



MUNICÍPIO DE NOVA VENÉCIA

**IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE
ESGOTAMENTO SANITÁRIO**

**VOLUME II
PROJETO ESTRUTURAL**

**MEMORIAL DE CÁLCULO
DAS EEEBs T e U**

A-016-000-91-4-MC-0001

JANEIRO | 2018

APRESENTAÇÃO

O presente trabalho é parte integrante do projeto estrutural das Estações Elevatórias de Esgoto Bruto (EEEBs) T e U, cujos projetos hidrossanitários foram desenvolvidos pelo consórcio ARCADIS/LOGOS à CESAN. O projeto estrutural das citadas EEEBs foram elaborados internamente pelo Engº Chrysthian Santiago de Araujo para a CESAN (Companhia Espírito Santense de Saneamento).

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	4
1.1.	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	4
1.1.1.	<i>Projeto Hidráulico das Elevatórias.....</i>	4
1.2.	NORMAS APLICÁVEIS	4
1.3.	ESTRUTURAS DE CONCRETO INTEGRANTES DO PROJETO	4
2.	CONSIDERAÇÕES PARA O DIMENSIONAMENTO.....	5
2.1.	CRITÉRIO DE PROJETO	5
2.2.	DADOS GERAIS	5
2.2.1.	<i>Concreto</i>	5
2.3.	PARÂMETROS GEOTÉCNICOS.....	5
2.4.	CARGAS	6
2.4.1.	<i>Cargas Permanentes</i>	6
2.4.2.	<i>Cargas Acidentais</i>	6
2.4.3.	<i>Peso específico</i>	6
2.4.4.	<i>Carregamento nas lajes de fundo.....</i>	6
2.4.5.	<i>Carregamento nas paredes lado interno</i>	6
2.4.6.	<i>Carregamento nas paredes lado externo</i>	6
2.5.	COMBINAÇÕES	7
2.6.	SOFTWARES UTILIZADOS NO DIMENSIONAMENTO	8
3.	DIMENSIONAMENTO	8

1. INTRODUÇÃO

Este relatório trata do Memorial Descritivo, de Cálculo e de Especificação Técnica do projeto Estrutural para implantação das Estações Elevatórias de Esgoto Bruto do Município de Nova Venécia, estado do Espírito Santo – ES.

1.1. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1.1.1. Projeto Hidráulico das Elevatórias

- A-016-000-91-5-XX-0100 a A-016-000-91-5-XX-0104 → EEEB T.
- A-016-000-91-5-XX-0105 a A-016-000-91-5-XX-0109 → EEEB U.

1.2. NORMAS APLICÁVEIS

- NBR-6118 – Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento.
- NBR-6120 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações
- NBR-6122 – Projeto e Execução de Fundações.
- NBR-6123 – Forças devidas ao vento em edificações
- NBR 8681 – Ações e Segurança nas Estruturas – Procedimento

1.3. ESTRUTURAS DE CONCRETO INTEGRANTES DO PROJETO

- Estações Elevatórias de Esgoto Bruto, constituídas cada uma delas por:
 - i. PV de entrada;
 - ii. Caixa de Areia;
 - iii. Poço de Sucção;

2. CONSIDERAÇÕES PARA O DIMENSIONAMENTO

2.1. CRITÉRIO DE PROJETO

O dimensionamento das peças estruturais será feito seguindo as recomendações das normas da ABNT. Foram considerados os estados limites últimos (ELU¹) e os estados limites de serviço (ELS²). O modelo estrutural trata-se de caixas prismáticas enterradas e/ou semienterradas, com ou sem tampa sendo que serão considerados os esforços devido ao peso próprio, sobrecarga e empuxo interno de água, empuxo externo do solo nas paredes enterradas ou semienterradas.

¹ Relacionado ao colapso ou qualquer outra forma de ruína estrutural que determine a paralização da utilização da estrutura;

² Relacionado ao uso normal, ou seja, ao conforto do usuário, durabilidade, aparência e boa utilização da estrutura. Nesta fase são estudadas as formações de fissuras e deformações.

2.2. DADOS GERAIS

2.2.1. Concreto

- Classe de agressividade= III(forte)
- Abertura máxima das fissuras= 0,3mm
- Dimensões máximas do agregado graúdo ($\varnothing_{\text{máx}} \leq 19\text{mm}$)
- $F_{ck} = 30 \text{ MPa}$
- Cobrimento de 4,0 cm
- Aço CA-50

2.3. PARÂMETROS GEOTÉCNICOS

Para determinação dos parâmetros geotécnicos e tipo de fundações, foram realizadas campanhas de sondagem e apresentada no documento A-016-000-91-4-SD-0001.pdf. Entretanto, não foram contempladas, nesta sondagem, as áreas das EEEBs descritas neste memorial. Por este motivo, foi definida a capacidade de carga mínima do solo de **1,5kgf/cm² (0,15 Mpa)**, ficando a cargo da empresa executante atentar para este fato antes de iniciar a obra, estipulando a cota de assentamento de acordo com a necessidade no local.

$$\sigma_{adm} = \frac{N_{SPT}}{5} = [kgf/cm^2] \geq 1,5kgf/cm^2 \therefore N_{spt,min} \geq 7,5^*$$

*Assentar a estrutura sobre camada com o número de SPT mínimo, conforme acima

Os parâmetros comuns adotados para todas as estruturas são peso específico ($\gamma = 18,0 \text{ kN/m}^3$) e coeficiente de empuxo determinado pela equação abaixo, considerado o ângulo de atrito $\varphi = 30^\circ$:

$$K = tg^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi^2}{2} \right) = tg^2 \left(45^\circ - \frac{30^\circ}{2} \right) = 0,333$$

2.4. CARGAS

2.4.1. Cargas Permanentes

- Peso próprio do concreto armado, utilizando sua densidade média ($\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$)

2.4.2. Cargas Acidentais

- Sobrecarga = $2,00 \text{ kN/m}^2$
- Sobrecarga de equipamentos sobre as lajes.

2.4.3. Peso específico

- Concreto = 24 kN/m^3
- Água = 10 kN/m^3
- Material de enchimento = 22 kN/m^2

2.4.4. Carregamento nas lajes de fundo

- Peso da água considerando o pior cenário com a estrutura 100% cheia.

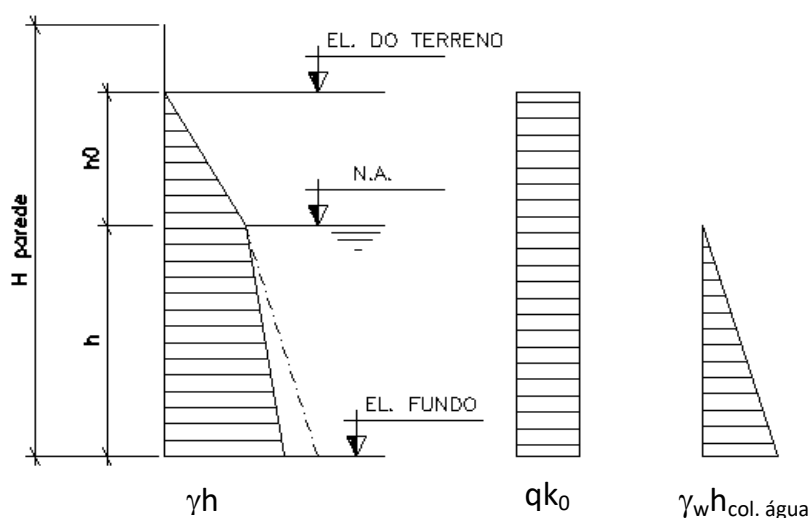
2.4.5. Carregamento nas paredes lado interno

- Considerando a caixa cheia de água temos;

$$P_{\text{agua}} = \gamma_{\text{agua}} \cdot h_{\text{agua}}$$

2.4.6. Carregamento nas paredes lado externo

- Para o trecho aéreo a carga externa será igual a 0.
- Para o trecho enterrado ou semienterrado temos:



A carga q para carga retangular será utilizada nas estruturas sobre efeito de tráfego de veículos, cujo valor será de 25 kN/m^2 .

2.5. COMBINAÇÕES

Para o dimensionamento das estruturas foram considerados, de acordo com as normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), os estados limites de utilização (flechas, aberturas de fissuras) e o último (segurança), sempre considerando as questões relativas à durabilidade da estrutura.

As combinações de ações usadas no cálculo foram de acordo com NBR 8681:2004.

Combinações últimas (ELU), que para o edifício em causa são consideradas Normais, “Esgotamento da capacidade resistente para elementos estruturais de concreto armado”, sendo o cálculo das solicitações:

$$F_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{gi} F_{Gi,k} + \gamma_q \left[F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n \Psi_{oj} F_{Qj,k} \right]$$

De acordo com a tabela 11.3 da NBR 6118:2014

Os valores dos Coeficientes de ponderação das ações (γ_f) no estado-limite último (ELU), foram os utilizados nas tabelas 11.1 e 11.2 da NBR 6118:2014.

Combinações de serviço (ELS)

a) Combinações quase permanentes (CQP)

$$F_d = \sum F_{gi,k} + \sum \psi_{2j} \cdot F_{gj,k}$$

b) Combinações frequentes (CF)

$$F_d = \sum F_{gi,k} + \psi_1 F_{q1k} + \sum \psi_{2j} \cdot F_{gj,k}$$

c) Combinações raras (CR)

$$F_d = \sum F_{gi,k} + F_{q1k} + \sum \psi_{1j} \cdot F_{gj,k}$$

De acordo com a tabela 11.4 da NBR 6118:2014

Os valores dos Coeficientes de ponderação das ações (γ_f) no estado-limite de serviço (ELS), foram os utilizados na tabela 11.2 da NBR 6118:2014.

A tabela 2 apresenta os coeficientes parciais de segurança utilizados conforme tabela 1 NBR 8681.

Tabela 1 – Coeficientes.

	Coeficientes parciais de segurança (γ)		Coeficientes de combinação (ψ)	
	Favorável	Desfavorável*	Principal* (ψ_p)	Acompanhamento (ψ_a)
Permanente – CP	1,00	1,40	-	-
Sobrecarga – SC	0,00	1,40	1,00	0,80

*Mantendo o conservadorismo, utilizam-se os maiores coeficientes

2.6. SOFTWARES UTILIZADOS NO DIMENSIONAMENTO

- Planilhas do Excel.

3. DIMENSIONAMENTO

Devido a falta de software de modelagem estrutural, foram utilizadas planilhas de dimensionamento de lajes planas do *Microsoft® Excel*, utilizando as diversas combinações (ELS e ELU) citadas em 2.5. A planilha de lajes foi adaptada e também utilizada para o dimensionamento das paredes das elevatórias.

Os carregamentos utilizados no dimensionamento foram:

- Cargas Permanentes (CP)

Peso próprio → calculado automaticamente pela planilha

- Sobrecargas (SC)

Carregamento na laje de fundo (SCLF) → peso da água

Carregamento nas paredes lado interno (SCPI) → pressão da água nas paredes internas

Carregamento nas paredes lado externo (SCPE) → pressão do solo nas paredes externas

- Combinação para dimensionamento das paredes e lajes:

Comb 1: $1,4CP + 1,4SC + 1,4SCLF + 1,4SCPI + 1,4SCPE$

3.1. Estacao Elevatoria de Esgoto Bruto T – EEEB-T

3.1.1. Caixa de Areia

De acordo com as combinações, foram obtidas as solicitações permanentes na parede mais solicitada da Caixa de Areia da EEEB-T, conforme abaixo:

Tabela 2 – calculo do empuxo de terra sobre a Cx. de Areia

Cálculo do Empuxo - parede da Caixa de Areia		
K	0,33	← coeficiente de empuxo
E	33,9 kN/m	← valor p/ faixa de 1m de muro
Y_m	0,43 m	← Cota 'Y' de 'E' ao ponto 'O'
A	6,1 m ²	← área de aplicação do empuxo
SC	15,1 kN/m ²	← Valor do empuxo sobre parede
1,4 x SC	21,1 kN/m ²	← Empuxo majorado sobre parede

Utilizando o valor das solicitações e das características pré-estabelecidas (f_{ck} , cobrimento, etc.) e estabelecendo a sobrecarga de utilização, SC, para as paredes solicitadas pelo empuxo de terra, temos:

O que nos dá a armadura para a face interna (empuxo do solo) da parede: $\varnothing 8.0 \text{ c}/10$. Mantendo o cálculo conservador, utilizaremos a mesma armadura para a face externa, devido à pressão d'água.

Para a laje de fundo da caixa de areia considera-se o dimensionamento conforme abaixo:

		LAJE MACIÇA RETANGULAR DE CONCRETO ARMADO			
Projeto		Laje de fundo EEEB-T		Feito por	Data
Cliente		CESAN		Chrysthian	27/12/2018
Descrição				Página	1

NBR 6118

Propriedades do Concreto

f_{ck} MPa	30
γ_c	1,4
E_{cs} MPa	26072
f_{ctm} MPa	2,896
f_{ctk} MPa	2,028

Propriedades do Aço

f_{yk} MPa	500
γ_s	1,15
E_s MPa	210000
E_s/E_{cs}	8,055
η_1	2,25

Resumo

ELU-M - Momento	OK!	S_d / R_d	0,03
ELU-V - Cortante	OK!		0,16
ELS-W - Fissura	OK!		0,00
ELS-DEF - Flecha	OK!		0,00
Consumo de aço kg/m^3	29,8		

Esforços e Flechas

☐ MUSSO ☐ BURKE
☐ CZERNY ☐ BARES
☒ MARCUS

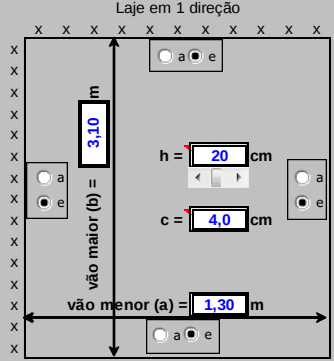
Ações

G_{PP} kN/m^2	5,00
G_{EX} kN/m^2	8,16
Q kN/m^2	5,00

Ponderação das Ações

	ELU-M/V	ELS-W	ELS-DEF
γ_G	1,4	1	1
γ_Q	1,4	0,4	0,3

Laje em 1 direção



ELU-M - Momento Fletor

	a	a _e	b	b _e
M_{Gk} kNm	0,93	1,85	0,20	0,44
M_{Qk} kNm	0,35	0,70	0,08	0,17
M_{Sd} kNm	1,79	3,58	0,39	0,84
ϕ mm	8,0	8,0	8,0	8,0
cada cm	14,0	14,0	29,0	14,0
A_s cm^2/m	3,59	3,59	1,73	3,59
d cm	15,60	15,60	15,60	15,60
$M_{Rd,max}$ kNm	133,32	133,32	133,32	133,32
$M_{Sd}/M_{Rd,max}$	0,01	0,03	0,00	0,01
Status	OK!	OK!	OK!	OK!

ELU-V - Força Cortante

	a	a _e	b	b _e
V_{Gk} kN/m	0,00	8,55	0,00	4,28
V_{Qk} kN/m	0,00	3,25	0,00	1,63
V_{Sd} kN/m		16,53		8,26
τ_{Rd} MPa		0,362		0,362
k		1,444		1,444
ρ_1		0,230%		0,230%
V_{Rd1} kN/m		105,38		105,38
V_{Sd}/V_{Rd1}		0,16		0,08
Status		OK!		OK!

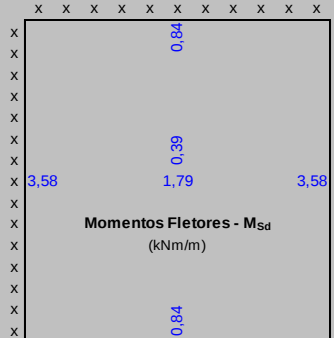
ELS-W - Abertura de Fissura

	a	a _e	b	b _e
M_F kNm	1,07	2,14	0,23	0,50
M_I kNm	20,28	20,28	20,28	20,28
x_2 cm^2	2,729	2,729	1,952	2,729
I_2 cm^4	5468	5468	2848	5468
σ_{s2} MPa	20,2	40,5	9,1	9,5
ρ_f	0,359%	0,359%	0,173%	0,359%
w_k mm	0,00	0,00	0,00	0,00
w_2 mm	0,00	0,00	0,00	0,00
w_k mm	0,00	0,00	0,00	0,00
w_{lim} mm	0,30			
w_k/w_{lim}	0,00	0,00	0,00	0,00
Status	OK!	OK!	OK!	OK!

ELS-DEF - Flecha

	M_f kNm	t_0 meses	t meses	$\xi(t_0)$	$\xi(t)$	α_f
I_c cm^4	28,96	1,0	70,0	0,677	2,000	1,323
66667	G kN/m^2	13,16	$G+Q$ kN/m^2	18,16	Q_P kN/m^2	14,66
f	$\Delta_{G,ela}$ mm	0,01	$\Delta_{G+Q,ela}$ mm	0,01	$\Delta_{Q_P,ela}$ mm	0,01
0,03125	M_G kNm	M_{G+Q} kNm	M_{Q_P} kNm	$I_{e,G}$ cm^4	$I_{e,G+Q}$ cm^4	I_{e,Q_P} cm^4
direção a	0,93	1,28	1,03	66667	66667	66667
direção b	0,20	0,28	0,23	66667	66667	66667
Δ_{ct} mm	$\Delta_{G,ine}$ mm	0,01	$\Delta_{G+Q,ine}$ mm	0,01	$\Delta_{Q_P,ine}$ mm	0,01
0,0	Δ_T mm	0,01	Δ_Q mm	0,00	Δ_A mm	0,01
$\Delta_{ct,lim}$ mm	Δ_T,lim mm	5,20	Δ_Q,lim mm	3,71	Δ_A,lim mm	2,60
3,7	$\Delta_T/\Delta_T,lim$	0,00	$\Delta_Q/\Delta_Q,lim$	0,00	$\Delta_A/\Delta_A,lim$	0,00
Status	OK!	Status	OK!	Status	OK!	

Momentos Fletores - M_{Sd} (kNm/m)



Reações e Flecha (kN/m) (mm)

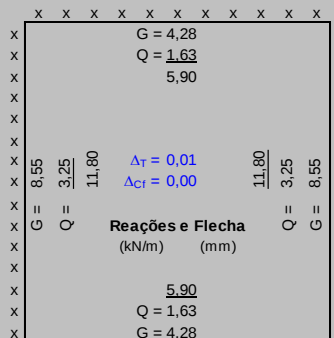


Figura 2 – cálculo da laje de fundo da Cx. de Areia

O que nos fornece a armadura positiva da laje de fundo: $\varnothing 8.0 \text{ c}/10$. Será utilizada a mesma armadura ($\varnothing 8.0 \text{ c}/10$) para a armadura negativa da laje de fundo, como cálculo conservador.

3.1.2. Poço de Sucção

De acordo com as combinações, foram obtidas as solicitações permanentes na parede do Poço de Sucção da EEEB-T, conforme abaixo:

Tabela 3 – cálculo do empuxo de terra sobre parede do Pç. Sucção

Cálculo do Empuxo - Poço de Sucção		
K	0,33	← coeficiente de empuxo
E	56,0 KN/m	← valor p/ faixa de 1m de muro
y_m	0,41 m	← Cota 'Y' de 'E' ao ponto 'O'
A	23,8 m ²	← área de aplicação do empuxo
SC	17,8 KN/m ²	← Valor do empuxo sobre parede
1,4 x SC	24,9 KN/m ²	← Empuxo majorado sobre parede

Utilizando o valor das solicitações e das características pré-estabelecidas (f_{ck} , cobrimento, etc.) e estabelecendo a sobrecarga de utilização, SC, para as paredes solicitadas pelo empuxo de terra, obtemos as armaduras da parede, circular, do Poço de Sucção:

- armadura horizontal ($\varnothing 10.0$ c/13,5 - *dupla*);
- armadura vertical ($\varnothing 10.0$ c/11 - *dupla*);

A **Figura 3** ilustra o dimensionamento das armaduras internas, horizontal e Vertical, do Poço de Sucção. A armadura externa será e idêntica a anteriormente citada sendo, portanto, tem-se armadura dupla nas paredes, seguindo com o mesmo $\varnothing$ e mesmo espaçamento. Seguindo a mesmo procedimento para a laje de fundo do Poço de sucção, obtemos a armadura dupla $\varnothing 10.0$ c/13 (superior e inferior - dupla), conforme mostrado na **Figura 4**.

		LAJE MACIÇA RETANGULAR DE CONCRETO ARMADO			
		Projeto	POÇO DE SUCÇÃO	Feito por	Data
		Cliente	CESAN	Chrysthian	27/12/2018
		Descrição	parede do poço de sucção da EEEB-T		Página
					1

Laje maciça
NBR 6118

Propriedades do Concreto	
f_{ck} MPa	30
γ_c	1,4
E_{cs} MPa	26072
f_{ctm} MPa	2,896
f_{ctk} MPa	2,028

Propriedades do Aço	
f_{yk} MPa	500
γ_s	1,15
E_s MPa	210000
E_s/E_{cs}	8,055
η_1	2,25

Resumo	Status	S_d / R_d
ELU-M - Momento	OK!	0,45
ELU-V - Cortante	OK!	0,82
ELS-W - Fissura	OK!	0,48
ELS-DEF - Flecha	OK!	0,20
Consumo de aço kg/m ³		40,6

Esforços e Flechas

☐ MUSSO ☐ BURKE
☐ CZERNY ☐ BARES
☒ MARCUS

Ações

G_{pp} kN/m² 5,00
 G_{EX} kN/m² 24,90
 Q kN/m² 5,00

Ponderação das Ações			
	ELU-M/V	ELS-W	ELS-DEF
γ_G	1,4	1	1
γ_Q	1,4	0,4	0,3

Laje em 1 direção

ELU-M - Momento Fletor				
	a	a _e	b	b _e
M_{Gk} kNm	20,86	37,09	4,82	10,99
M_{Ok} kNm	3,49	6,20	0,81	1,84
M_{Sd} kNm	34,09	60,60	7,87	17,96
ϕ mm	8,0	10,0	6,3	6,3
cada cm	9,0	8,0	18,0	9,0
A_s cm ² /m	5,59	9,82	1,73	3,46
d cm	15,60	15,50	15,69	15,69
$M_{Rd,max}$ kNm	133,32	133,32	133,32	133,32
$M_{Sd}/M_{Rd,max}$	0,26	0,45	0,06	0,13
Status	OK!	OK!	OK!	OK!

ELU-V - Força Cortante				
	a	a _e	b	b _e
V_{Gk} kN/m	35,32	58,87	0,00	29,86
V_{Ok} kN/m	5,91	9,84	0,00	4,99
V_{Sd} kN/m	57,72	96,19		48,79
τ_{Rd} MPa	0,362	0,362		0,362
k	1,444	1,445		1,443
ρ_1	0,358%	0,633%		0,221%
V_{Rd1} kN/m	109,55	117,86		105,58
V_{Sd}/V_{Rd1}	0,53	0,82		0,46
Status	OK!	OK!		OK!

ELS-W - Abertura de Fissura				
	a	a _e	b	b _e
M_F kNm	22,26	39,57	5,14	11,72
M_I kNm	20,28	20,28	20,28	20,28
x_2 cm ²	3,323	4,223	1,957	2,692
I_2 cm ⁴	8004	12567	2879	5360
σ_{s2} MPa	275,0	286,0	197,4	228,9
ρ_r	0,559%	0,982%	0,192%	0,383%
w_1 mm	0,11	0,14	0,00	0,00
w_2 mm	0,28	0,22	0,00	0,00
w_k mm	0,11	0,14	0,00	0,00
w_{lim} mm	0,30			
w_k/w_{lim}	0,35	0,48	0,00	0,00
Status	OK!	OK!	OK!	OK!

ELS-DEF - Flecha						
	M_I kNm	t_n meses	t meses	$\xi(t_n)$	$\xi(t)$	α_f
I_c cm ⁴	28,96	1,0	70,0	0,677	2,000	1,323
66667	G kN/m ²	29,90	$G+Q$ kN/m ²	34,90	Q_P kN/m ²	31,40
f	$\Delta_{G,ela}$ mm	0,92	$\Delta_{G+Q,ela}$ mm	1,07	$\Delta_{Q_P,ela}$ mm	0,96
0,06501	M_2 kNm	M_{G+Q} kNm	M_{Q_P} kNm	$I_{e,G}$ cm ⁴	$I_{e,G+Q}$ cm ⁴	I_{e,Q_P} cm ⁴
direção a	20,86	24,35	21,91	66667	66667	66667
direção b	4,82	5,62	5,06	66667	66667	66667
Δ_{CI} mm	$\Delta_{G,ime}$ mm	0,92	$\Delta_{G+Q,ime}$ mm	1,07	$\Delta_{Q_P,ime}$ mm	0,96
0,0	Δ_T mm	2,24	Δ_Q mm	0,15	Δ_A mm	1,27
$\Delta_{CI,lim}$ mm	$\Delta_{T,lim}$ mm	12,60	$\Delta_{Q,lim}$ mm	9,00	$\Delta_{A,lim}$ mm	6,30
9,0	$\Delta_T/\Delta_{T,lim}$	0,18	$\Delta_Q/\Delta_{Q,lim}$	0,02	$\Delta_A/\Delta_{A,lim}$	0,20
Status	OK!	Status	OK!	Status	OK!	

Figura 3 – cálculo da parede do Poço de Sucção

		LAJE MACIÇA RETANGULAR DE CONCRETO ARMADO			
		Projeto	POÇO DE SUÇÃO	Feito por	Data
		Cliente	CESAN	Chrystian	28/12/2018
		Descrição	laje fundo do poço de sucção da EEEB-T		Página
					1

Laje maciça

NBR 6118

Propriedades do Concreto	
f_{ck} MPa	30
γ_c	1,4
E_{cs} MPa	26072
f_{ctm} MPa	2,896
f_{ctk} MPa	2,028

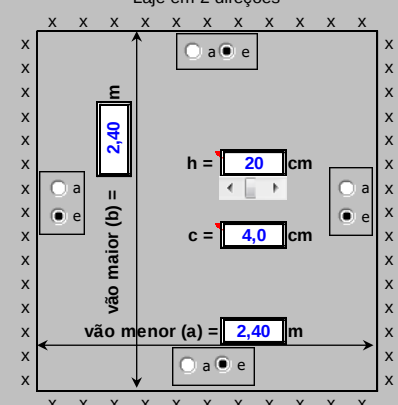
Propriedades do Aço	
f_{yk} MPa	500
γ_s	1,15
E_s MPa	210000
E_s/E_{cs}	8,055
η_1	2,25

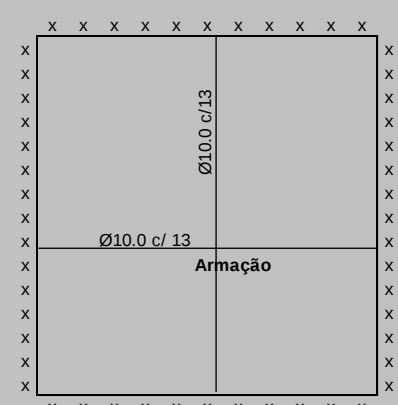
Resumo	Status	S_d / R_d
ELU-M - Momento	OK!	0,09
ELU-V - Cortante	OK!	0,28
ELS-W - Fissura	OK!	0,00
ELS-DEF - Flecha	OK!	0,02
Consumo de aço kg/m^3		31,6

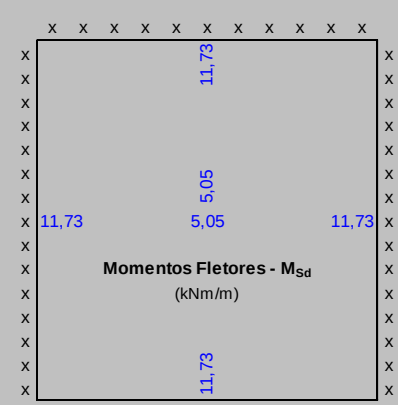
Esforços e Flechas		Ações	
☐ MUSSO	☐ BURKE	G_{pp} kN/m ²	5,00
☐ CZERNY	☐ BARES	G_{EX} kN/m ²	24,90
☒ MARCUS		Q kN/m ²	5,00

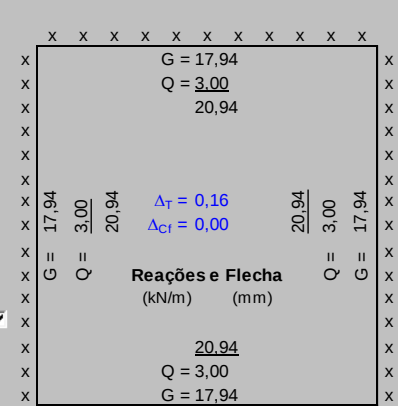
Ponderação das Ações			
	ELU-M/V	ELS-W	ELS-DEF
γ_G	1,4	1	1
γ_Q	1,4	0,4	0,3

Laje em 2 direções









ELU-M - Momento Fletor				
	a	a _e	b	b _e
M_{Gk} kNm	3,09	7,18	3,09	7,18
M_{Ok} kNm	0,52	1,20	0,52	1,20
M_{Sd} kNm	5,05	11,73	5,05	11,73
ϕ mm	6,3	6,3	6,3	6,3
cada cm	13,0	9,0	13,0	9,0
A_s cm ² /m	2,40	3,46	2,40	3,46
d cm	15,69	15,69	15,69	15,69
$M_{Rd,max}$ kNm	133,32	133,32	133,32	133,32
$M_{Sd}/M_{Rd,max}$	0,04	0,09	0,04	0,09
Status	OK!	OK!	OK!	OK!

ELU-V - Força Cortante				
	a	a _e	b	b _e
V_{Gk} kN/m	0,00	17,94	0,00	17,94
V_{Ok} kN/m	0,00	3,00	0,00	3,00
V_{Sd} kN/m	29,32	29,32	29,32	29,32
τ_{Rd} MPa	0,362	0,362	0,362	0,362
k	1,443	1,443	1,443	1,443
ρ_1	0,221%	0,221%	0,221%	0,221%
V_{Rd1} kN/m	105,58	105,58	105,58	105,58
V_{Sd}/V_{Rd1}	0,28	0,28	0,28	0,28
Status	OK!	OK!	OK!	OK!

ELS-W - Abertura de Fissura				
	a	a _e	b	b _e
M_F kNm	3,30	7,66	3,30	7,66
M_r kNm	20,28	20,28	20,28	20,28
x_2 cm ²	2,276	2,692	2,276	2,692
I_2 cm ⁴	3866	5360	3866	5360
σ_{s2} MPa	92,1	149,5	92,1	149,5
ρ_r	0,265%	0,383%	0,265%	0,383%
w_1 mm	0,00	0,00	0,00	0,00
w_2 mm	0,00	0,00	0,00	0,00
w_k mm	0,00	0,00	0,00	0,00
w_{lim} mm	0,30			
w_k/w_{lim}	0,00	0,00	0,00	0,00
Status	OK!	OK!	OK!	OK!

ELS-DEF - Flecha						
	M_r kNm	t_0 meses	t meses	$\xi(t_0)$	$\xi(t)$	α_f
I_c cm ⁴	28,96	1,0	70,0	0,677	2,000	1,323
66667	G kN/m ²	29,90	G+Q kN/m ²	34,90	QP kN/m ²	31,40
f	$\Delta_{G,ela}$ mm	0,06	$\Delta_{G+Q,ela}$ mm	0,07	$\Delta_{QP,ela}$ mm	0,07
0,01345	M_G kNm	M_{G+Q} kNm	M_{QP} kNm	$I_{e,G}$ cm ⁴	$I_{e,G+Q}$ cm ⁴	$I_{e,QP}$ cm ⁴
direção a	3,09	3,61	3,24	66667	66667	66667
direção b	3,09	3,61	3,24	66667	66667	66667
Δ_{Cf} mm	$\Delta_{G,ime}$ mm	0,06	$\Delta_{G+Q,ime}$ mm	0,07	$\Delta_{QP,ime}$ mm	0,07
0,0	Δ_T mm	0,16	Δ_Q mm	0,01	Δ_A mm	0,09
$\Delta_{Cf,lim}$ mm	$\Delta_{T,lim}$ mm	9,60	$\Delta_{Q,lim}$ mm	6,86	$\Delta_{A,lim}$ mm	4,80
6,9	$\Delta_T/\Delta_{T,lim}$	0,02	$\Delta_Q/\Delta_{Q,lim}$	0,00	$\Delta_A/\Delta_{A,lim}$	0,02
Status	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!

Figura 4 - calculo da Laje de Fundo do Poço de Sucção

3.1.3. PV de Entrada

De acordo com as combinações, foram obtidas as solicitações permanentes na parede do Poço de Sucção da EEEB-T, conforme abaixo:

Tabela 4 – cálculo do empuxo de terra sobre Laje de Fundo/paredes do PV de Entrada

Cálculo do Empuxo - PV de Entrada		
K	0,33	← coeficiente de empuxo
E	5,8 kN/m	← valor p/ faixa de 1m de muro
y_m	0,47 m	← Cota 'Y' de 'E' ao ponto 'O'
A	2,7 m ²	← área de aplicação do empuxo
SC	10,1 kN/m ²	← Valor do empuxo sobre parede
1,4 x SC	14,1 kN/m ²	← Empuxo majorado sobre parede

Utilizando o valor das solicitações e das características pré-estabelecidas (f_{ck} , cobrimento, etc.) e estabelecendo a sobrecarga de utilização, SC, para as paredes solicitadas pelo empuxo de terra, obtemos as armaduras da parede, circular, do Poço de Sucção:

- armadura horizontal ($\varnothing 6,3$ c/ 9 - *dupla*);
- armadura vertical ($\varnothing 6,3$ c/ 9 - *dupla*);

A **Figura 5** ilustra o dimensionamento das armaduras da Laje de Fundo do PV de Entrada. Tem-se armadura dupla $\varnothing 8,0$ c/ 10 na laje devido à reação do solo ao peso próprio da estrutura sobre a laje de fundo.

		LAJE MACIÇA RETANGULAR DE CONCRETO ARMADO			
Projeto		PV DE ENTRADA	Feito por	Data	
Cliente		CESAN	Chrystian	28/12/2018	
Descrição		laje de fundo do PV de Entrada da EEEB-T		Página	
				1	

Laje maciça NBR 6118

Propriedades do Concreto	
f_{ck} MPa	30
γ_c	1,4
E_{cs} MPa	26072
f_{ctm} MPa	2,896
f_{ctk} MPa	2,028

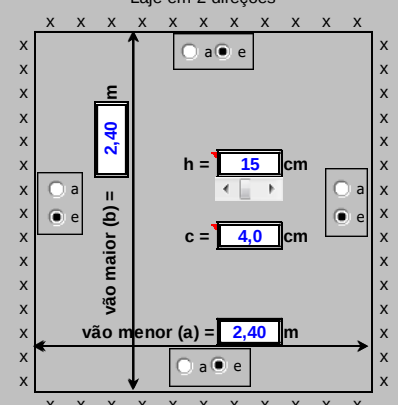
Propriedades do Aço	
f_{yk} MPa	500
γ_s	1,15
E_s MPa	210000
E_s/E_{cs}	8,055
η_1	2,25

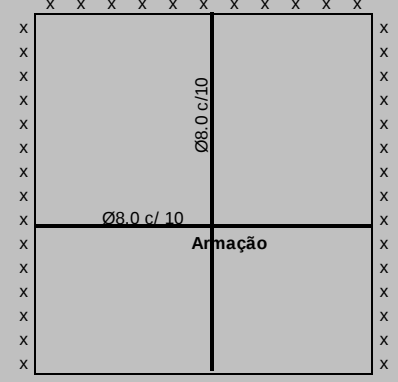
Resumo	Status	S_d / R_d
ELU-M - Momento	OK!	0,13
ELU-V - Cortante	OK!	0,26
ELS-W - Fissura	OK!	0,00
ELS-DEF - Flecha	OK!	0,03
Consumo de aço kg/m ³		39,7

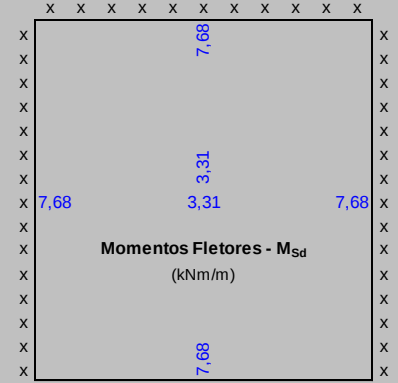
Esforços e Flechas		Ações	
☐ MUSSO	☐ BURKE	G_{pp} kN/m ²	3,75
☐ CZERNY	☐ BARES	G_{EX} kN/m ²	14,10
☒ MARCUS		Q kN/m ²	5,00

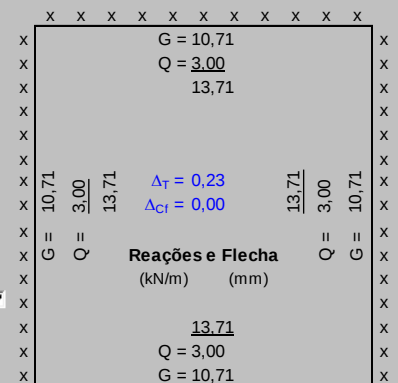
Ponderação das Ações			
	ELU-M/V	ELS-W	ELS-DEF
γ_G	1,4	1	1
γ_Q	1,4	0,4	0,3

Laje em 2 direções









ELU-M - Momento Fleter				
	a	a _e	b	b _e
M_{Gk} kNm	1,84	4,28	1,84	4,28
M_{Ok} kNm	0,52	1,20	0,52	1,20
M_{Sd} kNm	3,31	7,68	3,31	7,68
ϕ mm	8,0	6,3	8,0	8,0
cada cm	20,0	12,0	20,0	19,0
A_s cm ² /m	2,51	2,60	2,51	2,65
d cm	10,60	10,69	10,60	10,60
$M_{Rd,max}$ kNm	59,74	59,74	59,74	59,74
$M_{Sd}/M_{Rd,max}$	0,06	0,13	0,06	0,13
Status	OK!	OK!	OK!	OK!

ELU-V - Força Cortante				
	a	a _e	b	b _e
V_{Gk} kN/m	0,00	10,71	0,00	10,71
V_{Ok} kN/m	0,00	3,00	0,00	3,00
V_{Sd} kN/m		19,19		19,19
τ_{Rd} MPa		0,362		0,362
k		1,493		1,494
ρ_1		0,243%		0,250%
V_{Rd1} kN/m		74,93		74,53
V_{Sd}/V_{Rd1}		0,26		0,26
Status	OK!	OK!	OK!	OK!

ELS-W - Abertura de Fissura				
	a	a _e	b	b _e
M_F kNm	2,05	4,76	2,05	4,76
M_r kNm	11,40	11,40	11,40	11,40
x_2 cm ²	1,879	1,916	1,879	1,923
I_2 cm ⁴	1761	1843	1761	1841
σ_{s2} MPa	81,8	182,5	81,8	180,8
ρ_r	0,335%	0,346%	0,335%	0,353%
w_1 mm	0,00	0,00	0,00	0,00
w_2 mm	0,00	0,00	0,00	0,00
w_k mm	0,00	0,00	0,00	0,00
w_{lim} mm	0,30			
w_k/w_{lim}	0,00	0,00	0,00	0,00
Status	OK!	OK!	OK!	OK!

ELS-DEF - Flecha						
	M_r kNm	t_r meses	t meses	$\xi(t_0)$	$\xi(t)$	α_f
l_c cm ⁴	16,29	1,0	70,0	0,677	2,000	1,323
28125	G kN/m ²	17,85	$G+Q$ kN/m ²	22,85	Q_P kN/m ²	19,35
f	$\Delta_{G,ela}$ mm	0,09	$\Delta_{G+Q,ela}$ mm	0,12	$\Delta_{Q_P,ela}$ mm	0,10
0,01345	M_G kNm	M_{G+Q} kNm	M_{Q_P} kNm	$I_{e,G}$ cm ⁴	$I_{e,G+Q}$ cm ⁴	I_{e,Q_P} cm ⁴
direção a	1,84	2,36	2,00	28125	28125	28125
direção b	1,84	2,36	2,00	28125	28125	28125
Δ_{Cr} mm	$\Delta_{G,ime}$ mm	0,09	$\Delta_{G+Q,ime}$ mm	0,12	$\Delta_{Q_P,ime}$ mm	0,10
0,0	Δ_T mm	0,23	Δ_Q mm	0,03	Δ_A mm	0,13
$\Delta_{Cr,lim}$ mm	$\Delta_{T,lim}$ mm	9,60	$\Delta_{Q,lim}$ mm	6,86	$\Delta_{A,lim}$ mm	4,80
6,9	$\Delta_T/\Delta_{T,lim}$	0,02	$\Delta_Q/\Delta_{Q,lim}$	0,00	$\Delta_A/\Delta_{A,lim}$	0,03
Status	OK!	OK!	Status	OK!	Status	OK!

Figura 5 – cálculo da armadura da laje de fundo do PV de Entrada

3.2. Estacao Elevatória de Esgoto Bruto U - EEEB – U

A Estacao “*Elevatória de Esgoto Bruto U*” possui as mesmas unidades com dimensões similares e próximas as da “*Elevatória de Esgoto Bruto T*”. O levantamento das cargas, método de dimensionamento possuem os mesmos procedimentos, que conduziram às mesmas armaduras da “*EEEB-T*”. Pelos motivos citados, não serão mostradas as figuras de levantamento de carga, nem as figuras da planilha de dimensionamento. Entretanto, as armaduras das unidades são as que seguem abaixo.

3.2.1. Caixa de Areia

3.2.1.1. Paredes → Ø8.0 c/10, dupla nas 2 direções

3.2.1.2. Laje de Fundo → Ø8.0 c/10, dupla nas 2 direções

3.2.2. Poço de Sucção

3.2.2.1. Parede (armadura horizontal) → Ø10.0 c/ 13,5, dupla nas 2 direções

3.2.2.2. Parede (armadura vertical) → Ø10.0 c/ 11, dupla nas 2 direções

3.2.2.3. Laje de Fundo → Ø10. c/13, dupla nas 2 direções

3.2.3. PV de Entrada

3.2.3.1. Parede → Ø6,3 c/ 9, dupla nas 2 direções

3.2.3.2. Laje de fundo → Ø8.0 c/ 10, dupla nas 2 direções

Serra, Janeiro de 2018

Chrysthian Santiago de Araujo
Matr. CESAN - 33472