

COMUSA
Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo

**PROJETO DE AMPLIAÇÃO DAS UNIDADES DE
PRODUÇÃO DE ÁGUA TRATADA**

OUTUBRO/2017

ÍNDICE GERAL DOS VOLUMES

PROJETO DE AMPLIAÇÃO DAS UNIDADES DE PRODUÇÃO DE ÁGUA TRATADA

VOLUME I: CIVIL-HIDRÁULICO-MECÂNICO-ARQUITETÔNICO

VOLUME II: CIVIL-ESTRUTURAL

VOLUME III: INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

VOLUME IV: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS E ORÇAMENTO

SUMÁRIO

1	CÁLCULO E DIMENSIONAMENTO NOVO FLOCULADOR	7
1.1	ESQUEMA DA ESTRUTURA	7
1.2	CÁLCULO E DIMENSIONAMENTO.....	9
2	CÁLCULO E DIMENSIONAMENTO DO CANAL DE ALIMENTAÇÃO DO FLOCULADOR 3	12
2.1	CÁLCULO E DIMENSIONAMENTO.....	12
3	CÁLCULO E DIMENSIONAMENTO DOS PVS DO DECANTADOR	16
4	CÁLCULO E DIMENSIONAMENTO CÂMARA DE MANOBRAS	18
5	CÁLCULO E DIMENSIONAMENTO REFORMA FLOCULADOR 2.....	20

COMUSA
Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo

**PROJETO ESTRUTURAL REMANESCENTE DE
AMPLIAÇÃO DAS UNIDADES DE PRODUÇÃO
DE ÁGUA TRATADA**

OUTUBRO/2017

**TÍTULO: PROJETO ESTRUTURAL REMANESCENTE DE
AMPLIAÇÃO DAS UNIDADES DE PRODUÇÃO DE ÁGUA TRATADA
DA ETA NOVO HAMBURGO/RS -**

Eng. Alexandre Grochau Menezes – CREA/RS 120.157

Eng. André de Souza Nunes de Moura – CREA/RS 169.483

Eng. Arlindo Soares Räder – CREA/RS 123.055

Eng^a. Christiane Santos da Rocha – CREA/RS 174.979

Eng^a. Daiane da Silveira Fernandes – CREA/RS 152.270

Eng^a. Irupê Botelho Saraiva – CREA/RS 195.513

EQUIPE DE APOIO DE ESCRITÓRIO

Téc. Cristine Berger

Téc. Tanise Melo Nascimento

Estagiário Lucas Antônio Pinto Pereira

EQUIPE DE APOIO DE CAMPO

Téc. Rubens Eduardo Graeff

Téc. Alex de Melo Luz

INTRODUÇÃO

No presente memorial apresenta-se o dimensionamento estrutural dos seguintes elementos hidráulicos: Floculador 3, Canal de alimentação do floculador 3, PV's do decantador, Câmara de manobras. Porém deverão ser revistos os cálculos do Floculador 3, Canal de alimentação do Floculador 3, e ainda as passarelas do Floculador 2, cujos cálculos não estão descritos abaixo. Os dimensionamentos dos PV's do Decantador 4 e da Câmara de manobras não necessitam revisão estrutural. Cabe salientar no caso do Floculador 3 e Canal de Alimentação do Floculador 3 deverá ser apresentado o cálculo da fundação.

Materiais a entregar:

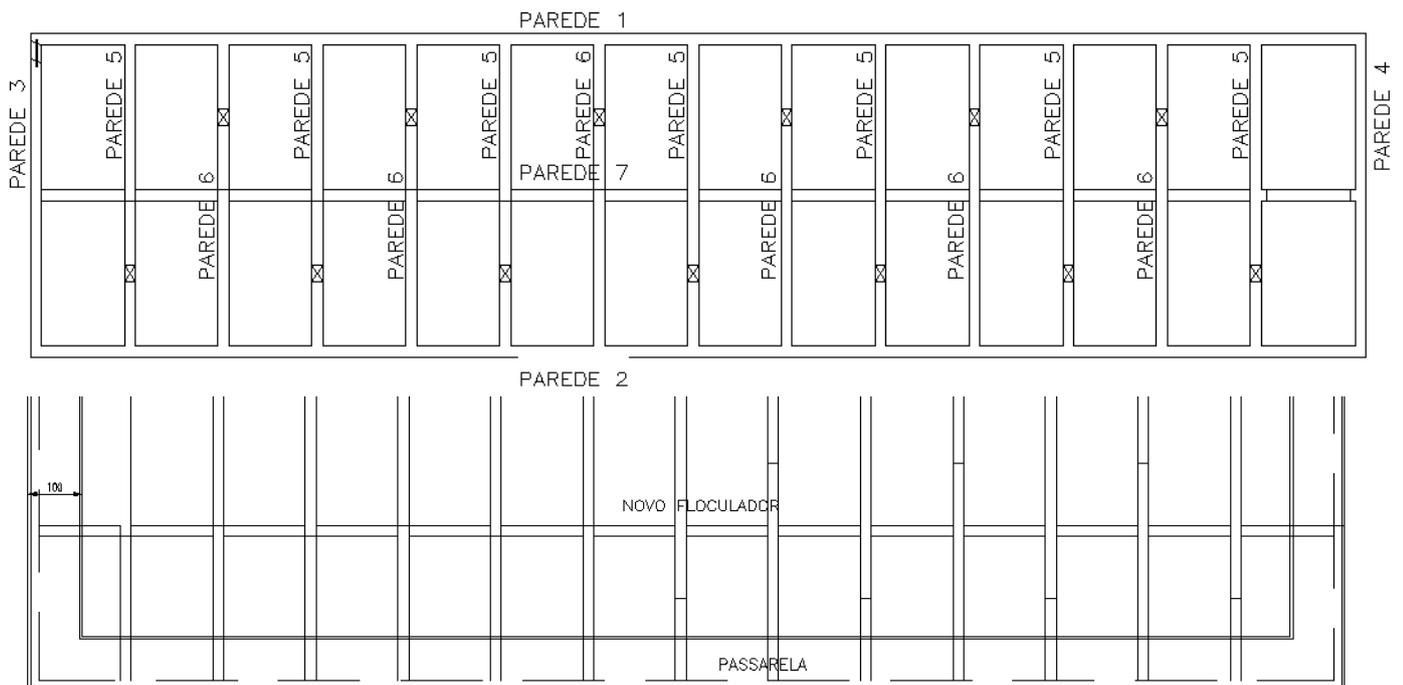
- Memória de cálculo completa;
- Planta de localização dos furos de sondagem, acompanhado do respectivo boletim;
- Projeto de Fundações;
- Planta de Formas dos Blocos Hidráulicos revisados;
- Planta de Armaduras dos Blocos Hidráulicos revisados.

1 CÁLCULO E DIMENSIONAMENTO NOVO FLOCULADOR

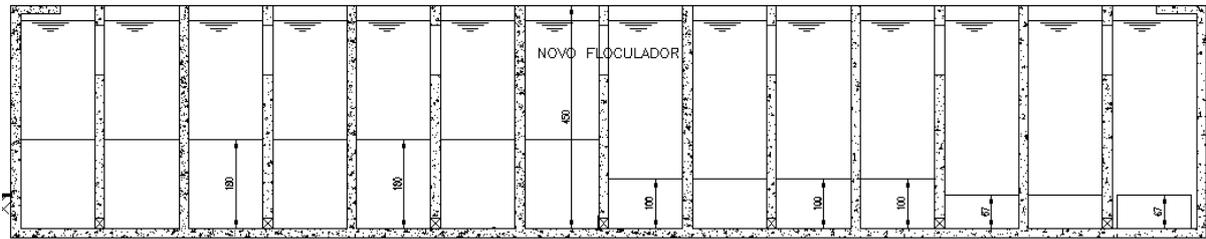
Deverá ser realizada a revisão do projeto estrutural do floculador 3 com passarelas, em virtude da revisão da norma ABNT NBR 6118:07 - Projeto de Estrutura de Concreto Armado, no ano de 2014, requerer uma resistência característica à compressão do concreto mínima de 40MPa para a classe de agressividade que deverá ser adotada no projeto. Os cálculos apresentados abaixo deverão ser *obrigatoriamente* revistos.

1.1 ESQUEMA DA ESTRUTURA

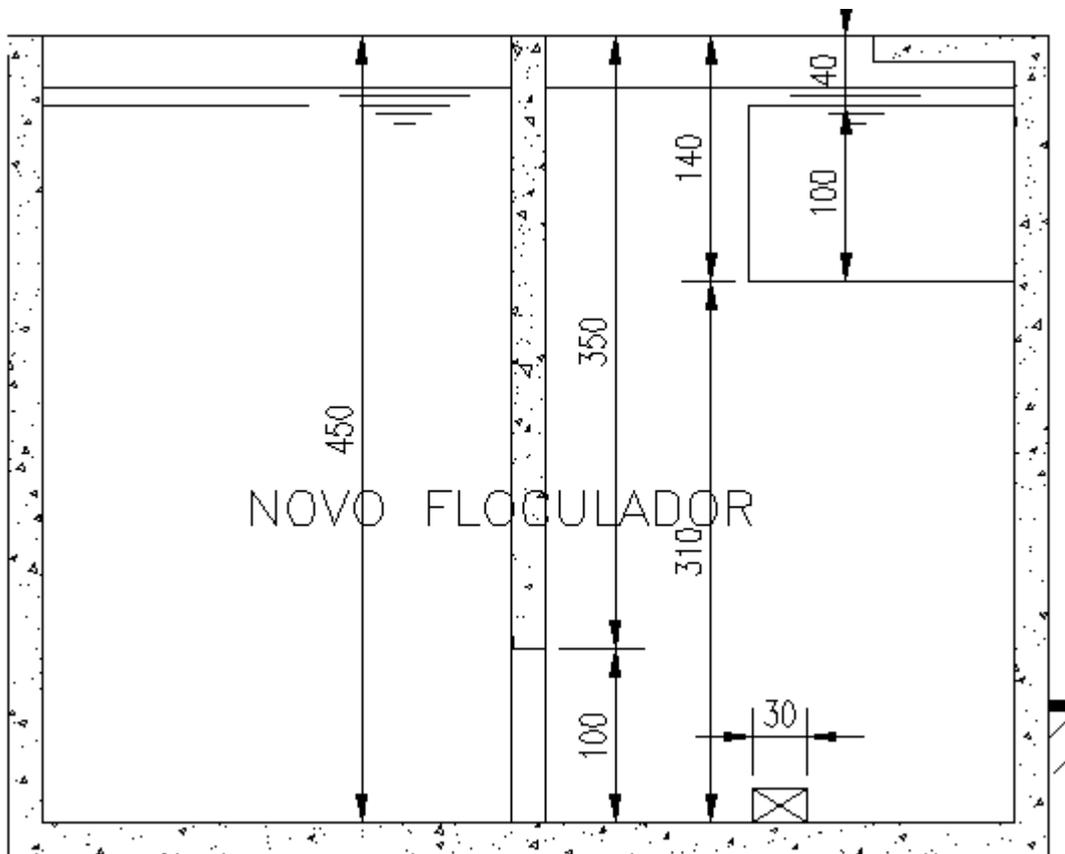
Planta inferior:



Corte longitudinal:

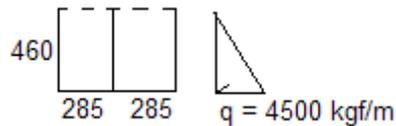


Corte Transversal:



1.2 CÁLCULO E DIMENSIONAMENTO

Parede 1 = Parede 2 - e=20:



Empuxo da água:

- $q = 4,50 \times 1000 = 4500 \text{ kgf/m}$
 - bordo superior livre, demais bordos engastados
 - $m_{y+o} = 0,001 \times 4500 \times 2,85^2 \times 18 = 658 \text{ kgfm}$
 - $m_{y+b} = 0,001 \times 4500 \times 2,85^2 \times 6 = 220 \text{ kgfm}$
 - $m_{x+} = 0,001 \times 4500 \times 2,85^2 \times 6 = 220 \text{ kgfm}$
 - $m_{y-} = 0,001 \times 4500 \times 2,85^2 \times 40 = 1462 \text{ kgfm}$
- } $\phi 8,0 \text{ c/ } 10$

$$m_{x-} = 0,001 \times 4500 \times 2,85^2 \times 43 = 1572 \text{ kgfm}$$

Verificação quanto à fissuração, $w < 0,1 \text{ mm}$:

DADOS DE ENTRADA: <t		TENSÕES	
RESULTADOS:		GRANDE EXCENTRICIDADE	
bw =	100	Lin neutra =	4.18 cm
d =	15	Compressao =	-58.24 kg/cm ²
d' =	5	Tracao =	2262.12 kg/cm ²
h =	20		
as =	5		
as' =	5		
M =	157		
N =			
Outro <S/N> []			

DADOS DE ENTRADA: <MPa>		FISSURACAO	
RESULTADOS: <mm>			
Tensao de Tracao	226	ý max. PERMITIDO =	8.65
AS/area critica	.0078	Se o DIAMETRO ESCOLHIDO	
fck	30	e menor que o ý max.	
Abertura <1, 2 ou 3>	1	PERMITIDO a FISSURACAO	
esta OK !...			
Outro <S/N> []			

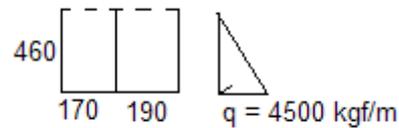
Verificação da fissuração quanto à retração:

ϕ 8 mm

$$A_s > \frac{4.100.20.0,8.25 \cdot 10^{-5}}{(2.1,5 - 0,75) \cdot 0,1 - 45.0,8 \cdot 25^{-5}} = 7,40 \frac{cm^2}{m}$$

$7,40 / 2 = 3,70 \text{ cm}^2/m$ por face da parede

Parede 3 = Parede 4 - e=20:

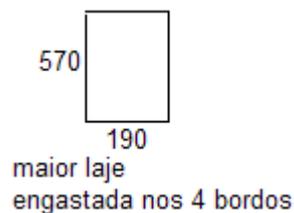


Empuxo da água:

$$q = 4,50 \times 1000 = 4500 \text{ kgf/m}$$

O esforço destas paredes é inferior ao esforço das paredes 1 e 2, armar com ϕ 8,0 c/ 10.

Fundo - e=20:



- $q = 4500 \text{ kgf/m}^2$
 - $m_{y-} = 0,001 \times 4500 \times 1,90^2 \times 41 = 666 \text{ kgfm}$
 - $m_{x+} = 0,001 \times 4500 \times 1,90^2 \times 10 = 162 \text{ kgfm}$
 - $m_{y-} = 0,001 \times 4500 \times 1,90^2 \times 84 = 1365 \text{ kgfm}$
 - $m_{x-} = 0,001 \times 4500 \times 1,90^2 \times 58 = 943 \text{ kgfm}$
- } ϕ 8,0 c/ 10

Outra verificação:

$$M = \frac{4500 \cdot 1,9^2}{12} = 1353 \text{kgfm}$$

Paredes Internas - e=20:

Como o nível da água sempre é o mesmo nos dois lados das paredes não temos esforços laterais.

Armar as paredes com ϕ 6,3 c/ 10.

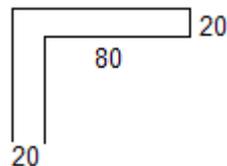
Armadura mínima para fissuras decorrentes da retração:

ϕ 6,3 mm

$$A_s > \frac{4 \cdot 100 \cdot 20 \cdot 0,63 \cdot 25 \cdot 10^{-5}}{(2,15 - 0,75) \cdot 0,1 - 45 \cdot 0,63 \cdot 25^{-5}} = 5,8 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

5,8 / 2 = 2,9 cm²/m por face da parede (ϕ 6,3 c/ 11)

Passarelas - e = 20:



$q = 500 \text{ (PP)} + 250 \text{ (SC)} = 750 \text{ kgf/m}^2$

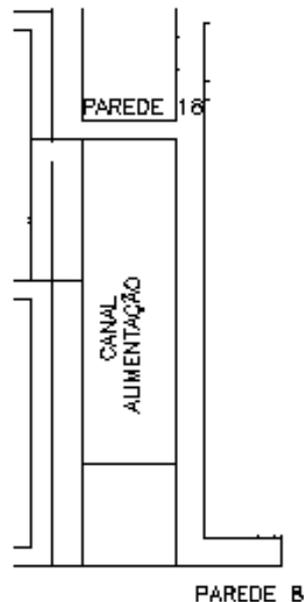
$$M = \frac{750 \cdot 0,9^2}{2} = 304 \text{kgfm}$$

ϕ 6,3 c/ 10.

Foi verificado quanto à fissuração $w < 0,1 \text{ mm}$.

2 CÁLCULO E DIMENSIONAMENTO DO CANAL DE ALIMENTAÇÃO DO FLOCULADOR 3

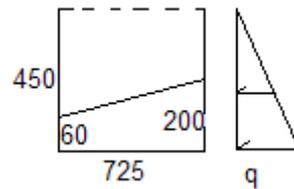
Deverá ser realizada a revisão do projeto estrutural do canal de alimentação do floculador 3, em virtude da revisão da norma ABNT NBR 6118:07 - Projeto de Estrutura de Concreto Armado, no ano de 2014, requerer uma resistência característica à compressão do concreto mínima de 40MPa para a classe de agressividade que deverá ser adotada no projeto. Os cálculos apresentados abaixo deverão ser *obrigatoriamente* revistos.



2.1 CÁLCULO E DIMENSIONAMENTO

Em virtude de verificações operacionais, foi constatado que não serão executadas as estruturas dos novos filtros, que serão suprimidos desta etapa de projeto. Entretanto, o canal de alimentação do floculador que ligado à estrutura dos novos filtros, para que possa ser executado de maneira segura e sem onerar o projeto atual será disposto contíguo ao floculador 3, incluindo suas fôrmas e armaduras, que serão montadas junto às armaduras do floculador 3.

Parede 8 - e=30:



Empuxo da água mais a camada filtrante:

- $q = 4,20 \times 1000 + 2,8 \times 0,45 \times 800 = 5208 \text{ kgf/m}$
 - $m_{y+} = 0,001 \times 5208 \times 3,4^2 \times 8 = 482 \text{ kgfm}$
 - $m_{x+o} = 0,001 \times 5208 \times 3,4^2 \times 16 = 963 \text{ kgfm}$
 - $m_{x+b} = 0,001 \times 5208 \times 3,4^2 \times 28 = 1686 \text{ kgfm}$
 - $m_{y-} = 0,001 \times 5208 \times 3,4^2 \times 92 = 5538 \text{ kgfm}$
 - $m_{x-} = 0,001 \times 5208 \times 3,4^2 \times 64 = 3853 \text{ kgfm}$
- } $\phi 10 \text{ c/ } 10$
 } $\phi 12,5 \text{ c/ } 10$

Verificação quanto à fissuração:

DADOS DE ENTRADA:		TENSÕES	
GRANDE EXCENTRICIDADE		RESULTADOS:	
bw =	100	Lin neutra =	7.50 cm
d =	25	Compressao =	-57.19 kg/cm ²
d' =	5	Tracao =	2001.54 kg/cm ²
h =	30		
as =	12.5		
as' =	12.5		
M =	554		
N =			
Outro (S/N) []			

DADOS DE ENTRADA:		FISSURACAO	
RESULTADOS: (mm)			
Tensao de Tracao	200	ý max. PERMITIDO =	12.04
AS/area critica	.0174	Se o DIAMETRO ESCOLHIDO	
fck	30	e menor que o ý max.	
Abertura (1, 2 ou 3)	1	PERMITIDO a FISSURACAO	
		esta OK !...	
Outro (S/N) []			

Armadura mínima para fissuras decorrentes da retração:

φ 12,5 mm

$$A_s > \frac{4.100.30.1,25.25.10^{-5}}{(2.1,5 - 0,75).0,1 - 45.1,25.25^{-5}} = 17,78 \frac{cm^2}{m}$$

17,78 / 2 = 8,89 cm²/m por face da parede

φ 10 mm

$$A_s > \frac{4.100.30.1,0.25.10^{-5}}{(2.1,5 - 0,75).0,1 - 45.1,0.25^{-5}} = 14,0 \frac{cm^2}{m}$$

14 / 2 = 7 cm²/m por face da parede ~ φ 10 mm c/ 12,5

Canal de Descarga Dos Filtros:

Empuxo da água na junta com as paredes do floculador e decantador:

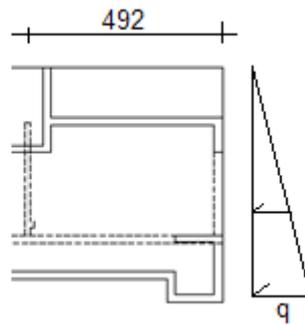
$$q = 5,20 \times 1000 = 5200 \text{ kgf/m}$$

- $my+ = 0,001 \times 5200 \times 3,2^2 \times 8 = 426 \text{ kgfm}$
 - $mx+o = 0,001 \times 5200 \times 3,2^2 \times 16 = 852 \text{ kgfm}$
 - $mx+b = 0,001 \times 5200 \times 3,2^2 \times 28 = 1491 \text{ kgfm}$
 - $my- = 0,001 \times 5200 \times 3,2^2 \times 92 = 4899 \text{ kgfm}$
 - $mx- = 0,001 \times 5200 \times 3,2^2 \times 64 = 3408 \text{ kgfm}$
- } φ 10 c/ 10
 } φ 12,5 c/ 10

Calha:

$$M = 2000 \times 2^2 / 6 = 1333 \text{ kgfm} - \phi 10 \text{ c/ } 10$$

Parede 10 - e = 30:



Canal de Água Decantada:

q interno = 2000 kgf/m

$$M = \frac{2000 \cdot 2,15^2}{6} = 1541 \text{kgfm} \quad - \phi 10 \text{ c/ } 10$$

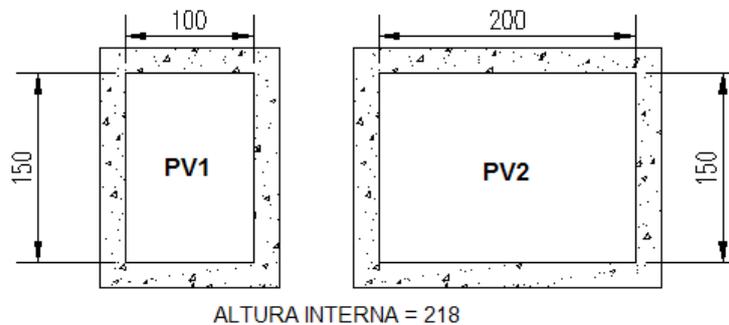
Canal de Descarga Dos Filtros:

Empuxo da água + camada filtrante:

- $q = 4,20 \times 1000 + 2,8 \times 0,45 \times 800 = 5208 \text{ kgf/m}$
 - $my+ = 0,001 \times 5208 \times 3,2^2 \times 8 = 426 \text{ kgfm}$
 - $mx+o = 0,001 \times 5208 \times 3,2^2 \times 16 = 853 \text{ kgfm}$
 - $mx+b = 0,001 \times 5208 \times 3,2^2 \times 28 = 1493 \text{ kgfm}$
 - $my- = 0,001 \times 5208 \times 3,2^2 \times 92 = 4906 \text{ kgfm}$
 - $mx- = 0,001 \times 5208 \times 3,2^2 \times 64 = 3413 \text{ kgfm}$
- } $\phi 10 \text{ c/ } 10$
 } $\phi 12,5 \text{ c/ } 10$

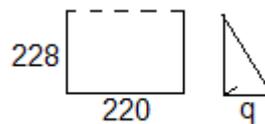
3 CÁLCULO E DIMENSIONAMENTO DOS PVS DO DECANTADOR

PV1 e PV2:



Como estamos com uma altura maior que 2m, utilizaremos espessura das paredes de 20 cm.

Paredes - e=20:



Empuxo do solo submerso:

- $q = 1,60 \times 1000 + 1,60 \times 0,43 \times 800 = 2150 \text{ kgf/m}$
 - bordo superior livre, demais bordos engastados
 - $m_{y+} = 0,001 \times 2150 \times 2,2^2 \times 10 = 105 \text{ kgfm}$
 - $m_{x+o} = 0,001 \times 2150 \times 2,2^2 \times 13 = 135 \text{ kgfm}$
 - $m_{x+b} = 0,001 \times 2150 \times 2,2^2 \times 10 = 105 \text{ kgfm}$
 - $m_{y-} = 0,001 \times 2150 \times 2,2^2 \times 35 = 365 \text{ kgfm}$
 - $m_{x-} = 0,001 \times 2150 \times 2,2^2 \times 30 = 312 \text{ kgfm}$
- } $\phi 6,3 \text{ c/ } 11$

Fundo - e=20:

- 2,20 x 1,70 - q = 1700 kgf/m²
 - my+ = 0,001 x 1700 x 1,5² x 34 = 130 kgfm
 - mx+ = 0,001 x 1700 x 1,5² x 17 = 65 kgfm
 - my- = 0,001 x 1700 x 1,5² x 74 = 284 kgfm
 - mx- = 0,001 x 1700 x 1,5² x 58 = 222 kgfm
- } φ 6,3 c/ 11

Armadura mínima para fissuras decorrentes da retração:

φ 6,3 mm

$$As > \frac{4.100.20.0,63.25.10^{-5}}{(2,1,5 - 0,75).0,1 - 45.0,63.25^{-5}} = 5,8 \frac{cm^2}{m}$$

5,8 / 2 = 2,9 cm²/m por face da parede (φ 6,3 c/ 11)

Verificação da armadura quanto à fissuração:

DADOS DE ENTRADA: <t		T E N S O E S		RESULTADOS:	
bw =	100	GRANDE EXCENTRICIDADE			
d =	15	Lin neutra =	3.37	cm	
d' =	5	Compressao =	-19.69	kg/cm ²	
h =	20	Tracao =	1018.49	kg/cm ²	
as =	2.86				
as' =	2.86				
M =	42				
N =					
Outro <S/N> []					

DADOS DE ENTRADA: <MPa>		F I S S U R A C A O		RESULTADOS: <mm>	
Tensao de Tracao	102	ý max. PERMITIDO =	42.44		
AS/area critica	.0047	Se o DIAMETRO ESCOLHIDO e menor que o ý max. PERMITIDO a FISSURACAO esta OK !...			
fck	30				
Abertura <1, 2 ou 3>	1				
Outro <S/N> []					

Verificação quanto à flutuação:

PV1:

PP da caixa = 7216 kgf

Empuxo da água = 1,4 x 1,9 x 1,9 x 1000 = 5054 kgf

$$\frac{7216}{1,1} > 5054$$

$$6560 > 5054$$

Ok

Não há necessidade de abas.

PV2:

$$PP \text{ da caixa} = 10782 \text{ kgf}$$

$$\text{Empuxo da água} = 2,4 \times 1,9 \times 1,9 \times 1000 = 8664 \text{ kgf}$$

$$\frac{10782}{1,1} > 8664$$

$$9802 > 8664$$

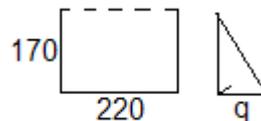
Ok

Não há necessidade de abas.

4 CÁLCULO E DIMENSIONAMENTO CÂMARA DE MANOBRAS

CÂMARA DE MANOBRAS:

Paredes - h=15



Empuxo do solo submerso:

- $q = 1,60 \times 1000 + 1,60 \times 0,43 \times 800 = 2150 \text{ kgf/m}$
 - bordo superior livre, demais bordos engastados
 - $m_{y+} = 0,001 \times 2150 \times 1,85^2 \times 13 = 95 \text{ kgfm}$
 - $m_{x+o} = 0,001 \times 2150 \times 1,85^2 \times 17 = 125 \text{ kgfm}$
 - $m_{x+b} = 0,001 \times 2150 \times 1,85^2 \times 19 = 140 \text{ kgfm}$
 - $m_{y-} = 0,001 \times 2150 \times 1,85^2 \times 57 = 419 \text{ kgfm}$
 - $m_{x-} = 0,001 \times 2150 \times 1,85^2 \times 42 = 310 \text{ kgfm}$
- } $\phi 6,3 \text{ c/ } 11$

Fundo - h=20:

- $2,20 \times 1,70 - q = 1700 \text{ kgf/m}^2$
 - $m_{y+} = 0,001 \times 1700 \times 1,7^2 \times 34 = 167 \text{ kgfm}$
 - $m_{x+} = 0,001 \times 1700 \times 1,7^2 \times 17 = 84 \text{ kgfm}\phi$
 - $m_{y-} = 0,001 \times 1700 \times 1,7^2 \times 74 = 363 \text{ kgfm}$
 - $m_{x-} = 0,001 \times 1700 \times 1,7^2 \times 58 = 285 \text{ kgfm}$
- } 6,3 c/ 11

Armadura mínima para fissuras decorrentes da retração:

ϕ 6,3 mm

$$A_s > \frac{4.100.20.0,63.25.10^{-5}}{(2.1,5 - 0,75).0,1 - 45.0,63.25^{-5}} = 5,8 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$5,8 / 2 = 2,9 \text{ cm}^2/\text{m}$ por face da parede (ϕ 6,3 c/ 11)

Verificação da armadura quanto à fissuração:

DADOS DE ENTRADA:		TENSÕES	
GRANDE EXCENTRICIDADE		RESULTADOS:	
bw =	100	Lin neutra =	3.37 cm
d =	15	Compressao =	-19.69 kg/cm ²
d' =	5	Tracao =	1018.49 kg/cm ²
h =	20		
as =	2.86		
as' =	2.86		
M =	42		
N =			
Outro <S/N> []			

DADOS DE ENTRADA:		FISSURACAO	
RESULTADOS: <mm>			
Tensao de Tracao	102	ý max. PERMITIDO =	42.44
AS/area critica	.0047	Se o DIAMETRO ESCOLHIDO e menor que o ý max. PERMITIDO a FISSURACAO esta OK !...	
fck	30		
Abertura <1, 2 ou 3>	1		
Outro <S/N> []			

Verificação quanto à flutuação:

PP da caixa = 9105 kgf

Empuxo da água = $7,98 \times 1000 = 7980 \text{ kgf}$

$$\frac{9105}{1,1} > 7980$$

8277 > 7980 - OK

Não há necessidade de abas.

5 CÁLCULO E DIMENSIONAMENTO REFORMA FLOCULADOR 2

Deverá ser realizada a revisão do projeto estrutural da reforma do floculador 2 (passarelas), em virtude da revisão da norma ABNT NBR 6118:07 - Projeto de Estrutura de Concreto Armado, no ano de 2014, requerer uma resistência característica à compressão do concreto mínima de 40MPa para a classe de agressividade que deverá ser adotada no projeto.

LISTA DE PEÇAS GRÁFICAS

ETA – VOLUME II - TOMO II		
Arquivo	Planta	Assunto
013-AG-AP-ETA-ES-001-R00.dwg	01/09	Floculador 3 – Formas
013-AG-AP-ETA-ES-002-R00.dwg	02/09	Floculador 3 – Armadura
013-AG-AP-ETA-ES-003-R00.dwg	03/09	Floculador 3 – Armadura
013-AG-AP-ETA-ES-004-R00.dwg	04/09	Canal de Alimentação – Formas e Armaduras
013-AG-AP-ETA-ES-005-R00.dwg	05/09	Canal de Alimentação – Armadura
013-AG-PE-ETA-ES-006-R00.dwg	06/09	Caixa de Manobras – Formas e Armaduras
013-AG-PE-ETA-ES-007a008-R00.dwg	07/09-08/09	PVS expurgo do Decantador 4
013-AG-PE-ETA-ES-009-R00.dwg	09/09	Blocos de ancoragem – Formas e Armadura