=20)**

- Cargas Permanentes:

Peso Próprio:  $0,20 \times 25,00 = 5,00 \text{ kN/m}^2$  (calculado automaticamente pelo software)

Solo Saturado:  $19,00 \times 1,34 = 25,46 \text{ kN/m}^2$

Solo Submerso:  $9,00 \times 1,34 = 12,06 \text{ kN/m}^2$

-Cargas Variáveis:

- Subpressão:  $1,54 \times 10,00 = 15,40 \text{ kN/m}^2$

- Sobrecarga:  $25 \text{ kN/m}^2$

- **Parede (h=10)**

- Cargas Permanentes:

Peso Próprio:  $0,10 \times 25,00 = 2,50 \text{ kN/m}^2$  (calculado automaticamente pelo software)

Solo Saturado:  $0,33 \times 19,00 \times 0,125 = 0,79 \text{ kN/m}^2$

$0,33 \times 19,00 \times 1,54 = 9,67 \text{ kN/m}^2$

Solo Submerso:  $0,50 \times 9,00 \times 0,125 = 0,56 \text{ kN/m}^2$

$0,50 \times 9,00 \times 1,54 = 6,93 \text{ kN/m}^2$

-Cargas Variáveis:

- Água externa:  $1,00 \times 10,00 \times 1,54 = 15,40 \text{ kN/m}^2$

- Sobrecarga:  $q = 0,5 \times 25 = 12,50 \text{ kN/m}^2$

Os carregamentos foram criados no programa de análise estrutural (SAP2000) para aplicação das cargas atuantes e obtenção dos esforços solicitantes:

1	TABLE:		
2	LoadPat	DesignType	SelfWtMult
3			
4	DEAD	Dead	1
5	SOLO_TAMPA	Super Dead	0
6	SC_TAMPA_1	Live	0
7	SC_TAMPA_2	Live	0
8	SOLO_SAT_PAR_Ka	Other	0
9	SC_PAR	Live	0
10	SOLO_SUB_PAR_K0	Other	0
11	SUBPRESSAO	Live	0
12	SC_PAR_2A	Live	0
13	SOLO_SAT_ABA	Other	0
14	SOLO_SUB_ABA	Other	0
15	SC_ABA	Live	0

- DEAD: peso próprio dos elementos calculados automaticamente pelo programa, exceto a laje Superior;
- DEAD1: peso próprio da laje Superior;
- SOLO\_TAMPA: peso de solo sobre a laje Superior;
- SOLO\_SAT\_PAR\_Ka: empuxo do solo saturado sobre a Parede do gradeamento para a 1ª Hipótese de carga;
- SOLO\_SUB\_PAR\_K0: empuxo do solo submerso sobre a Parede do poço para a 2ª e 3ª Hipóteses de carga;
- SC\_TAMPA\_1: carga móvel do trem tipo aplicada em posição centrada sobre a laje Superior para a 1ª Hipótese de carga;
- SC\_TAMPA\_2: carga móvel do trem tipo aplicada em posição de 1/3 da borda sobre a laje Superior para a 2ª Hipótese de carga;

- **ÁGUA\_PAR\_INT:** empuxo interno da água sobre a Parede para a 1ª Hipótese de carga;
- **ÁGUA\_PAR\_EXT:** empuxo externo de água sobre a Parede para a 1ª e 2ª Hipótese de carga;
- **SUBPRESSÃO:** empuxo de supressão sob a laje do fundo para a 2ª e 3ª Hipóteses de carga;
- **SC\_PAR:** empuxo da sobrecarga do trem tipo sobre a Parede para as cargas da roda atuando externamente na direção do eixo longitudinal da unidade para a 2ª Hipótese (rodas a esquerda do eixo longitudinal do caminhão);
- **SC\_PAR\_2A:** empuxo da sobrecarga do trem tipo sobre a Parede para as cargas da roda atuando externamente na direção do eixo longitudinal da unidade para a 3ª Hipótese ((rodas a direita do eixo longitudinal do caminhão));

## 11.9. COMBINAÇÕES DOS CARREGAMENTOS

### - ELU (Estado Limite Último)

- Coeficiente de Ponderação para as ações Cargas Permanentes:  
 $\gamma_g = 1,35$  (desfavorável)  
 $\gamma_g = 1,00$  (favorável)
- Coeficiente de Ponderação para as ações Cargas Variáveis:  
 $\gamma_q = 1,50$  (sobrecargas)  
 Fatores de combinação de carga  
 Sobrecarga:  $\varphi_0 = 0,7$   
 Água:  $\varphi_0 = 1,$

### - Combinações Últimas Normais:

$$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} F_{Gi,k}) + \gamma_{q1} F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\gamma_{qj} \psi_{0j} F_{Qj,k})$$

- **HÍPÓTESES DE CARGA:**

- 1ª Hipótese: Unidades cheias, carga móvel centrada na laje Superior, paredes com solo saturado, sem N.A. externo, e sem carga móvel;
- 2ª Hipótese: Unidades vazias, carga móvel na posição de 1/3 do vão da laje tampa, paredes com solo submerso, N.A. externo no topo do terreno, e com carga móvel;

- 3ª Hipótese: Unidades vazias, sem carga móvel na laje Superior, paredes com solo submerso, N.A. externo no topo do terreno, e com carga móvel nas paredes laterais;

- 1ª Hipótese

		C1_ELU (1ª HIP.)				C2_ELU (1ª HIP.)			
		$\gamma_g$	$\gamma_q$	$\phi_o$	$\gamma_q \cdot \phi_o$	$\gamma_g$	$\gamma_q$	$\phi_o$	$\gamma_q \cdot \phi_o$
DEAD	Dead	1,35				1,35			
DEAD1	Dead	1,35				1,35			
SOLO_TAMPA	Super Dead	1,35				1,35			
SC_TAMPA_1	Live		1,5	1	1,5		1,5	0,7	1,05
SC_TAMPA_2	Live								
SOLO_SAT_PAR_Ka	Other	1				1			
SC_PAR_2	Live								
SC_PAR_2A									
SC_PAR_3	Live								
ENCH_FUNDO	Super Dead	1,35				1,35			
SOLO_SUB_PAR_K0	Other								
AGUA_FUNDO	Live		1,2	1	1,2		1,2	1	1,2
AGUA_PAR_INT	Live		1,2	1	1,2		1,2	1	1,2
AGUA_PAR_EXT	Live								
SUBPRESSAO	Live								

- 2ª Hipótese

		C3_ELU (2ª HIP.)				C4_ELU (2ª HIP.)			
		$\gamma_g$	$\gamma_q$	$\phi_o$	$\gamma_q \cdot \phi_o$	$\gamma_g$	$\gamma_q$	$\phi_o$	$\gamma_q \cdot \phi_o$
DEAD	Dead	1,35				1,35			
DEAD1	Dead	1,35				1,35			
SOLO_TAMPA	Super Dead	1,35				1,35			
SC_TAMPA_1	Live								
SC_TAMPA_2	Live		1,5	1	1,5		1,5	0,7	1,05
SOLO_SAT_PAR_Ka	Other								
SC_PAR_2	Live		1,5	1	1,5		1,5	0,7	1,05
SC_PAR_2A			1,5	1	1,5		1,5	0,7	1,05
SC_PAR_3	Live								
ENCH_FUNDO	Super Dead	1,35				1,35			
SOLO_SUB_PAR_K0	Other	1,35				1,35			
AGUA_FUNDO	Live								
AGUA_PAR_INT	Live								
AGUA_PAR_EXT	Live		1,2	1	1,2		1,2	1	1,2
SUBPRESSAO	Live		1,2	1	1,2		1,2	1	1,2

- 3ª Hipótese

		C5_ELU (3ª HIP.)				C6_ELU (3ª HIP.)			
		$\gamma_g$	$\gamma_q$	$\phi_o$	$\gamma_q \cdot \phi_o$	$\gamma_g$	$\gamma_q$	$\phi_o$	$\gamma_q \cdot \phi_o$
DEAD	Dead	1				1			
DEAD1	Dead	1				1			
SOLO_TAMPA	Super Dead	1				1			
SC_TAMPA_1	Live								
SC_TAMPA_2	Live								
SOLO_SAT_PAR_Ka	Other								
SC_PAR_2	Live								
SC_PAR_2A									
SC_PAR_3	Live		1,5	1	1,5		1,5	0,7	1,05
ENCH_FUNDO	Super Dead	1				1			
SOLO_SUB_PAR_K0	Other	1,35				1,35			
AGUA_FUNDO	Live								
AGUA_PAR_INT	Live								
AGUA_PAR_EXT	Live		1,2	1	1,2		1,2	1	1,2
SUBPRESSAO	Live		1,2	1	1,2		1,2	1	1,2

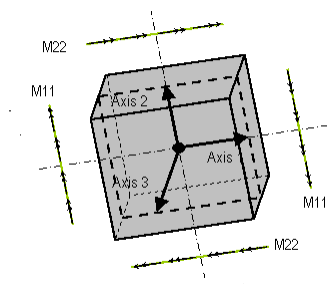
## 12. SISTEMA DE UNIDADES

Foi adotado o Sistema o Sistema Internacional de Unidades (SI), tendo como unidades básicas:

- Forças: kN (quilonewton).
- Momentos: kN.m (quilonewton.metro).
- Comprimento: m (metro).

## 13. SISTEMA DE COORDENADAS

O sistema de coordenadas globais do modelo estrutural são os eixos GLOBAIS X, Y e Z nas direções transversal, longitudinal e vertical, respectivamente, e o local 1, 2 e 3.



- M11 → momento na direção X
- F11 → (+) esforço axial na direção X de tração
- F11 → (-) esforço axial na direção X de compressão
- M22 → momento na direção Y
- F22 → (+) esforço axial na direção Y de tração
- F22 → (-) esforço axial na direção Y de compressão

## 14. ESFORÇOS ATUANTES E DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO COMPOSTA

### 14.1. POÇO DE CHEGADA

- Esforços na Laje Superior(h=15)

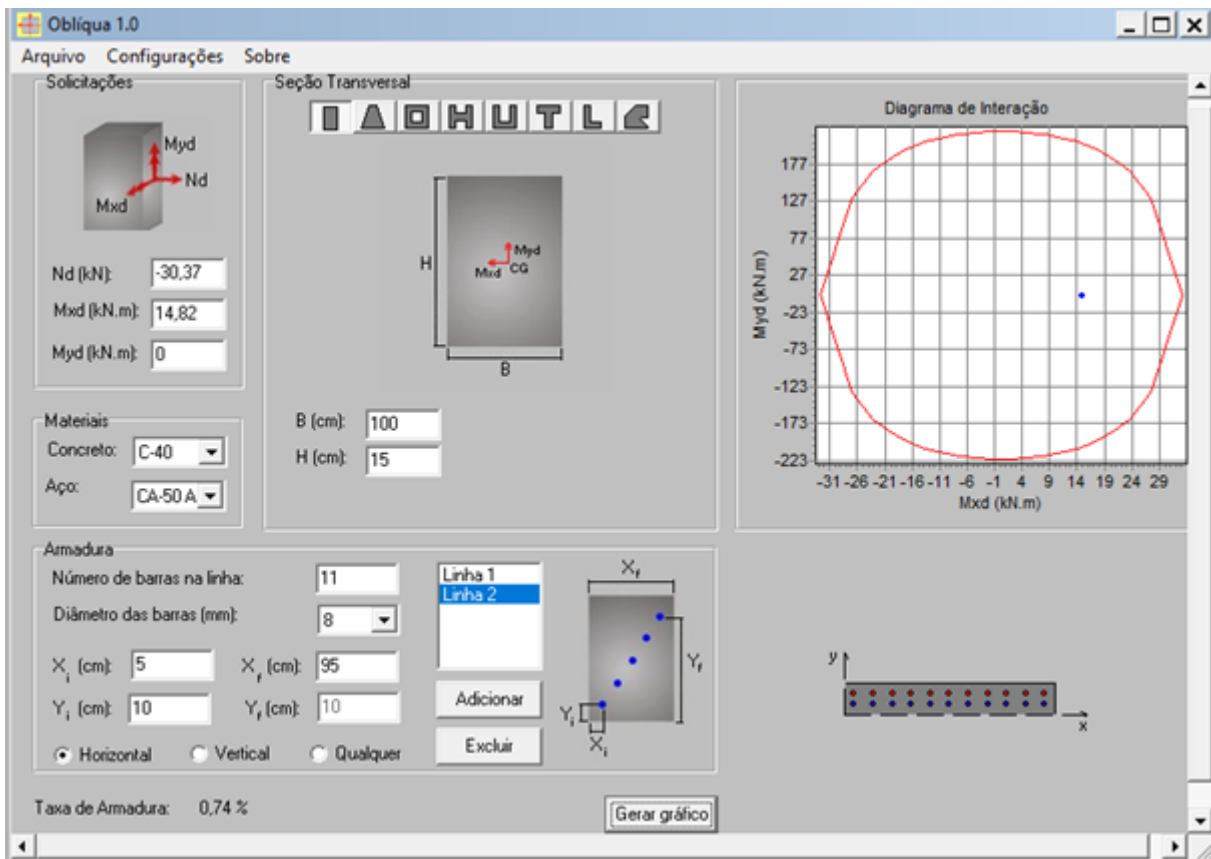
LAJE SUPERIOR				
OutputCase	F11	F22	M11	M22
Text	KN/m	KN/m	KN-m/m	KN-m/m
COMB1 ELU	-30,37		14,82	
COMB3 ELU	-3,98		-4,96	
COMB3 ELU		-30,37		14,82
COMB3 ELU		-3,98		-4,96

- Direções x e y:

$$As_{min} = 0,179 \times 15 = 2,69 \text{ cm}^2/\text{m}$$

As adotado  $\rightarrow \phi 8 \text{ mm c.10}$

Verificação da armadura adotada (Flexão Composta):



- Esforços na Laje Inferior(h=20)

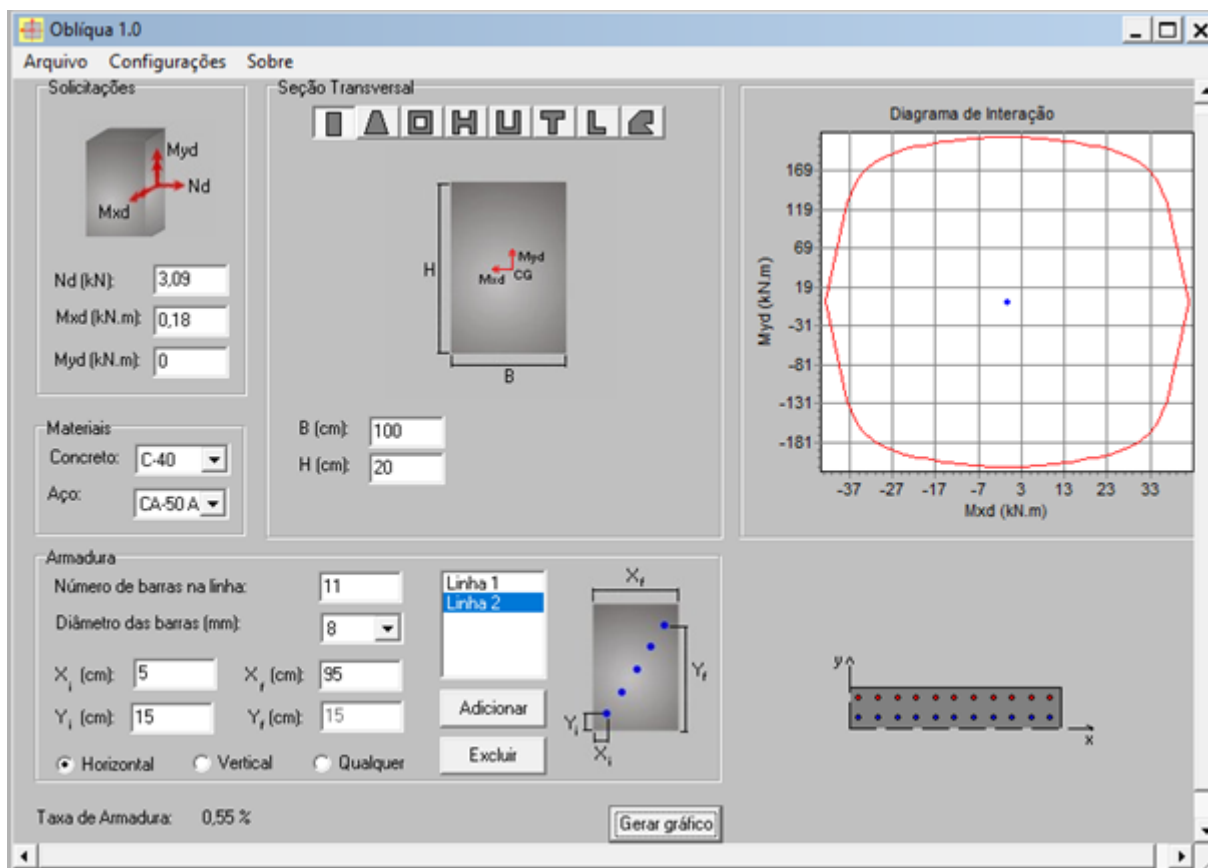
LAJE INFERIOR				
OutputCase	F11	F22	M11	M22
Text	KN/m	KN/m	KN-m/m	KN-m/m
COMB3 ELU	0,00		2,67	
COMB3 ELU	-0,54		-4,05	
COMB3 ELU	3,09		0,17	
COMB3 ELU		0,00		2,75
COMB3 ELU		-0,54		-4,16
COMB3 ELU		3,09		0,18

- Direções x e y:

$$As_{min} = 0,179 \times 20 = 3,58 \text{ cm}^2/\text{m}$$

As adotado →  $\phi$  8 mm c.10

Verificação da armadura adotada (Flexão Composta):



- Esforços na parede(h=13)

PAREDE				
OutputCase	F11	F22	M11	M22
Text	KN/m	KN/m	KN-m/m	KN-m/m
COMB3 ELU	0,00		0,59	
COMB3 ELU	-162,24		-0,75	
COMB1 ELU	83,84		0,08	
COMB1 ELU		-30,34		0,85
COMB1 ELU		-39,82		-0,26
COMB3 ELU		17,60		-0,39

- Direção x

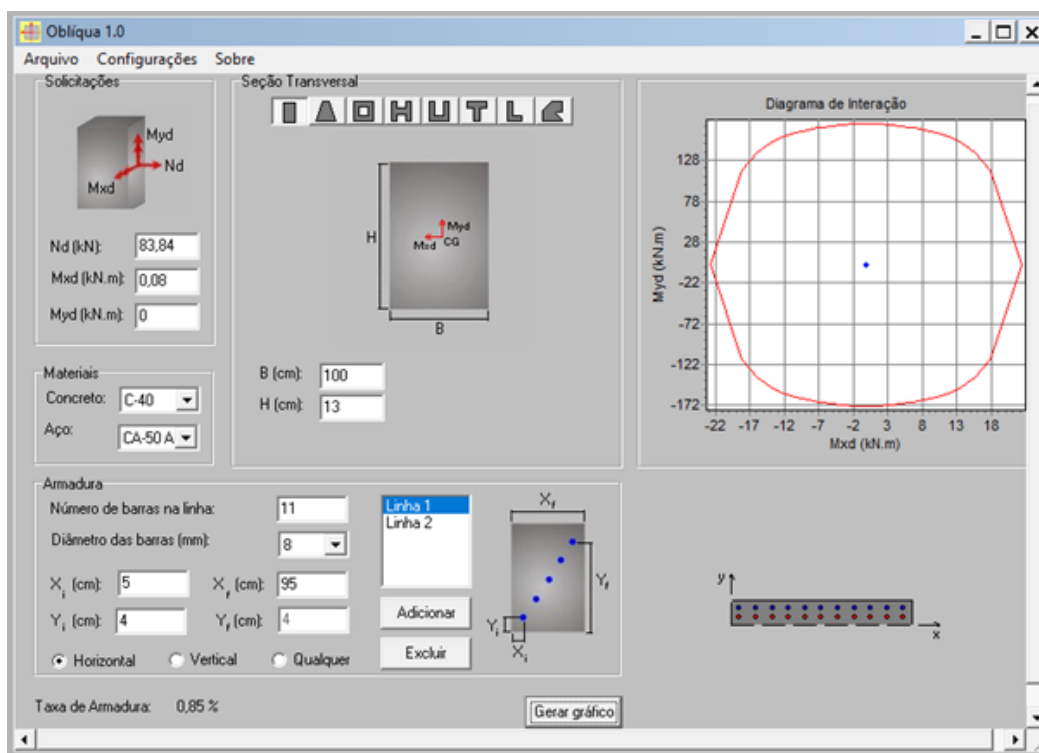
$$Asmín = 0,179 \times 13 = 2,33 \text{ cm}^2/\text{m}$$

As adotado →  $\phi$  8 mm c.12,5

- Direção y /Direção y

$$Asmín = 0,179 \times 13 = 2,33 \text{ cm}^2/\text{m}$$

As adotado →  $\phi$  8,0 mm c.12,5



## 14.2. POÇO DE GRADEAMENTO

- Esforços na Laje Superior(h=15)

LAJE SUPERIOR				
OutputCase	F11	F22	M11	M22
Text	KN/m	KN/m	KN-m/m	KN-m/m
COMB1 ELU	-59,57		17,12	
COMB3 ELU	-36,94		-9,47	
COMB3 ELU		-7,91		20,22
COMB1 ELU		-28,88		-7,96
COMB3 ELU		9,77		-0,81

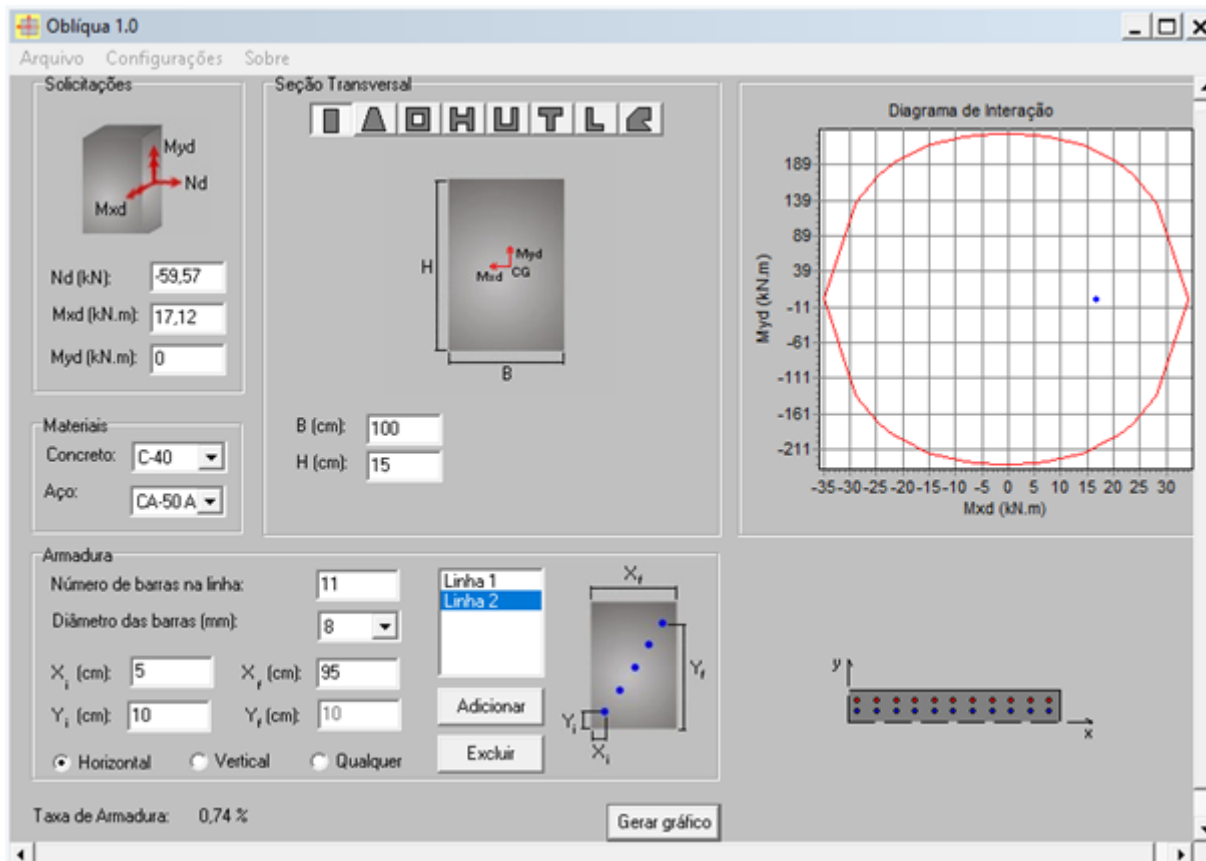
- Direções x e y:

$$Asmin = 0,179 \times 15 = 2,69 \text{ cm}^2/\text{m}$$



As adotado →  $\phi$  8 mm c.10

Verificação da armadura adotada (Flexão Composta):



- Esforços na parede(h=13)

PAREDE				
OutputCase	F11	F22	M11	M22
Text	KN/m	KN/m	KN-m/m	KN-m/m
COMB3 ELU	-23,36		1,21	
COMB3 ELU	59,11		-0,77	
COMB3 ELU		-146,89		1,60
COMB1 ELU		-19,60		-4,16

Direção x

$$As_{mín} = 0,179 \times 13 = 2,33 \text{ cm}^2/\text{m}$$

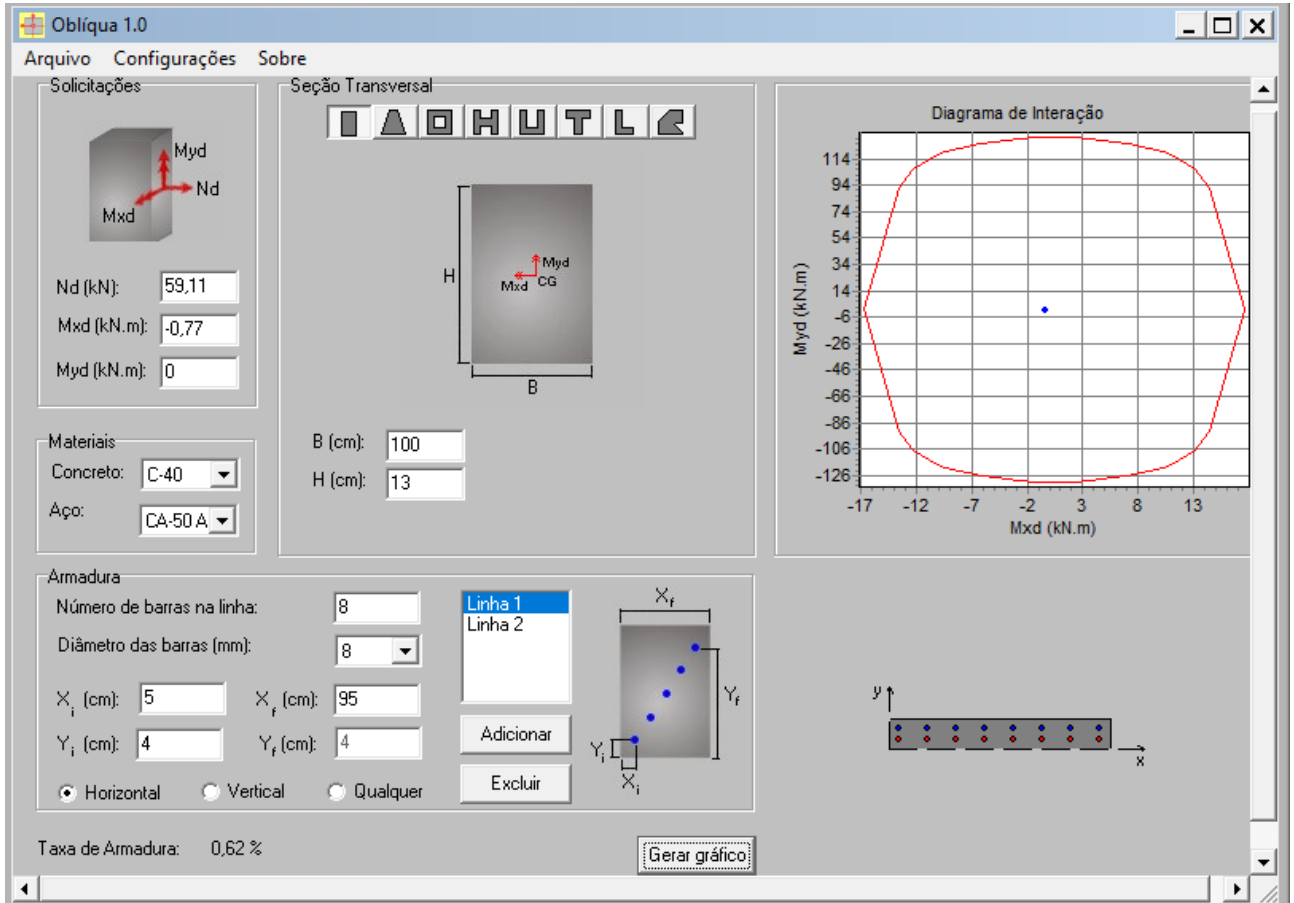
As adotado →  $\phi$  8 mm c.12,5

- Direção y

$$As_{mín} = 0,179 \times 13 = 2,33 \text{ cm}^2/\text{m}$$

As adotado →  $\phi$  8,0 mm c.12,5

Verificação da armadura adotada (Flexão Composta):



- Esforços na Laje Inferior(h=20)

LAJE INFERIOR				
OutputCase	F11	F22	M11	M22
Text	KN/m	KN/m	KN-m/m	KN-m/m
COMB3 ELU	4,04		11,24	
COMB1 ELU	21,91		-5,51	
COMB3 ELU	9,35		0,46	
COMB1 ELU		-1,71		2,45
COMB1 ELU		-3,68		-4,38
COMB3 ELU		11,11		0,04

- Direções x e y:

$$A_{smin} = 0,179 \times 20 = 3,58 \text{ cm}^2/\text{m}$$

As adotado →  $\phi$  8 mm c.10

Verificação da armadura adotada (Flexão Composta):

### 14.3. POÇO DE SEDIMENTAÇÃO DO LODO

- Esforços na Laje Superior(h=15)

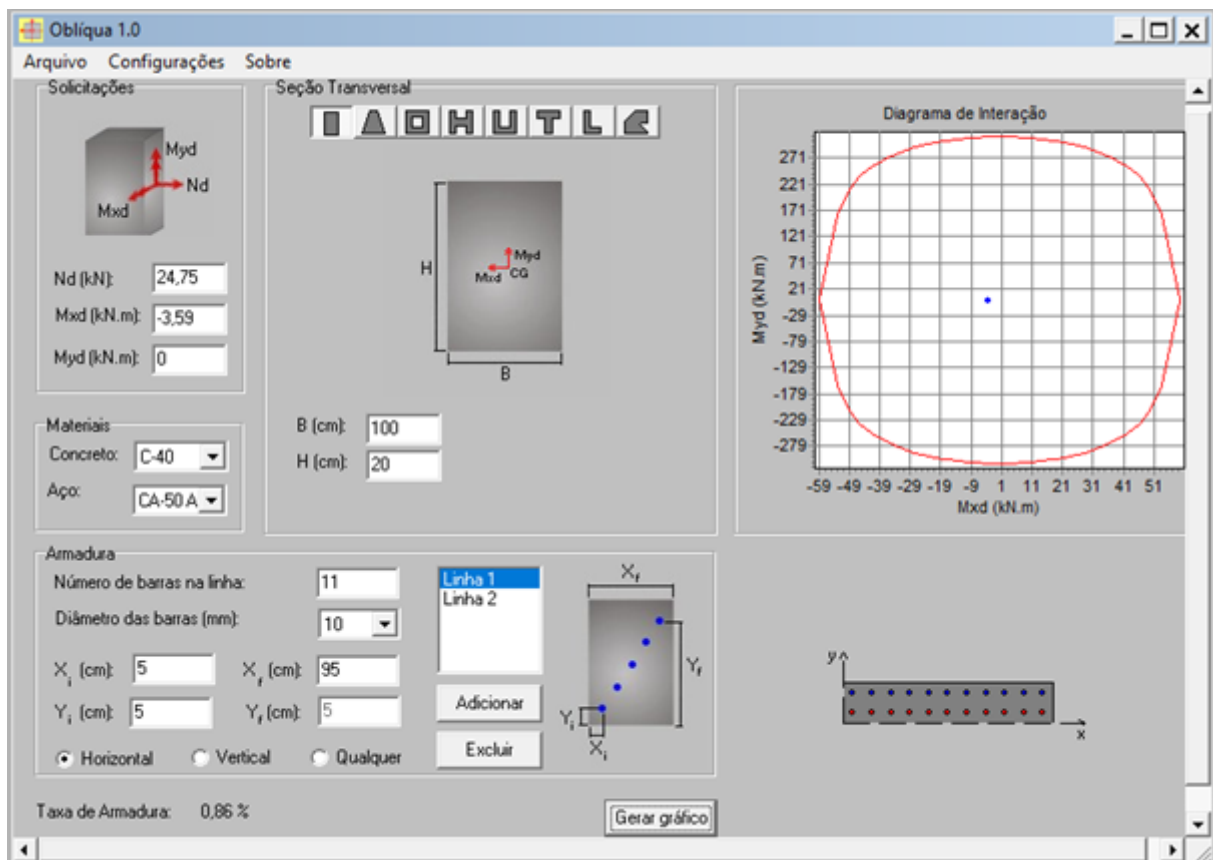
LAJE SUPERIOR				
OutputCase	F11	F22	M11	M22
Text	KN/m	KN/m	KN-m/m	KN-m/m
COMB3 ELU	-30,63		7,61	
COMB3 ELU	24,10		-5,54	
COMB3 ELU	24,75		-3,59	
COMB3 ELU		-9,10		30,09
COMB1 ELU		-33,22		-9,51
COMB3 ELU		14,79		-0,96

- Direções x e y:

$$As_{min} = 0,179 \times 20 = 3,58 \text{ cm}^2/\text{m}$$

As adotado  $\rightarrow \phi 10\text{mm c.10}$

Verificação da armadura adotada (Flexão Composta):



- Esforços na Laje Inferior(h=50)

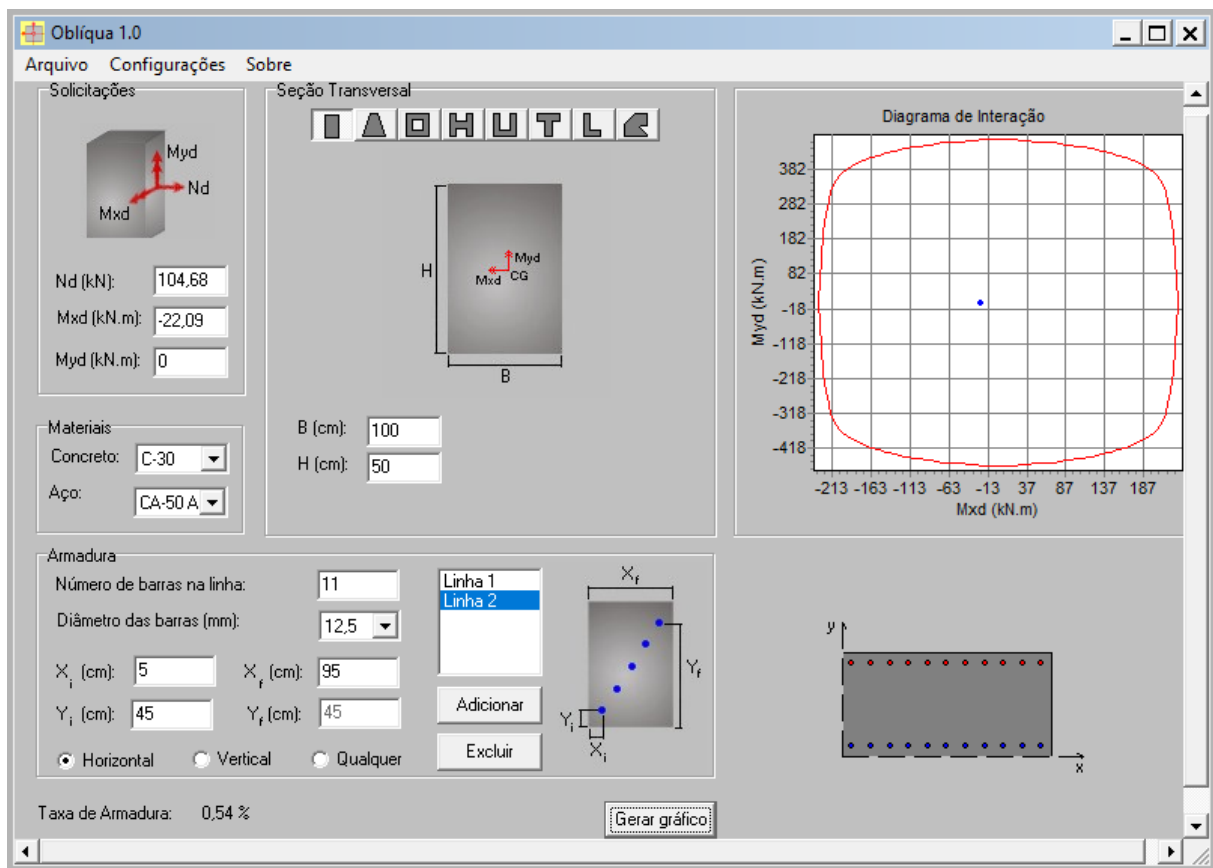
LAJE INFERIOR				
OutputCase	F11	F22	M11	M22
Text	KN/m	KN/m	KN-m/m	KN-m/m
COMB3 ELU	-29,40		7,92	
COMB1 ELU	-3,61		-4,93	
COMB3 ELU	9,87		0,48	
COMB3 ELU		31,89		12,61
COMB3 ELU		-1,05		-27,09
COMB3 ELU		104,68		-22,09

- Direções x e y:

$$As_{min} = 0,179 \times 60 = 10,74 \text{ cm}^2/\text{m}$$

As adotado  $\rightarrow \phi 12,5 \text{ mm c.10}$

Verificação da armadura adotada (Flexão Composta):



- Esforços na parede(h=20)

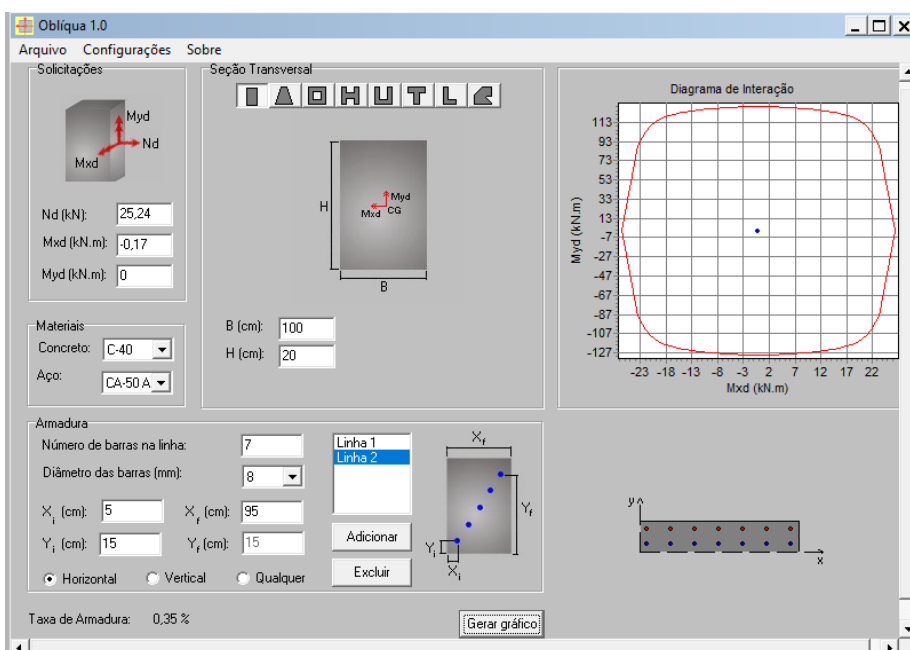
PAREDE				
OutputCase	F11	F22	M11	M22
Text	KN/m	KN/m	KN-m/m	KN-m/m
COMB3 ELU	-1,83		1,73	
COMB3 ELU	-32,53		-2,03	
COMB3 ELU	25,24		-0,17	
COMB1 ELU		-130,76		1,80
COMB3 ELU		35,21		-2,85
COMB3 ELU		11,91		0,49

- Direção x

$$Asmín = 0,179 \times 20 = 3,58 \text{ cm}^2/m$$

As adotado  $\rightarrow \phi 8 \text{ mm c.15}$

Verificação da armadura adotada (Flexão Composta):

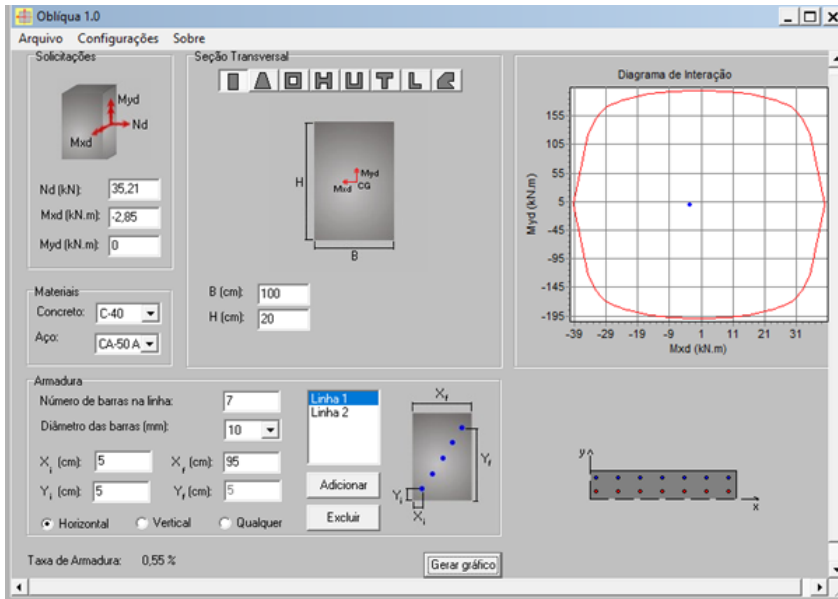


- Direção y

$$Asmín = 0,179 \times 20 = 3,58 \text{ cm}^2/m$$

As adotado  $\rightarrow \phi 10 \text{ mm c.15}$

Verificação da armadura adotada (Flexão Composta):



#### 14.4. POÇO DE MACROMEDIÇÃO

- Esforços na Laje Superior(h=15)

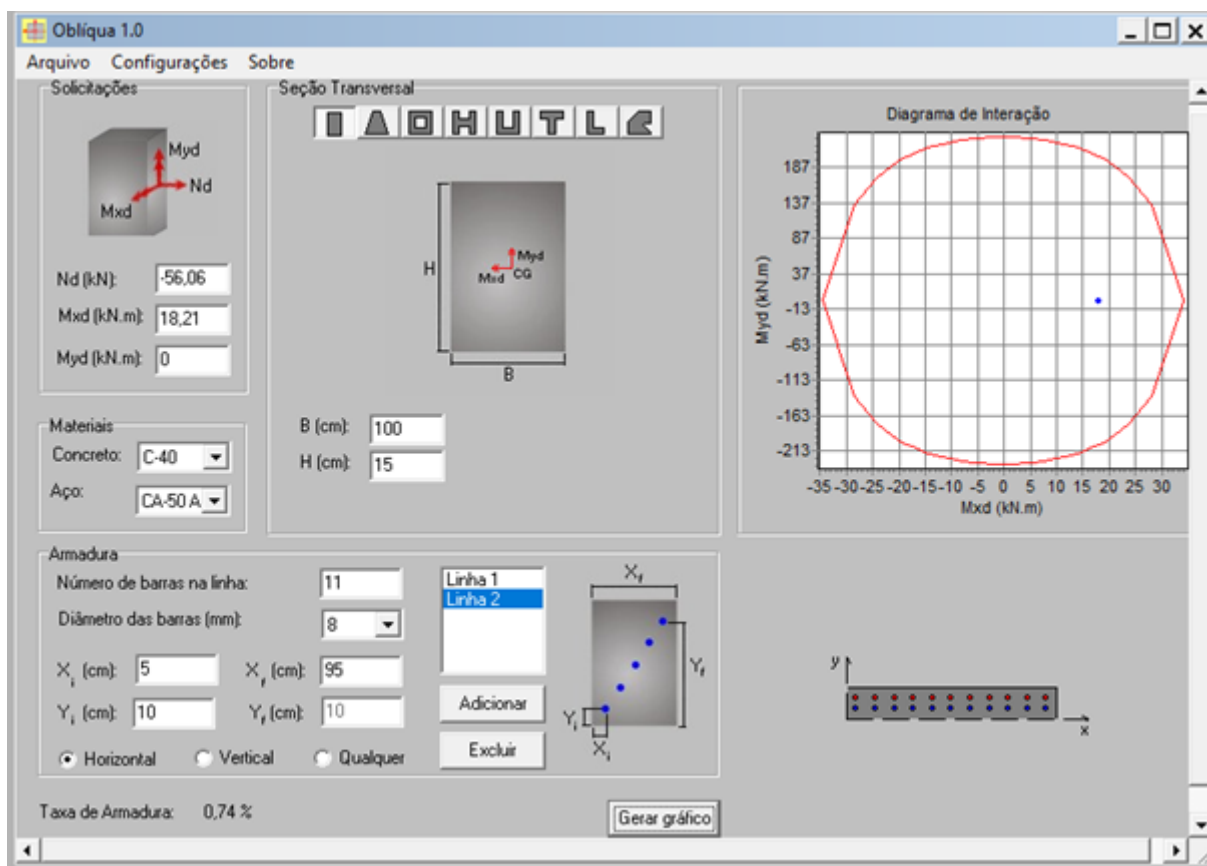
LAJE SUPERIOR				
OutputCase	F11	F22	M11	M22
Text	KN/m	KN/m	KN-m/m	KN-m/m
COMB3 ELU	-54,32		17,83	
COMB3 ELU	-4,14		-6,88	
COMB3 ELU		-56,06		18,21
COMB3 ELU		-4,27		-7,02

- Direções x e y:

$$A_{smin} = 0,179 \times 20 = 3,58 \text{ cm}^2/\text{m}$$

As adotado  $\rightarrow \phi 8\text{mm c.10}$

Verificação da armadura adotada (Flexão Composta):



- Esforços na Laje Inferior(h=20)

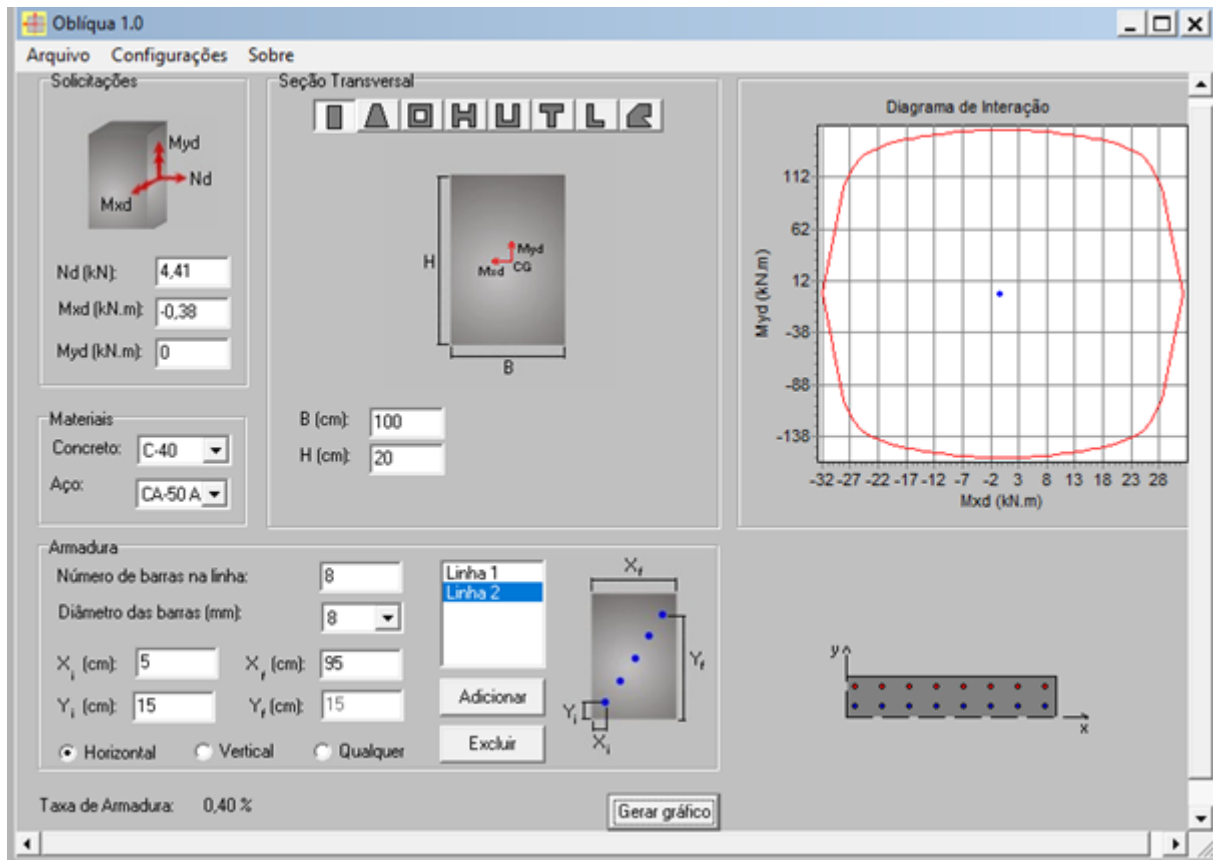
LAJE INFERIOR				
OutputCase	F11	F22	M11	M22
Text	KN/m	KN/m	KN-m/m	KN-m/m
COMB3 ELU	1,20		4,32	
COMB1 ELU	-3,80		-5,73	
COMB3 ELU	3,76		-1,97	
COMB3 ELU		2,22		1,11
COMB3 ELU		-7,92		-6,06
COMB3 ELU		4,41		-0,38

- Direções x e y:

$$A_{smin} = 0,179 \times 20 = 3,58 \text{ cm}^2/\text{m}$$

As adotado  $\rightarrow \phi 8 \text{ mm c.12,5}$

Verificação da armadura adotada (Flexão Composta):



- Esforços na parede(h=10)

PAREDE				
OutputCase	F11	F22	M11	M22
Text	KN/m	KN/m	KN-m/m	KN-m/m
COMB3 ELU	-55,01		0,23	
COMB3 ELU	-80,93		0,17	
COMB3 ELU		-45,74		1,06
COMB1 ELU		-60,77		-0,37
COMB3 ELU		33,65		0,42

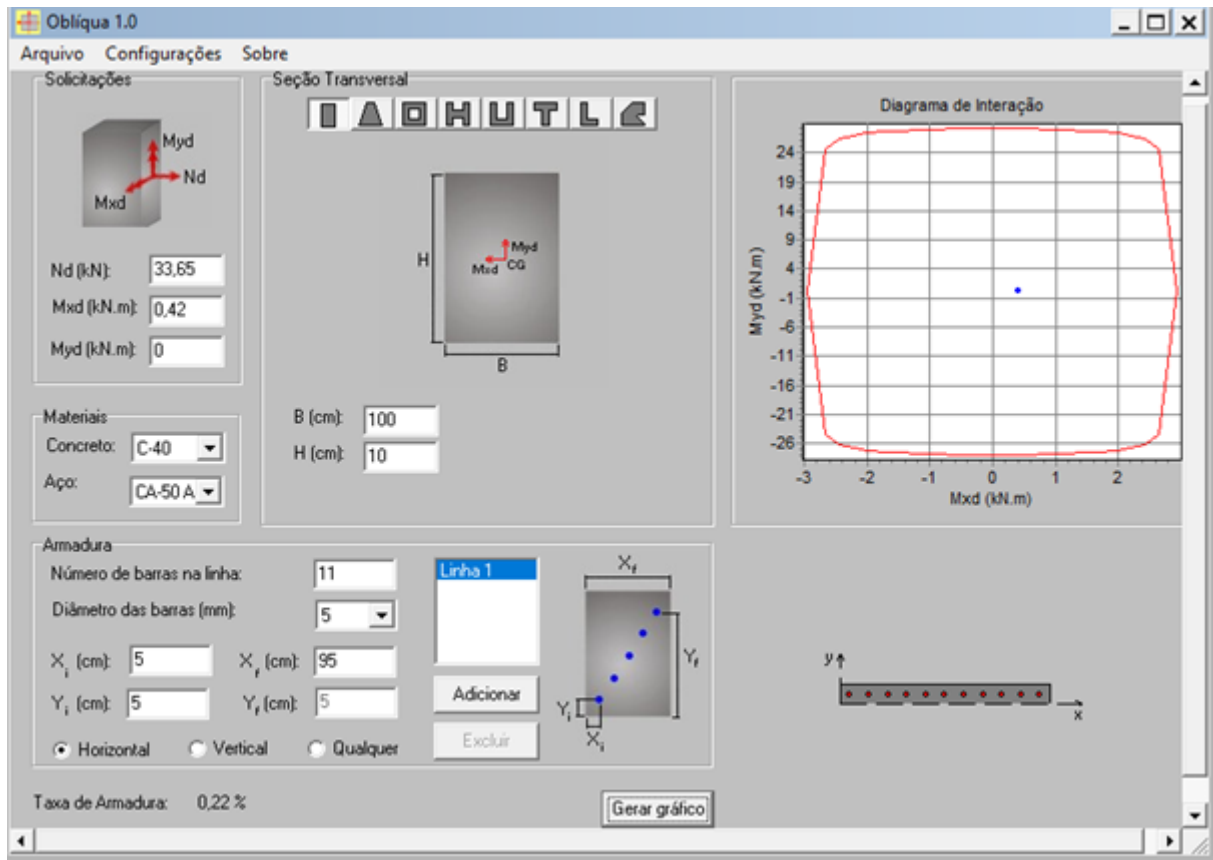
- Direção x

$$A_{s\text{mín}} = 0,179 \times 10 = 1,79 \text{ cm}^2/\text{m}$$

As adotado  $\rightarrow \phi 5 \text{ mm c.10}$

Verificação da armadura adotada (Flexão Composta):





- **DIMENSIONAMENTO DAS ARMADURAS:**

#### BLOCO B1

Considerando a intensidade bem baixa da força de ancoragem (0,88 kN) e a força resistente de atrito na base de 1,82 KN, bem maior que a força atuante, entendemos que o solo em torno do bloco não se mobiliza e permanece em equilíbrio no estado de repouso. Nesse caso a intensidade dos esforços atuantes sobre os blocos é bem baixa, e deve ser absorvida pela seção de concreto projetada, considerando a armadura mínima como necessária para dimensionamento.

$As_{mín} = 0,179 \times 20 = 3,58 \text{ cm}^2/\text{m}$  (adotado  $As = 4,90 \text{ cm}^2/\text{m}$ )  $\rightarrow \varnothing 8\text{mm c.10}$  (em ambas as faces na parede e na base)

#### BLOCO B2

- Base:

$As_{mín} = 0,179 \times 20 = 3,58 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow \varnothing 8\text{mm c.10}$


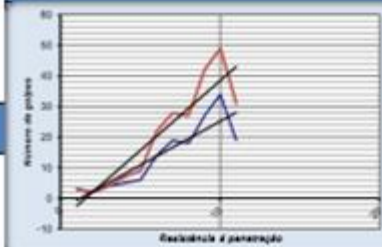
- Pilar: Armadura Longitudinal:  $Asmín = 0,4 \times 25 \times 42 = 4,20 \text{ cm}^2 \rightarrow 8\varnothing 10\text{mm}$   
Armadura Transversal:  $\varnothing 6,3\text{mm c.10}$

## 15. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos através das análises e verificações realizadas e descritas nesta memória de cálculo mostram que as unidades da Estação Elevatória de Esgoto do Lote 16- Upa/Concessionárias estão satisfatoriamente dimensionadas e adequadas ao carregamento proposto para a sua utilização.

## 16. ANEXOS

FURO SP-50

		Rua Dona Tereza Cristina, 1935, Chácara Rio-Petrópolis, Duque de Caxias - RJ Tel: (21) 2676-1643/ (21) 7854-7179 Email: mcs@consorcio.com.br <a href="http://www.consorcio.com.br">www.consorcio.com.br</a>						
		CLIENTE: NGA Engenharia PROJETO: Sondagens de Simples Reconhecimento - SPT						
LOCAL DE EXECUÇÃO:		ETE - SÃO PEDRO DA ALDEIA (R)		MÉTODO DE PERFURAÇÃO: Perussão				
IDENTIFICAÇÃO DA SONDA/CM:		SP-39		NÍVEL DE ÁGUA:				
DATA DA PERFURAÇÃO:		INÍCIO: 11/02/2018		TÉRMINO: 15/02/2018				
SONDADOR:		MARCADO:		CARGA (kg): 3,15				
Normas e regulamentações aplicáveis:		ADNT NBR 6491/ ADNT NBR 9082/ ADNT NBR 6200		Matriz do estabelecimento: NORMAS TÉCNICAS				
Amostras	Avanço da sondagem	Profundidade (m)	Comp. da manobra	Escala penetrométrica		Gráfico de Índice de Resistência à penetração (30 cm final)	Profundidade (m)	Perfil litológico
				1x2	2x3			
Resistência à compressão								
Número de golpes								
	TC	0,00 - 1,00	1	NC	NC		0,00	ATERRIO DE AREIA ARENOSA COM MARRON
1	SP	1,00 - 1,45	0,05	3	3		0,50	AREIA ARENOSA COM AMARELO
2	SP	2,00 - 2,45	0,05	2	2		1,00	AREIA FINEIRA COM PRETA
3	SP	3,00 - 3,45	0,05	4	4		2,00	AREIA ARENOSA COM AMARELO
4	SP	4,00 - 4,45	0,05	5	7		3,70	AREIA PLÁSTICA COM CINZA AMARRONADA
5	SP	5,00 - 5,45	0,05	6	9		5,00	ALTERAÇÃO DE AREIA ARENOSA (COMPACTA COM CINZA AMARRONADA)
6	SP	6,00 - 6,45	0,05	14	22			
7	SP	7,00 - 7,45	0,05	15	28			
8	SP	8,00 - 8,45	0,05	18	27			
9	SP	9,00 - 9,45	0,05	27	42			
10	SP	10,00 - 10,45	0,05	34	40			
11	SP	11,00 - 11,45	0,05	19	31		11,00	LIMITE: NORMAS TÉCNICAS
CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO ADNT NBR 6404						Moles e Fofas Médias e Poucas Compactas Médias, Compactas e Rijas Compactas e Duras Mto - Compactas e Duras		
LEGENDA E DADOS TÉCNICOS								
Ensaio SPT - Peso: 65 kg    Altura: 0,75 m. NC - Não classificado    PR - Perfuratriz Rotativa - Revestimento NW - Ø 3"    Nível de água estabilizado TC: troço ancho - Ø 4"    Revestimento SP: sondagem à percussão - Revestimento Ø 2½" Avanço do troço: Ø a 1 m Avanço por batagem: 53 cm								
LAVAGEM POR TEMPO (30 min)			RESPONSABILIDADE TÉCNICA					
TEMPO	DE	PARA	Valter Sedano Geólogo CREA-RJ: 2008101527 <b>VISITE NOSSO SITE:</b> <a href="http://www.mcsorcos.com.br">www.mcsorcos.com.br</a>					
10								
10								
10								
						(I) - ÍNDICE DE RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO (N): Gráfico do número de golpes.		
								



Consórcio Intermunicipal para Gestão Ambiental das Bacias da  
Região dos Lagos, do Rio São João e Zona Costeira.  
CNPJ nº 03.612.270/0001-41

# **SISTEMA BIODIGESTOR AMPLIAÇÃO DO SISTEMA TEMPO SECO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO**

## **ARARUAMA - RJ “SOBARA\_ SÍTIO BENFICA”**

### **PROJETO EXECUTIVO SISTEMA BIODIGESTOR**

#### **MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO HIDRÁULICO**

**Maio-2021 – rev. 0**

## SUMÁRIO

<b>1 - MEMORIAL JUSTIFICATIVO</b>	
1.1 Objetivo	3
1.2 Características da localidade	3
1.3 Descrição do Biossistema	4
<b>2 - MEMORIAL DESCRITIVO</b>	
2.1 Fluxograma do Biossistema	5
2.2 Etapas do Tratamento	5
2.2.1 Fase Preliminar	5
2.2.2 Digestão Anaeróbica	6
2.2.3 Filtro Biológico Anaeróbico	7
2.2.4 Medidor de Vazão do Efluente Tratado	7
2.2.5 Tratamento do biogás gerado	7
2.2.6 Remoção do Lodo Anaeróbico	8
<b>3- DESCRIÇÕES E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS</b>	
3.1 Gradeamento / Caixa de Desarenadora / Caixa Concentradora de Lodo / Medidor	8
3.2 Biodigestores	9
3.3 Filtro Biológico de Leito Fixo	10
<b>4- MEMORIAL DE CÁLCULO DO BIOSSISTEMA DE TRATAMENTO</b>	
4.1 Estimativa da vazão do Biossistema	10
4.2 Estimativa da carga orgânica total para entrada do Biossistema	12
4.3 Dimensionamento do Biodigestor	14
4.4 Dimensionamento do Filtro de Leito Fixo	16
4.5 Dimensões da Fase Preliminar	18
4.5.1 Gradeamento	18
4.5.2 Caixa Desarenadora	18
4.5.3 Tanque de Retenção de Gordura/ Concentradora de Lodo	19
<b>5- CONTROLE E MANUTENÇÃO DO BIOSSISTEMA</b>	
5.1 Fase Preliminar	20
5.2 Biodigestor	20
5.3 Filtro Biológico	21
5.4 Tarefas Diárias do Operador	21
5.5 Plano de monitoramento e análises	22
<b>6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	23

## **1. MEMORIAL JUSTIFICATIVO**

### **1.1. Objetivo**

O presente documento apresenta a descrição do projeto de um Sistema Biodigestor para Tratamento de Efluente Sanitário na localidade conhecida como Sítio Benfica no Bairro Sobara na cidade de Araruama. A unidade de tratamento apresenta característica de um Biossistema Integrado de digestão de dejetos humanos a partir da retenção de material grosseiro e areia, posteriormente a remoção de nutriente a partir das reações anaeróbicas e filtração biológica. Apresenta controle de vazão de entrada e saída com o objetivo de garantir a eficiência no tratamento e respeitar as normas ambientais estabelecidas.

Todo apontamento realizado contempla, de forma detalhada, os cálculos de vazão e estimativa de carga orgânica, conseqüentemente dimensões das etapas preliminar, biodigestão e pós-tratamento. Descrevendo a metodologia necessária ao ideal monitoramento operacional, bem como o material usado na montagem de cada etapa.

### **1.2. Características da localidade (Descrição)**

A área a ser atendida corresponde a um conjunto de residências, com estimativa de 200 pessoas, conforme dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) no ano de 2020. Conforme vistorias realizadas, não existe qualquer tipo de tratamento prévio unitário (fossa séptica / sumidouro) na localidade, assim como não foi identificado qualquer resíduo de despejo industrial.

Através da informação da quantidade de moradores, medição de vazão dos despejos existentes, análises químicas e características da área sugerem-se a instalação do Biossistema de tratamento com a integração da Fase Preliminar (gradeamento médio, caixa de retenção de areia, remoção de gordura, concentrador de lodo e medidor de vazão), Fase de Digestão Anaeróbica (biodigestores), Retenção de Sólidos (biofiltro anaeróbico de fluxo ascendente). A solução proposta, conforme Além Sobrinho (1991), apresenta eficiência de 70 a 90% de remoção de DBO dos esgotos, gerando um efluente final que pode ser direcionado em corpos d'água. Portanto associa um eficaz processo biológico que degrada a matéria orgânica, remove sólidos em suspensão e outros nutrientes. Apresenta baixo custo de implantação e manutenção, além do reduzido impacto ambiental o sistema de

tratamento possibilitará maior integração comunitária.

### **1.3. Descrição do Biosistema**

Diferente do modelo convencional de tratamento de esgoto, que se centraliza na remoção do material orgânico, o Biosistema almeja a eficiente remoção dos despejos com reduzido impacto com produção de biogás e a reciclagem de nutrientes. O princípio da tecnologia se baseia no tratamento natural sem qualquer adição de agente químico ou disposição de energia elétrica. Esta metodologia se baseia em técnicas aplicadas por séculos em algumas partes do mundo, está sendo adaptada para solucionar as limitações da atualidade, a fim de manter a qualidade das águas disponíveis em lagos, rios e córregos, assim como a sobrevivência dos solos.

O Biosistema apresenta as seguintes vantagens conforme a sua constituição:

- Simplificada operação, devido os processos naturais de tratamento de dejetos;
- Redução de eutrofização dos corpos receptores;
- Redução custo de operação e monitoramento;
- Reduzido impacto ambiental;
- Melhoria da saúde pública, devido à redução da ploriferação de vetores e patogênicos;
- Geração de biogás (energia) conforme o abastecimento com a biomassa;
- Aumento da conscientização ambiental.

Toda a projeção do Biosistema segue referência aos parâmetros ambientais estabelecidos pelas seguintes diretrizes:

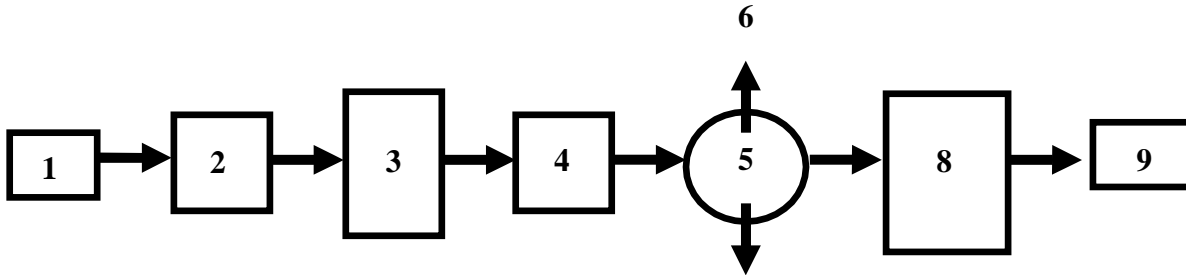
- DZ – 215. R-02 DIRETRIZ DE CONTROLE DE CARGA ORGÂNICA BIODEGRADÁVEL EM EFLUENTES LÍQUIDOS NÃO INDUSTRIAIS;
- NT – 202. R-03 CRITÉRIOS E PADRÕES PARA LANÇAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS

A estimativa da vazão de tratamento baseia-se nos critérios das Normas Técnicas NBR 7.229/93 e NBR 13.6/97. Conforme as referências e diretrizes, o sistema pode atingir a eficiência de até 90 % na remoção matéria orgânica.

## 2. MEMORIAL DESCRITIVO

### 2.1 Fluxograma do Biossistema

Conforme a figura abaixo o Biossistema terá o seguinte fluxograma:



1. Tomada de tempo seco;
2. Gradeamento médio e caixa desarenadora;
3. Caixa concentradora de lodo e retentora de gordura;
4. Medição de vazão;
5. Etapa de digestão (biodigestores);
6. Remoção de biogás;
7. Remoção de lodo;
8. Filtro Biológico;
9. Medidor de vazão de saída.

### 2.2 Etapas do Tratamento

Neste tópico são apresentadas as etapas do tratamento no Biossistema:  
Fase Preliminar + Digestão Anaeróbica + Filtração Anaeróbica Ascendente +  
Medição de Vazão do efluente tratado.

#### 2.2.1 Fase Preliminar

O pré - tratamento tem o objetivo a retenção dos sólidos mais grosseiros como folhas, galhos, areia, entre outros, protegendo os equipamentos e tubulações, evitando o acúmulo de material inerte nos reatores biológicos. Desta maneira, o esgoto passa, primeiramente, por um gradeamento e na sequência pela caixa de areia e tanque de retenção de gordura que atua como concentrador de lodo.

- Gradeamento



Para o Biossistema de tratamento é ideal a utilização de grades médias, já que ocorre a entrada de muito lixo e areia, oriundos das redes mistas. Todo o lixo retido nas grades deve ser removido manualmente com uso de ferramentas específicas, desta maneira, disposto em caçambas e levado ao Aterro Sanitário Licenciado mais próximo.

- Caixa Desarenadora

A quantidade de areia que entrará no Biossistema será removida através da construção de uma caixa de retenção. De forma similar ao lixo retido nas grades, a areia retida é removida e conduzida por caçambas ao Aterro Sanitário Licenciado mais próximo.

- Tanque de Retenção de Gordura / Concentrador de Lodo

Para melhor separação da gordura saturada presente no esgoto e a carga orgânica a ser digerida será instalada caixa com mecanismo para remoção e sedimentação dos respectivos materiais. A gordura saturada retida deverá ser removida com uso de sistema de caminhões vacal e encaminhada ao correto tratamento.

- Medidor de Vazão

Para monitoramento da vazão de entrada no Biossistema será instalado medidor tipo Thompson. Este medidor baseia-se em um estreitamento de canal no formato em "V" para medir o volume de esgoto com relação ao tempo. O fluido, ao passar por esse estreitamento em V, possibilita o cálculo da vazão em tempo real proporcionado pela altura e dimensionamento da canaleta.

### 2.2.2 Digestão Anaeróbica

Esta etapa é caracterizada pelo Biodigestor que corresponde à etapa principal do Biossistema de Tratamento:

- Biodigestor

Posterior à remoção do material grosseiro na fase preliminar, o afluente concentrado será encaminhado ao interior do Biodigestor onde ocorre a remoção média da matéria orgânica ( $DBO_5$ ) na ordem de 65 a 70%. Dentro do reator a

biomassa se desenvolve de forma dispersa onde é fermentada anaerobicamente por bactérias, sem qualquer meio suporte. Os próprios grânulos de bactérias servem de meio suporte à digestão do material orgânico. Esse grânulo é importante ao aumento da eficiência. Existe elevada concentração de biomassa no interior do Biodigestor, seu volume é reduzido em comparação a outros mecanismos de tratamento. A eficiência da digestão é aumentada devido à pressão interna ser maior do que a externa, justificado através do acúmulo de biogás na cúpula e aumento da temperatura interna. O fluxo ascendente do afluente é favorecido no interior do reator, as moléculas de metano e gás carbono são difundidas no interior do reator. A compensação hidráulica favorece este efeito.

### **2.2.3 Filtro Biológico Anaeróbico**

O Biodigestor promove a redução da material orgânico, representado pela Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), o pós-tratamento evidenciado pela retenção de sólidos, é realizado na etapa da filtração biológica. O Filtro é caracterizado por um material suporte estacionário, no qual os sólidos biológicos são aderidos. A massa residual de microrganismos retida no meio suporte degrada o substrato residual no fluxo. Com o fluxo ascendente, o afluente é transferido para o fundo, fluindo através da camada filtrante (meio suporte estacionário), sendo posteriormente descartado pela parte superior. Apesar do Biosistema possuir como matriz o tratamento na etapa de digestão anaeróbica (Biodigestor), é fundamental a avaliação do leito de filtração do filtro biológico. Deve - se optar por material que possua porosidade e permeabilidade e hidráulica. O afluente deve passar pelo recheio do filtro de maneira a reter resíduos sólidos e reduzir a demanda de matéria orgânica. Para este projeto sugere - se como material filtrante o PET(Politereftalato de etileno).

### **2.2.4 Medidor da Vazão do Efluente Tratado**

Para maior monitoramento da vazão de saída do efluente tratado será instalado medidor similar ao de entrada do Biosistema.

### **2.2.5 Tratamento do biogás gerado**

A digestão anaeróbica promove a geração de resíduos de processos, dentre eles, a composição de gases definida como biogás. O biogás possui no seu arranjo

vários gases, principalmente os seguintes: gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ) e gás metano ( $\text{CH}_4$ ), conforme a referência do livro Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, Introdução à qualidade das águas e ao tratamento e esgoto – Marcos Von Sperling – Volume1 – 3ª Edição.

O formado abobado da parte superior do Biodigestor promove o acúmulo de grande parte do biogás gerado. Ao lado do reator será construída caixa de compensação hidráulica devidamente vedada com água no seu interior. O objetivo é manter a continuidade do fornecimento de biogás devido à diferença de nível de fluido entre a caixa de compensação e o reator. O alto potencial energético principalmente do gás metano (maior concentração) pode possibilitar o uso do biogás como fonte de energia em tarefas domésticas em residências próximas ou creches e escolas.

#### **2.2.6 Remoção do Lodo Anaeróbico**

Outro subproduto da digestão anaeróbica é o Lodo. No interior do Biodigestor coexistem três fases: uma fase gasosa, identificada na produção de biogás, uma fase líquida que corresponde ao afluente direcionado ao reator de forma ascendente e uma fase sólida definida pelo manto de bactérias anaeróbicas e o Lodo gerado. Esta última possui uma frequência média de retirada do excesso produzido de pelo menos uma vez por ano, conforme a orientação da literatura Biodigestores – Fertilidade e Saneamento para a Zona Rural – Paulo Barrera – 2ª edição. O processo de remoção, assim como a do biogás, é condicionado pelo formato do biodigestor e disposição de uma tubulação vertical até o interior do mesmo para sucção regular. A sucção se dará em cada um dos Biodigestores mantendo um volume de pelo menos 5 a 8 % do volume do reator. Todo o resíduo removido será conduzido à unidade (ETE Palatinato) para centrifugação e condicionamento ao Aterro Sanitário mais próximo.

### **3. DESCRIÇÕES E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS**

#### **3.1 Gradeamento / Caixa Desarenadora / Caixa concentradora de lodo / Medidor**

Cada caixa é construída em alvenaria de blocos de concreto 10\*20\*40, com revestimento e argamassa de cimento e areia e impermeabilizante. O gradeamento em alumínio ou aço inox e tubulação em PVC esgoto predial e deverão ser dotadas de tampas com vedação devida com objetivo de evitar odor.

### 3.2 Biodigestores

Serão construídos em estrutura de alvenaria maciça e concreto, utilizando a técnica da estruturação do modelo de biodigestor chinês, que atende comprovadamente aos itens de impermeabilidade, resistência mecânica e ao ataque químico.

- Estrutura do Biodigestor Chinês e Indiano

Fundo cônico em concreto armado fck de 20 mpa, paredes do domo e cúpula em alvenaria de tijolos maciços de barro, perfeitamente queimados, assentados na espessura de 10 cm com argamassa de cimento e areia no traço 1 x 2,5. As alvenarias são revestidas externamente com camada de concreto levemente armado nas espessuras de projeto. Os tijolos deverão ser adequadamente hidratados a fim de não provocar fissuras na argamassa. A execução da cúpula deverá da mesma forma respeitar as técnicas consolidadas, de maneira a não permitir fissuras e infiltrações, bem como garantir sua resistência;

- Impermeabilização

A impermeabilização é feita com várias camadas de nata de cimento e areia de pequena espessura devidamente intercalada. São dadas três demãos de nata de cimento e três demãos de massa de cimento e areia fina, na proporção 2/1. Não pode haver orifícios pequenos nas paredes internas, especialmente na cúpula, pois nestes são iniciadas infiltrações que farão escapar o biogás. Para finalizar é aplicado revestimento impermeabilizante semiflexível, a base de cimentos especiais e aditivos minerais e polímeros;

- Vedação

A tampa do biodigestor é feita em concreto armado com 7 cm de espessura. O tubo de saída do biogás é instalado no centro da tampa, quando já construída. Ela precisa ser feita em forma de cone para encaixar no gargalo que também é construído de forma cônica. A tampa deve ser assentada com uma massa de cal e argila peneirada na proporção de 1/1, com consistência firme e homogênea e colocada sob pressão. Logo em seguida, coloca-se água no espaço do restante do gargalo. Para o biodigestor indiano, sua cúpula será de aço inox devidamente vedado;

- Tubulações

Todas as tubulações são em PVC padrão esgoto, com os diâmetros de 150 mm. Devem ser perfeitamente chumbadas na estrutura de modo a não permitir vazamentos, se necessário poderão ser utilizados impermeabilizantes adequados à situação.

### 3.3 Filtro Biológico de Leito Fixo (FBLF)

- Estrutura

Fundo em concreto armado fck de 20 mpa com espessura indicada em projeto, paredes serão de anéis pré-moldados de concreto. As alvenarias são revestidas externamente com argamassa de cimento e areia 1 x3;

- Impermeabilização

A impermeabilização é feita com argamassa de cimento e areia no traço 1x3, com cantos arredondados e 3 demãos de impermeabilizante a base de epóxi / alcatrão;

- Tubulações:

Todas as tubulações são em PVC padrão esgoto com 150 mm de diâmetro. Poderão ser perfeitamente chumbadas na estrutura de modo a não permitir vazamentos, se necessário poderão ser utilizados impermeabilizantes adequados à situação.

## 4. MEMORIAL DE CÁLCULO DO BIOSISTEMA DE TRATAMENTO

Para desenvolvimento dos cálculos para dimensionamento das etapas do Biosistema de Tratamento foram realizadas as seguintes considerações:

- Medição da vazão dos despejos já existente;
- Estimativa teórica conforme a quantidade de pessoas e o abastecimento de água;
- Estimativa da carga orgânica total para entrada do Biosistema.

### 4.1 Vazões de despejo do bairro

Dados referentes ao Conjunto de residências:

- o 2000 (dado obtido pelo IBGE: 200 – o calculo com o aumento previsto de 33 % da população na região );
- o Quota per capita de água (L/hab.d) = 160 (dado fornecido pela Concessionária de Tratamento de Água e Esgoto – Águas de Juturnaiba).

$$Q_d \text{ méd} = (\text{Pop. QPC. R})/1000 \text{ (m}^3/\text{d)} * Q_{m\acute{a}x} = Q_d \text{ méd. K1. K2}^*$$

$$Q_{m\acute{i}n} = Q_d \text{ méd.}$$

**K3\*Onde:**

***Q<sub>d</sub> méd = Vazão doméstica média de esgoto (m<sup>3</sup>/h ou l/s); Pop = População atendida (2000 habitantes);***

***QPC = Quota per capita de água (100 L /hab.d); R = coeficiente de retorno***

***esgoto/água (0,8); Q<sub>máx</sub> = Vazão máxima de despejo;***

***Q<sub>mín</sub> = Vazão mínima de despejo;***

***K1 = 1,2 (coeficiente do dia de maior consumo) \*\* K2 = 1,5 (coeficiente da hora de maior consumo) \*\* K3 = 0,5 (coeficiente de menor consumo) \*\****

\* Referencia (Marcos Von Sperling - página 77 - Volume1 - Princípio do Tratamento Biológico de Águas Residuárias)

\*\* Referencia (CETESB, 1978; Azevedo Neto e Alvarez, 1977; Alem Sobrinho e Tsuriya, 1999)

<b>Vazões Calculadas</b>				
	<b>m<sup>3</sup>/d</b>	<b>m<sup>3</sup>/h</b>	<b>L/s</b>	<b>Vazão</b>
Q média	<b>36</b>	<b>1,51</b>	<b>0,419</b>	<i>Vazão média</i>
Q máxima	<b>54</b>	<b>2,26</b>	<b>0,628</b>	<i>Vazão máxima</i>
Q mínima.	<b>30</b>	<b>1,25</b>	<b>0,347</b>	<i>Vazão mínima</i>

- Vazão do Processo Biológico:

Para o dimensionamento do processo biológico será considerada a vazão média.

- Vazão da Fase Preliminar

Na etapa Preliminar será considerada a vazão máxima calculada.

O cálculo e dimensionamento da etapa de digestão Anaeróbica (Biodigestor) será considerada a vazão média e para etapa Preliminar será atribuída a vazão máxima. Conforme os valores de vazões máxima e média na entrada e saída de cada etapa, para todos os dimensionamentos deste projeto serão utilizadas tubulações de PVC esgoto com 150 mm de diâmetro.

#### **4.2 Estimativa da carga orgânica para entrada do Biosistema**

A literatura Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, Introdução à Qualidade das águas e ao tratamento e esgoto – Marcos Von Sperling – Volume1 – 3ª Edição indica que a estimativa da carga orgânica (representada pela Demanda Química de Oxigênio – DQO) do esgoto doméstico de um conjunto de popular de residências possui valor próximo a 600 mg/L. Para garantir a eficiência no tratamento do esgoto, todo o dimensionamento das etapas vai ser conduzido pelos valores estabelecidos pela literatura . Segue a tabela com os parâmetros de referencia.

Parâmetro	Contribuição per		Concentração	Concentração	
	capta (g/hab.d)			Unidade	Faixa
	Faixa	Típico			
Sólidos totais	120-220	180		700-1350	1100
Em suspensão	35-70	60	mg/L	200-450	350
Fixos	7,0-14	10	mg/L	40-100	80
Voláteis	25-60	50	mg/L	165-300	320
Dissolvidos	85-150	120	mg/L	500-900	700
Fixos	50-90	70	mg/L	300-550	400
Voláteis	35-60	50	mg/L	200-350	300
Sedimentáveis	-	-	mg/L	44105	15
DBO <sub>5</sub>	40-60	50	mg/L	250-400	300
DQO	80-120	100	mg/L	450-800	600
DBO última	60-90	75	mg/L	350-600	450
Nitrogênio total	6,0-10,0	8,0	mg/L	35-60	45
Nitrogênio orgânico	2,5-4,0	3,5	mg/L	15-25	20
Amônia	3,5-6,0	4,5	mg NH <sub>3</sub> -N/L	20-35	25
Nitrito	0*	0*	mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N/L	0*	0*
Nitrato	0,0-0,2	0*	mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N/L	0-1	0*
Fósforo	0,7-2,5	1,0	mgP/L	4,0-15	7,0
Fósforo orgânico	0,2-1,0	0,3	mgP/L	1,0-6,0	3,5
Fósforo inorgânico	0,5-1,5	0,7	mgP/L	3,0-9,0	5,0
pH	-	-	-	6,7-8,0	7,0
Alcalinidade	20-40	30	mg.CaCO <sub>3</sub> /L	100-250	200
Metais pesados	0*	0*	mg/L	traços	traços
Compostos orgânicos tóxicos	0*	0*	mg/L	traços	traços

\* Valores muito baixos. FONTE: Von Sperling (2005), Arceiva (1981), Pessoa & Jordão (1995), Qasim (1985), Metcalf & Eddy (1991), Cavalcanti et al (2001).



Conforme a configuração e a ação de cada etapa de tratamento é possível se obter a seguinte estimativa de eficiência do tratamento que atende o padrão secundário de tratamento:

Eficiência por etapa ( %)		
Parâmetro	Biodigestor	Filtro Biológico
SS	90	25
DBO5	75	43
DQO	47	52

#### 4.3 Dimensionamento do Biodigestor

Serão considerados os seguintes princípios para dimensionamento dos Biodigestores:

- o O dimensionamento é feito pelo critério de carga hidráulica, e não pela carga orgânica ou produção de energia;
- o Para valores de carga hidráulica ou tempo de detenção hidráulica deve - se considerar a perda de biomassa, idade do lodo e eficiência. Portanto segue a seguinte relação com a temperatura:

Temperatura (°C)	Tempo de detenção hidráulica ( h)	
	Média diária	Mínimo ( 4 a 6 h)
16 - 19	> 10 - 14	7 a 9
20 - 26	> 6 - 9	4 a 6
>26	> 6	4

Referência: Carlos Ernando da Silva – Tratamento de Resíduos e Impactos Ambientais – UFSM/CT/HDS.

**Volume do reator:  $V = Q \cdot T_{dh} \text{ m}^3$**

**Onde:**

**$Q = \text{Vazão do Biosistema}$**

**$T_{dh} = \text{Tempo de detenção hidráulica}$**

Tendo como referência a temperatura igual ou superior a 26 °C, temos:

**$T_{dh} (h) = 8$**

**$Q_{\text{méd}} (m^3/h) = 1,51$**

**Resultado do cálculo do Volume do Biodigestor:**

$$V = 12 \text{ m}^3$$

Neste dimensionamento será considerada a velocidade ascendente nos compartimentos de digestão (velocidades excessivas resultam na perda de biomassa do sistema reduzindo a estabilidade do processo).

A carga hidráulica volumétrica (CHV) é a quantidade de volume de esgoto aplicada diariamente no reator, por unidade de volume do reator.

Critério / Parâmetro	Faixa de valores (função da vazão)		
	Q médio	Q máxima	Q pico
Carga hidráulica volumétrica ( $\text{m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ ).	< 4	< 6	< 7
Tempo de detenção hidráulica(h)	6,0 - 9,0	0,9 - 11,0	> 3,5 - 4
Velocidade ascendente do fluxo (m/h)	0,5 - 0,7	0,9 - 11	< 1,5

Referência: Carlos Ernando da Silva – Tratamento de Resíduos e Impactos Ambientais – UFSM/CT/HDS.

**Carga Hidráulica Volumétrica:  $CHV = Q/V (\text{m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{d})$ .**

**d)Onde:**

**$Q = \text{Vazão do Biossistema}$**

**$(\text{m}^3 / \text{d}) V = \text{Volume do}$**

**$\text{Biodigestor} (\text{m}^3)$**

Resultado do cálculo da Carga Hidráulica do  
Biossistema:  $CHV = 3,00 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{d}$

Conforme a tabela apresentada, o valor calculado está conforme os critérios de < 4 onde o tempo de detenção hidráulica (Tdh) possui valor de 8 h. Portanto a velocidade de ascendência do reator deve obedecer ao intervalo de 0,5 a 0,7 m/h de fluxo:

**Velocidade:  $v = Q / A \quad (\text{m})$**

**Onde:**

**$Q = \text{Vazão do Biossistema}$**

**$(\text{m}^3 / \text{h}) A = \text{Área circular do}$**

### **reator (m<sup>2</sup>)**

O Biodigestor terá sua dimensão no formato cilíndrico, para cálculo da área circular considerando a velocidade ascendente do fluxo no valor de 0,6 m/h:

**Área circular do Biodigestor = 11,11 m<sup>2</sup>.**

O Biossistema terá um arranjo de **três** biodigestores em série, portanto para cada reator será considerado **33,3%** do valor da área. Portanto cada biodigestor vai seguir o seguinte dimensionamento:

**Volume = 18 m<sup>3</sup>**

**Diâmetro = 3,0 m**

**Profundidade = 2,6**

**mVazão = 1,51m<sup>3</sup>/h**

### Caixa de compensação hidráulica

Cada reator anaeróbico terá uma caixa de compensação hidráulica construída conforme o nível de saída do afluente.

#### **4.4 Dimensionamento do Filtro de Leito Fixo**

Conforme Norma da ABNT NBR nº 13969/1997- Projeto Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição fina dos efluentes líquidos - foi projetado o mecanismo de filtro biológico anaeróbico como pós tratamento do biodigestor.

**$Tdh = Vf/Q$**

**fOnde:**

**$Tdh$  - tempo de detenção**

**hidráulica (h)  $Vf$  - volume do filtro**

**(m<sup>3</sup>)**

**$Qf$  - vazão de entrada no filtro (m<sup>3</sup>/h)**

Considerando o tempo de detenção de 12 horas, conforme a Tabela de período

de detenção (Tdh) dos despejos, por faixa de contribuição diária e a vazão calculada (3,43 m<sup>3</sup>/h):

Contribuição Diária (litros)	Tempo de detenção	
	Dias	Horas
até 1500	1	24
De 1501 a 3000	0,92	22
De 3001 a 4500	0,83	20
De 4501 a 6000	0,75	18
De 6001 a 7500	0,67	16
De 7501 a 9000	0,58	14

NBR nº. 13969/1997

$$V_f = 14 \text{ (h)} \times 1,51 \text{ (m}^3\text{/h)} = 21,14 \text{ m}^3.$$

A NBR nº 13969/1997, preconiza para dimensionamento de filtro indica a seguinte relação para cálculo da seção horizontal (Af):

$$A_f = V_f / 1,80$$

$$A_f = 21,14 / 1,80 = 11,74 \text{ m}^2$$

A taxa de aplicação superficial deve ser menor ou igual a 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.d. Então:  
 $TAS = 160 \text{ (m}^3\text{/d)} / 51,85 \text{ (m}^2) = 3,084 \text{ m}^3\text{/m}^2\text{.d}$  (atende a especificação de menor ou igual a 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.d)

A altura do leito filtrante deve ser limitada a 1,2 m, já altura do fundo falso deve ser limitada a 0,6m, incluindo a espessura da laje.

#### Dimensões do Filtro de Leito Fixo tipo

retangular Tempo de detenção = 14 h

$$\text{Volume} = 11,74 \text{ m}^3$$

Atura do leito Fixo: 1,2

m Profundidade = 1,8 m

#### 4.5 Dimensões da Fase Preliminar

Como já apresentado a vazão a ser considerada é de 2,26 m<sup>3</sup>/h (vazão máxima)

##### 4.5.1 Gradeamento:

Conforme a orientação do livro do Professor Jordão Pacheco (Tratamento de Esgoto Doméstico

- 5a edição - página 155), a variação de medidas para grades finas está entre 0,3 a 10 mm. As medidas do Gradeamento devem promover a máxima retenção de material grosseiro, portanto a grade do Biosistema terá as seguintes dimensões:

<b>Distancia da grade</b>	<b>0,5 cm</b>
<b>Altura</b>	<b>60 cm</b>
<b>Largura</b>	<b>100cm</b>
<b>Comprimento</b>	<b>200 cm</b>

##### 4.5.2 Caixa Desarenadora

Em referencia a Norma NBR 12209/92 – projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário que preconiza os seguintes quesitos:

- o O desarenador deve ser projetado para remoção mínima de 95% em massa das partículas com diâmetro igual ou superior a 0,2 mm ( densidade de 2,65);
- o A vazão de dimensionamento do desarenador deve ser a vazão máxima afluente à ETE (neste caso 2,26 m<sup>3</sup>/h);
- o Devem ser previstas pelo menos duas unidades instaladas, sendo neste caso uma delas reserva, a qual pode ser unidade não mecanizada;
- o O desarenador deve ter limpeza mecanizada quando a vazão de dimensionamento é igual ou superior a 250 L/s (não é o caso);
- o No caso de desarenador por gravidade, a taxa de escoamento superficial deve estar compreendida entre 600 a 1.300 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. d;
- o A seção transversal deve ser tal que a velocidade de escoamento para a vazão media seja igual a 0,3 m/s, não sendo superior a 0,4 m/s para a vazão máxima;
- o No fundo a ao longo do canal, deve ser previsto espaço para a acumulação do material sedimentado, com seção transversal mínima de 0,2 m de profundidade

- por 0,2 m de largura manual, a largura mínima deve ser de 0,3 m;
- o O tempo de detenção hidráulica para vazão máxima deve ser igual ou superior a 120 s.

Segue cálculo das dimensões:

Área:

$$\text{Área} = Q_{\text{máx}} / T_{\text{es}} = 288/600 = 0,48 \text{ m}^2 \text{ (valor mínimo da área)}$$

Valores de dimensão sugeridos a cada Caixa Desarenadora (2 unidades)

<b>Altura</b>	<b>80 cm</b>
<b>Largura</b>	<b>100 cm</b>
<b>Comprimento</b>	<b>400 cm</b>

#### 4.5.3 Tanque de Retenção de Gordura / Concentrador de Lodo

Conforme o distanciamento da entrada e a saída do afluente no tanque, a gordura saturada ficará retida na parte superior do volume líquido da caixa. O lodo será removido a partir da tubulação instalada na parte inferior da caixa com ângulo de 45°.

Segue o dimensionamento:

<b>Largura</b>	<b>250 cm</b>
<b>Comprimento</b>	<b>250 cm</b>
<b>Profundidade</b>	<b>220 cm</b>

## 5. CONTROLE E MANUTENÇÕES DO BIOSISTEMA

Com objetivo de manter o eficiente tratamento no Biosistema é feita a relação de procedimentos para manutenção em cada etapa.

Atenção: Todos dos procedimentos devem ser executados fazendo uso de EPI's (Luva de borracha cano longo, botina de borracha e óculos de segurança).

### 5.1 Fase Preliminar ( Gradeamento Manual, Caixa Desarenadora e Tanque de retenção

### **de gordura)**

Com o decorrer do funcionamento da estação ocorre o acúmulo de sólidos grosseiros e areia nas grades e caixa desarenadora. O bom desempenho da limpeza e remoção dos dejetos garante melhor funcionamento das demais etapas da unidade de tratamento.

O efluente será recebido no gradeamento, onde ficarão retidos os sólidos grosseiros contidos no efluente. Inspeccionar rotineiramente a grade e limpá-la sempre que apresente uma obstrução. Esta operação deverá ser feita com auxílio de um rastelo manual, raspando-se o material acumulado. Todo o lixo sólido deverá ser retirado e colocado num recipiente que deverá ficar bem seco e possa ser acondicionado e descartado como lixo .

Toda a gordura retida deve ser removida através do caminhão limpa fossa e encaminhado ao destino específico de tratamento.

## **5.2 Biodigestor**

### ○ Gargalo do Biodigestor

É neste gargalo que está instalada a saída do gás. Ele deve ficar sempre com água na superfície entre a saída do gás e tampa externa (verificar constantemente). Isto se faz necessário para manter a umidade da cúpula e evitar efeitos de dilatação e possíveis rachaduras. Também serve para verificação de vazamento de biogás pela tampa. Se isto acontecer, vão ser observadas bolhas saindo pelo local do vazamento. Neste caso o vazamento deve ser reparado com o mesmo material, argila peneirada e cal na proporção 1/1. Se houver necessidade, a tampa do biogás poderá ser removida. Inicia-se a retirada do material de vedação pelo lugar onde estiver ocorrendo o vazamento. Quando ele estiver todo removido, desloca-se a tampa e põe-se do lado. Depois do extenso período aberto podem-se fazer os reparos, limpeza e voltar a vedar com a mesma argamassa, aplicada com fatura nas duas faces da tampa e gargalo, pressionado firmemente a tampa contra as paredes do gargalo.

### ○ Bio sólido (Lodo)

Quanto mais tempo o biodigestor fica sem manutenção para retirada de bio sólido melhor é funcionamento na produção do metano. Mas há um ponto que se não for feita à manutenção o próprio biodigestor começará a lançar bio sólido para fora na caixa de compensação e a partir daí o tratamento passa a ser comprometido. Deve-

se programar a retirada de lodo a cada um ano. A retirada do lodo poderá ser feito através da própria caixa de compensação por sucção ou preferencialmente pelo tubo de 100 mm instalado para esse fim na tampa inferior, mantendo sempre no mínimo 50 cm de lodo no fundo do Biodigestor. O lodo deve ser coletado por caminhões limpa fossa devidamente credenciados pelo órgão competente, que se responsabilizam pelo destino. Toda operação deve ser gerenciada via Manifesto de Resíduos.

- **Biogás**

O biogás é removido por uma tubulação instalada diretamente na tampa de pressão da abóboda e conduzida para o local onde será utilizada em um fogão a biogás ou em iluminação com lamparina a gás. A manutenção mais corrente é a remoção da água que se forma na tubulação do biogás, (raro em pequenos volumes) utilizando um compressor ou simplesmente abrindo a tubulação na cota mais baixa. Filtros para remoção do ácido sulfídrico poderão ser instalados, utilizando-se pedaços de ferro envelhecido (enferrujado) dentro de um equipamento por onde o biogás tenha que passar. De tempo em tempo há necessidade de troca do material que perderá toda a ferrugem. Basta que este mesmo material fique exposto ao ar para ser oxidado novamente para ser outra vez usado no filtro, porém não aconselhamos esse procedimento, pois o cheiro característico do gás sulfídrico é o indicativo que o gás está aberto ou existe algum vazamento.

### **5.3 Filtro Biológico**

A manutenção no filtro só é necessária quando ocorrer algum tipo de entupimento, sendo suficiente se injetar água pressurizada no meio filtrante. Em caso de formação de excesso de lodo, proceder da mesma forma que o biodigestor.

### **5.4 Tarefas Diárias do Operador**

Para uma boa manutenção da ETE o operador, diariamente, deverá atentar-se para os seguintes fatos:

- Verificar a vazão da estação;
- Limpeza do gradeamento, caixa desarenadora e tanque de gordura saturada;
- Lavagem das caixas distribuidoras;
- Verificar a altura da manta de lodo pelas tomadas de coleta de lodo nas



câmaras de compensação do reator;

- Observar a existência de vazamentos do biogás;
- Verificar se o sistema de coleta e queima do gás não está obstruído;
- Manter sempre que sempre que possível à queima do gás.
- Executar os procedimentos de manutenção caso haja a necessidade;
- Ficar atento a qualquer alteração na cor e/ou odor no tratamento do efluente;
- Sempre manter o local limpo;

### 5.5 Plano de monitoramento e análises

A definição dos usos propostos para o corpo de água, o conhecimento dos riscos à saúde da população, os danos aos ecossistemas, à toxicidade das substâncias químicas e as medidas de vazão somam algumas das informações básicas necessárias para se definirem a metodologia de coleta, a escolha dos pontos de amostragem e a seleção de parâmetros. Sem isso, qualquer programa para avaliar a qualidade ambiental pode gerar dados distorcidos sobre a realidade, favorecendo decisões errôneas. O objetivo da amostragem e das análises não é a obtenção de informações sobre alíquotas, mas, sim, a caracterização espacial e temporal do corpo d'água amostrado. O período de amostragem depende do regime de variação da vazão, da disponibilidade de recursos econômicos e dos propósitos do programa de amostragem. Segue o procedimento e indicação das principais análises químicas conforme as diretrizes ambientais (DZ 215. R-02 e NT 202. R-03):

- Vazão do afluente e efluente (medição em m<sup>3</sup>/h)
- Sólidos Totais (análise em mg/L)
- Sólidos Sedimentáveis (análise em mg/L)
- DQO (análise em mgO<sub>2</sub>/L)
- DBO5 (análise em mgO<sub>2</sub>/L)
- NTK (análise em mg/L)
- N-NH<sub>4</sub> (análise em mg/L)
- P total (análise em mg/L)
- P-PO<sub>4</sub> (análise em mg/L)
- Alcalinidade
- pH
- Coliformes Fecais (NMP/100 ml )

- Coliformes Totais (NMP/100 ml )

A rotina de coleta será realizada paralelamente ao processo monitoramento de análises. As coletas para análises serão realizadas pelo menos duas vezes a cada mês, conforme demanda e desempenho de eficiência.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- VON SPERLING M. - **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**, Introdução à qualidade das águas e ao tratamento e esgoto– Volume1 – 3ª edição;
- PACHECO JORDÃO E.; Arruda Pessoa C. - **Tratamento de Esgotos Domésticos** – 5ª edição;
- MILTON TOMOYUKI TSUTIYA; Pedro Além Sobrinho - **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário** –3ª edição;
- ERNANDO DA SILVA C. - **Tratamento de Resíduos e Impactos Ambientais-UFSM/CT/HDS**;
- PAULO BARRERA - Biodigestores – **Fertilidade e Saneamento para a Zona Rural** -2ª edição;
- ABNT – Normas Técnicas;
- CHERNICHARO, C. A. L.; **Reatores anaeróbios**. Princípios do Tratamento de Águas Residuárias. Vol.5, DESA, UFMG, 1997.
- LUCAS JÚNIOR J.; **Construção e Operação de Biodigestores** - CPT Unesp