

MEMÓRIA DE CÁLCULO - SUBSISTEMA VII

DEMANDA HÍDRICA DO PROJETO

Os parâmetros adotados:

População Atual

382 hab

Consumo diário per-capita =

120 l/dia/hab.

Coeficiente de atendimento p/ dia de maior consumo - K_1 =

1,2

Coeficiente de atendimento p/ hora de maior consumo - K_2 =

1,5

Coeficiente de atendimento considerando as perdas - K_3 =

1,2

Horizonte de projeto

20

Taxa de crescimento - IBGE

3,45%

ANO	HABITANTES
2015	396
2016	410
2017	425
2018	440
2019	456
2020	472
2021	489
2022	506
2023	524
2024	543

ANO	HABITANTES
2025	562
2026	582
2027	603
2028	624
2029	646
2030	669
2031	693
2032	717
2033	742
2034	768

VAZÕES DE PROJETO

	Vazão (l/s)			
	Média	Máxima Diária	Máxima Horária	Adotada
Início de plano	0,53	0,64	0,96	1,152
Fim de plano	1,07	1,28	1,92	2,304

	Vazão (m³/h)			
	Média	Máxima Diária	Máxima Horária	Adotada
Início de plano	1,908	2,304	3,456	4,1472
Fim de plano	3,852	4,608	6,912	8,2944

RESERVAÇÃO

Vazão Máxima Horária	1,280 l/s
	4,608 m³/h

Volume diário de distribuição: 110,59 m³

Volume mínimo = $1 / ((k_2 - 1) / \pi) * 24 * k_1 * V =$ 17,66 m³

Volume de atendimento: **120 m³**

Reservatório Inferior: **80 m³**

Reservatório Superior: **40 m³**

TRECHO - RESERVATÓRIO APOIADO PARA ELEVADO

- ® para adução contínua: $D = 1,2 \cdot Q^{1/2}$ (fórmula de Bresse)
- ® para adução descontínua: $D = 1,3 \cdot (X/24)^{1/4} \cdot Q^{1/2}$, X menor que 24 horas (fórmula de Forchheimer)

Quantidade de bombeamentos no dia

4

Tempo de funcionamento da bomba (X):

1,0 horas

Q _{requerida}	40,00 m ³ /h	11,11 l/s
D _{calculado}	0,062 m	
D _{adotado}	0,075 m	75 mm

CÁLCULO DAS PERDAS DE CARGA

Cálculo da perdas de carga longitudinais (Hf) - Hazen Williams

Dado :

C= **130**

$$J = \frac{10,64}{D^{4,87}} \times \left(\frac{Q}{C} \right)^{1,852}$$

J = 0,0935649 m/m

PERDAS DE CARGAS POR ATRITO E ACIDENTAIS

Profundidade de colocação da bomba(PC)

3

Comprimento do barrilete(L)

3

L_{total} = PC+L

L_{total} = 6

m Hf = JxL

Hf = 0,56

m.c.ε Hfacid.=5%Hf

Hfacid.= 0,028

CÁLCULO DA VELOCIDADE (v)

$$V = 0,355 \times C \times D^{0,63} \times J^{0,54}$$

V= 2,51 m/s

DESNÍVEL GEOMÉTRICO (hg):

Hg = Cma-Cme

Cma = Maior cota do perfil =

303,50

Hg = **8,50**

m

Mc = Menor cota do perfil=

295,00

HgT= Hg+Hr= **8,50**

m

CÁLCULO DE PERDAS DE CARGA LOCALIZADAS

Recalque	75	mm
----------	----	----

0,075 m

Peças	k	D	V	(K*V)^2/2g
Ligação de pressão				1,096
Ampliação gradual	0,30	75	2,515	0,097
Curva de 90o.	0,40	75	2,515	0,129
Registro gaveta	0,20	75	2,515	0,064
Válvula retenção	2,50	75	2,515	0,806
Barrilete				0,484
Ampliação gradual	0,30	75	2,515	0,097
Registro de gaveta	0,20	75	2,515	0,064
Saída de canalização	1,00	75	2,515	0,322
Total - Hr(hlocalizada)				1,580

H sucção= 0,5 mca

ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL :

hf =	0,56
hg=	8,50
hlocalizada=	1,580
hacidental=	0,028
Hsução=	0,50

AMT = hf+hacid+hg+ND+hlocal+hfiltro+hreserv.

AMT = 11,17 m.c.a

POTÊNCIA EXIGIDA NO EIXO DA BOMBA

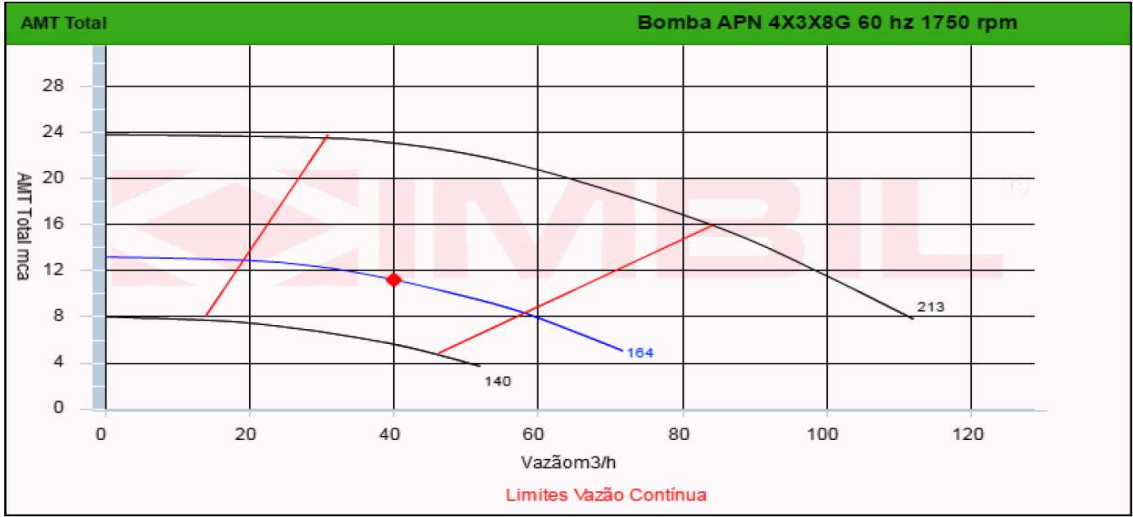
$$P = \frac{Q(l/s) \times AMT}{75 \times \eta}$$

Nº de bombas: 1

Rendimento estimado 0,747

Pot. bomba =	2,22 C.V.
Pot. motor =	2,88 C.V.

Potência comercial 3,00 C.V.



MEMÓRIA DE CÁLCULO - SUBSISTEMA VI

LAVAGEM DOS FILTROS

Vazão Nominal da ETA: **2,50 l/s**
216,00 m³/dia

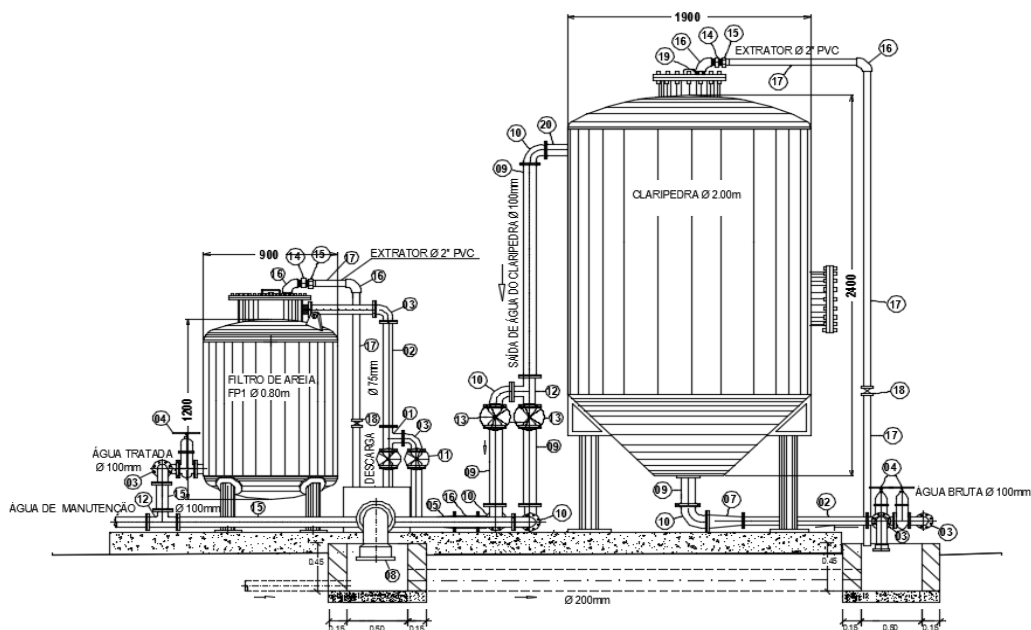
Filtro Ascendente

Nº de Filtros	1
Diâmetro do Filtro	1,5 m
Área de cada Filtro	1,77 m ²
Velocidade ascensional de lavagem	0,8 m/min
Duração da Lavagem	10 min
Vazão de lavagem	1,42 m ³ /min
Volume de lavagem	14,2 m ³
Volume total de lavagem	14,20 m³

Filtro Descendente

Nº de Filtros	1
Diâmetro do Filtro	1 m
Área de cada Filtro	0,79 m ²
Velocidade ascensional de lavagem	0,65 m/min
Duração da Lavagem	8 min
Vazão de lavagem	0,51 m ³ /min
Volume de lavagem	4,08 m ³
Volume total de lavagem	4,10 m³

Volume necessário para a lavagem dos filtros **18,30 m³**



Efluentes Gerados nos descartes do decantador

Dosagem do sulfato de alumínio: 40,00 mg/l (adotado)
Turbidez da água bruta 5,12 uT
Tempo e lavagem adotado: 10,00 m³/mim
Volume de água para lavagem de um filtro: 51,20 m³

$$T_s = 18,08 \text{ gSST/m}^3 \text{ água tratada}$$

Para volume diário de água tratada: 216,00 m³/dia

$$T_s \text{ diária} = 3905,28 \text{ gSST/m}^3$$

$$3,91 \text{ kgSST/dia}$$

SS retido nos filtros: 3,91 kgSST/dia

Estimativado volume de lodo descartado dos decantadores

Adota-se o valor de 5,00 kgSS/m³ para concentração dos lodos sedimentados

$$\text{Volume diário de lodo descartado: } 0,78 \text{ m}^3$$

DIMENSIONAMENTO DOS LEITOS DE SECAGEM

Volume de lodo desaguado por ciclo 7,81 m³/ciclo
Duração do ciclo de operação do leito de secagem => $T = T_s + T_L = 10,00$ dias

Altura do leito de secagem: 0,35 m
Área necessária ao leito de secagem: 22,32 m²

iv) Geometria das células de secagem

Nº de células adotados 1
Área por célula 22,32 m²
Largura 3,00 m
Comprimento 8,00 m

RECUPERAÇÃO DE ÁGUA DE LAVAGEM DOS FILTROS

TANQUE DE SEDIMENTAÇÃO

$$V_{asc} = 14,20 \text{ m}^3$$

$$V_{desc} = 4,10 \text{ m}^3$$

Descarga de fundo

$$VF_d = Q_d \times T_d \times N =$$

$$Q_d = \text{Vazão de descarga de fundo} = 80 \text{ l/s}$$

$$T_d = \text{tempo da descarga} = 30 \text{ s}$$

$$N = \text{número de descargas de fundo} = 4$$

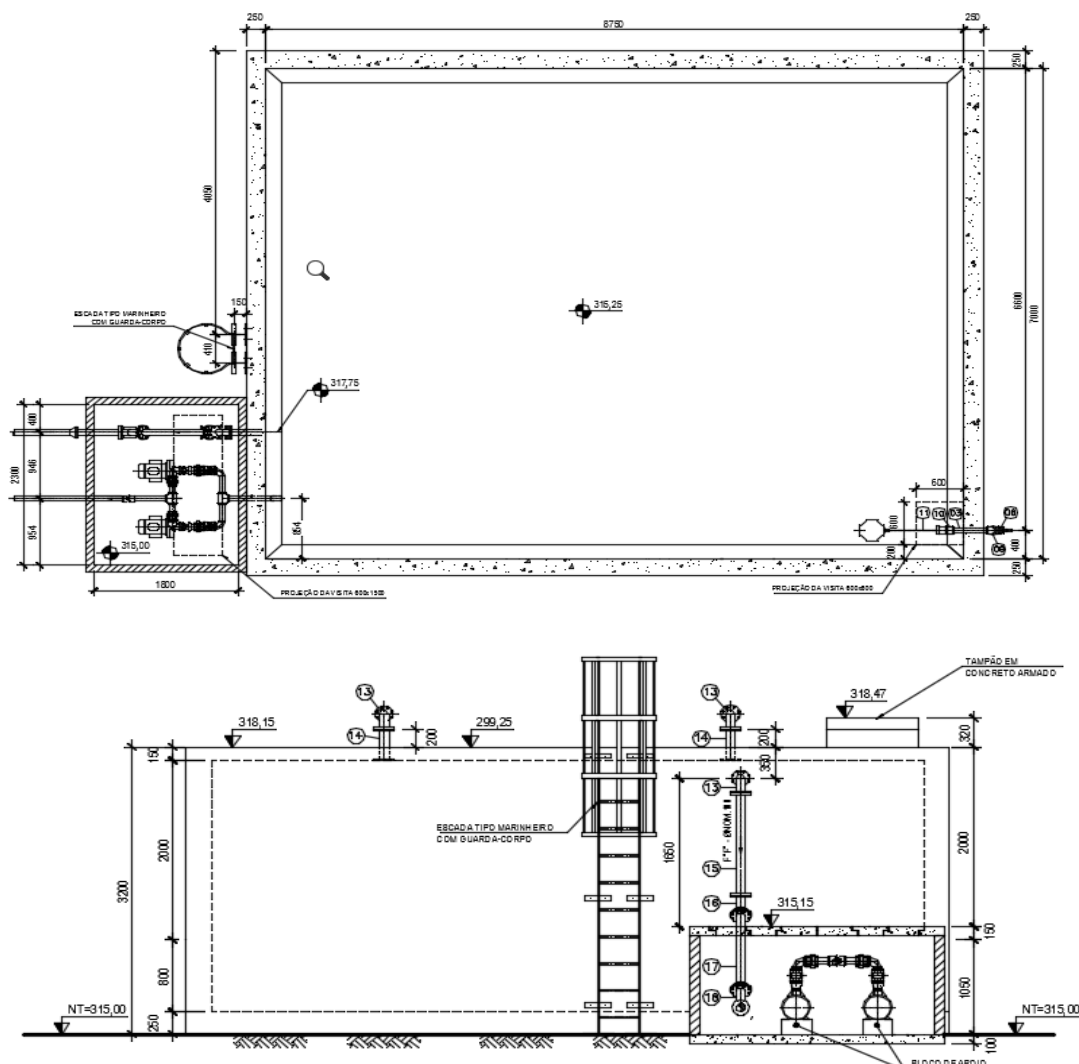
$$VF_d = 9,6 \text{ m}^3$$

$$V_{sed} = V_{asc} + V_{desc} + V_{Fd} = 27,90 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume adotado para a lavagem dos filtros} = 40,00 \text{ m}^3$$

Dimensões

Altura: 1,51 m
Comprimento: 5,15 m
Largura: 5,15 m



CÁLCULO DO BOMBEAMENTO DA ÁGUA DA RETROLAVAGEM

- para adução contínua: $D = 1,2 \cdot Q^{1/2}$ (fórmula de Bresse)
- para adução descontinua: $D = 1,3 \cdot (X/24)^{1/4} \cdot Q^{1/2}$, X menor que 24 horas (fórmula de Forchheimer)

Tempo de funcionamento da bomba (X): **2,0 horas**

Q _{requerida}	19,60 m ³ /h	5,44 l/s
D _{calculado}	0,052 m	
D _{adotado}	0,075 m	

CÁLCULO DAS PERDAS DE CARGA

Cálculo da perdas de carga longitudinais (Hf) - Hazen Williams

Dado :

C= **130**

$$J = \frac{10,64}{D^{4,87}} \times \left(\frac{Q}{C} \right)^{1,852}$$

$$J = 0,0249664$$

CÁLCULO DA VELOCIDADE (v)

$$V = 0,355 \times C_x D^{0,63} \times J^{0,54} \quad V = 1,23 \quad \text{m/s}$$

DESNÍVEL GEOMÉTRICO (hg):

$$\begin{aligned} L &= 20,00 \quad \text{m} \\ H_g &= C_{ma} - C_{me} \quad C_{men} = 308,00 \\ H_g &= 15,00 \quad \text{m} \quad C_{maior} = 293,00 \\ H_{gT} &= H_g + H_r = 15,50 \quad \text{m} \end{aligned}$$

CÁLCULO DE PERDAS DE CARGA LOCALIZADAS

Recalque	75	mm	0,075
----------	----	----	-------

Peças	k	D	V	$(K \cdot V)^2 / 2g$
Ligação de pressão	0,70	75	1,232	0,054
Ampliação gradual	0,30	75	1,232	0,023
Curva de 90o.	0,40	75	1,232	0,031
Registro gaveta	0,20	75	1,232	0,015
Válvula retenção	2,50	75	1,232	0,194
Barrilete				
Ampliação gradual	0,30	75	1,232	0,023
Registro de gaveta	0,20	75	1,232	0,015
Saída de canalização	1,00	75	1,232	0,077
Total - Hr(hlocalizada)				0,433

$$H_{\text{sucção}} = 0,5 \quad \text{mca}$$

ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL :

$$\begin{aligned} h_f &= 0,50 \\ h_g &= 15,00 \\ h_{\text{localizada}} &= 0,433 \\ H_{\text{sucção}} &= 0,20 \\ \text{AMT} &= h_f + h_{\text{acid}} + h_g + ND + h_{\text{local}} + h_{\text{filtro}} + h_{\text{reserv.}} \\ \text{AMT} &= 16,13 \quad \text{m.c.a} \end{aligned}$$

POTÊNCIA EXIGIDA NO EIXO DA BOMBA

$$P = \frac{Q(l/s) \times \text{AMT}}{75 \times \eta}$$

$$\begin{aligned} \text{Nº de bombas:} & \quad 1 \\ \text{Rendimento estimado} & \quad 0,6236 \end{aligned}$$

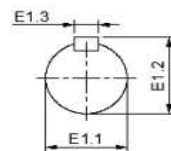
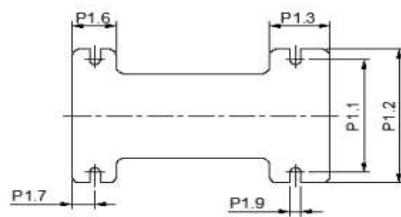
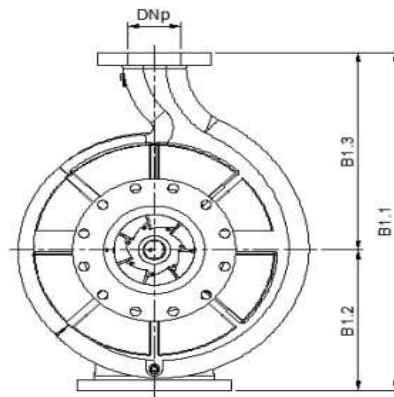
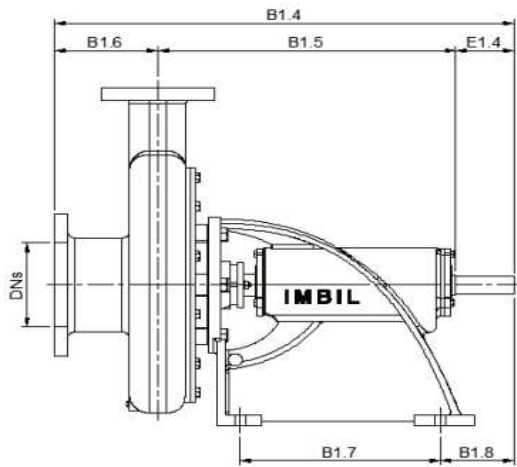
Pot. bomba =	1,88 C.V.
Pot. motor =	2,82 C.V.
Potência comercial	3,00 C.V.

AMT Total

Bomba ITAP 65330/2 60 hz 1150 rpm



Limites Vazão Contínua



MEMÓRIA DE CÁLCULO - SUBSISTEMA XI

DEMANDA HÍDRICA DO PROJETO

Os parâmetros adotados:

População Atual	719 hab
Consumo diário per-capita =	120
Coeficiente de atendimento p/ dia de maior consumo - K_1 =	1,2
Coeficiente de atendimento p/ hora de maior consumo - K_2 =	1,5
Coeficiente de atendimento considerando as perdas - K_3 =	1,2
Horizonte de projeto	20
Taxa de crescimento - IBGE	3,45%

ANO	HABITANTES
2015	744
2016	770
2017	797
2018	825
2019	854
2020	884
2021	915
2022	947
2023	980
2024	1014

ANO	HABITANTES
2025	1049
2026	1086
2027	1124
2028	1163
2029	1204
2030	1246
2031	1289
2032	1334
2033	1381
2034	1429

VAZÕES DE PROJETO

	Vazão (l/s)		
	Média	Máxima Diária	Máxima Horária
Início de plano	1	1,200	1,800
Fim de plano	1,98	2,380	3,570

	Vazão (m³/h)		
	Média	Máxima Diária	Máxima Horária
Início de plano	3,6	4,32	6,48
Fim de plano	7,128	8,568	12,852

RESERVAÇÃO

Vazão Máxima Horária	2,380 l/s
	8,568 m³/h

Volume diário de distribuição:	205,63 m³
Volume mínimo = $1/\cdot ((k_2-1)/\pi) \cdot 24 \cdot k_1 \cdot V =$	32,67 m³
Volume de atendimento:	190 m³
Reservatório Inferior:	150 m³
Reservatório Superior:	40 m³

TRECHO - RESERVATÓRIO APOIADO PARA ELEVADO

® para adução contínua: $D = 1,2 \cdot Q^{1/2}$ (fórmula de Bresse)

® para adução descontínua: $D = 1,3 \cdot (X/24)^{1/4} \cdot Q^{1/2}$, X menor que 24 horas (fórmula de Bresse)

Quantidade de bombeamentos no dia

Tempo de funcionamento da bomba (X): **2,0 horas**

Q _{requerida}	20,00 m³/h	5,56 l/s
D _{calculado}	0,052 m	
D _{adotado}	0,075 m	75 mm

CÁLCULO DAS PERDAS DE CARGA

Cálculo da perdas de carga longitudinais (Hf) - Hazen Williams

Dado :

C= **130**

$$J = \frac{10,64}{D^{4,87}} \times \left(\frac{Q}{C} \right)^{1,852}$$

J = 0,0259182

PERDAS DE CARGAS POR ATRITO E ACIDENTAIS

Profundidade de colocação da bomba(PC)

3

Comprimento do barrilete(L)

3

L_{total} =

L_{total} = 6

m Hf = JxL

Hf = 0,16 m.c.ε Hfacid.=5%Hf Hfacid.=

CÁLCULO DA VELOCIDADE (v)

$$V = 0,355 \times C \times D^{0,63} \times J^{0,54}$$

V= 1,26 m/s

DESNÍVEL GEOMÉTRICO (hg):

Hg = Cma-Cme
 Hg = 9,00 m
 HgT= Hg+Hr= 9,00 m
 Cma = Maior cota do perfil =
 Mc = Menor cota do perfil=

CÁLCULO DE PERDAS DE CARGA LOCALIZADAS

Recalque	75	mm
----------	----	----

0,075 m

Peças	k	D	V	(K*V)^2/2g
Ligação de pressão				0,274
Ampliação gradual	0,30	75	1,258	0,024
Curva de 90o.	0,40	75	1,258	0,032
Registro gaveta	0,20	75	1,258	0,016
Válvula retenção	2,50	75	1,258	0,201
Barrilete				0,121
Ampliação gradual	0,30	75	1,258	0,024
Registro de gaveta	0,20	75	1,258	0,016
Saída de canalização	1,00	75	1,258	0,081
Total - Hr(hlocalizada)				0,395

H sucção= 0,5 mca

ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL :

hf = 0,16
 hg= 9,00
 hlocalizada= 0,395
 hacidental= 0,008
 Hsucção= 0,50

AMT = hf+hacid+hg+ND+hlocal+hfiltro+hreserv.

AMT = 10,06 m.c.a

POTÊNCIA EXIGIDA NO EIXO DA BOMBA

$$P = \frac{Q(l/s) \times AMT}{75 \times \eta}$$

Nº de bombas:

1

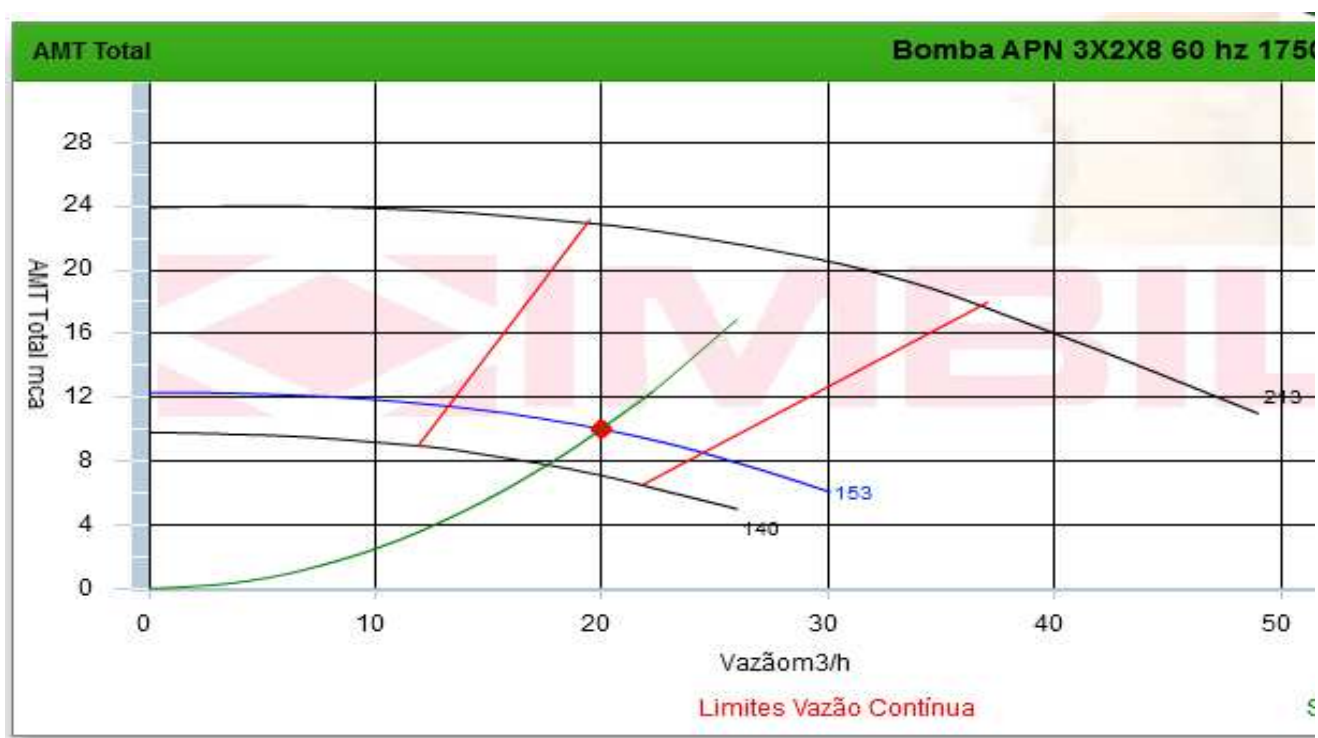
Rendimento estimado

0,445

Pot. bomba = 1,67 C.V.

Pot. motor = 2,51 C.V.

Potência comercial 3,00 C.V.





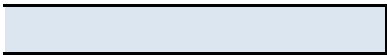
l/dia/hab.

Adotada
2,160
4,284

Adotada
7,776
15,4224

78,95%

21,05%



de Forchheimer)

3

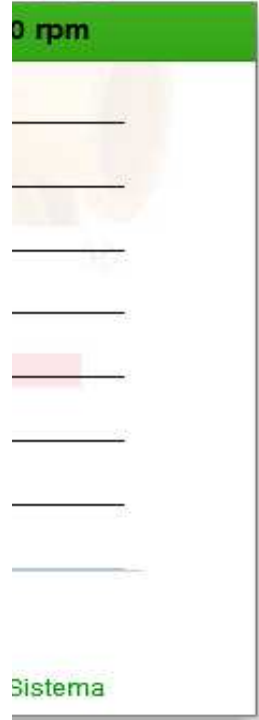
m/m

PC+L

0,008

311,00

302,00



MEMÓRIA DE CÁLCULO - SUBSISTEMA XI

DEMANDA HÍDRICA DO PROJETO

Os parâmetros adotados:

População Atual

719 hab

Consumo diário per-capita =

120 l/dia/hab.

Coeficiente de atendimento p/ dia de maior consumo - K_1 =

1,2

Coeficiente de atendimento p/ hora de maior consumo - K_2 =

1,5

Coeficiente de atendimento considerando as perdas - K_3 =

1,2

Horizonte de projeto

20

Taxa de crescimento - IBGE

3,45%

ANO	HABITANTES
2015	744
2016	770
2017	797
2018	825
2019	854
2020	884
2021	915
2022	947
2023	980
2024	1014

ANO	HABITANTES
2025	1049
2026	1086
2027	1124
2028	1163
2029	1204
2030	1246
2031	1289
2032	1334
2033	1381
2034	1429

VAZÕES DE PROJETO

	Vazão (l/s)			
	Média	Máxima Diária	Máxima Horária	Adotada
Início de plano	1	1,200	1,800	2,160
Fim de plano	1,98	2,380	3,570	4,284

	Vazão (m³/h)			
	Média	Máxima Diária	Máxima Horária	Adotada
Início de plano	3,6	4,32	6,48	7,776
Fim de plano	7,128	8,568	12,852	15,4224

RESERVAÇÃO

Vazão Máxima Horária	2,380 l/s
	8,568 m³/h

Volume diário de distribuição:

205,63 m³

Volume mínimo = $1 / ((k_2 - 1) / \pi) * 24 * k_1 * V =$

32,67 m³

Volume de atendimento:

140 m³

Reservatório Inferior:

100 m³

71,43%

Reservatório Superior:

40 m³

28,57%

TRECHO - RESERVATÓRIO APOIADO PARA ELEVADO

® para adução contínua: $D = 1,2 \cdot Q^{1/2}$ (fórmula de Bresse)

® para adução descontínua: $D = 1,3 \cdot (X/24)^{1/4} \cdot Q^{1/2}$, X menor que 24 horas (fórmula de Forchheimer)

Quantidade de bombeamentos no dia

3

Tempo de funcionamento da bomba (X):

2,0 horas

Q requerida	20,00 m³/h	5,56 l/s
D calculado	0,052 m	
D adotado	0,075 m	75 mm

CÁLCULO DAS PERDAS DE CARGA

Cálculo da perdas de carga longitudinais (Hf) - Hazen Williams

Dado :

C= **130**

$$J = \frac{10,64}{D^{4,87}} \times \left(\frac{Q}{C} \right)^{1,852}$$

J = 0,0259182 m/m

PERDAS DE CARGAS POR ATRITO E ACIDENTAIS

Profundidade de colocação da bomba(PC)

3

Comprimento do barrilete(L)

3

Ltotal = PC+L

Ltotal = 6

m Hf = JxL

Hf = 0,16

m.c.± Hfacid.=5%Hf

Hfacid.= 0,008

CÁLCULO DA VELOCIDADE (v)

$$V = 0,355 \times C \times D^{0,63} \times J^{0,54}$$

V= 1,26 m/s

DESNÍVEL GEOMÉTRICO (hg):

Hg = Cma-Cme

Cma = Maior cota do perfil =

311,00

Hg = **9,00**

m

Mc = Menor cota do perfil=

302,00

HgT= Hg+Hr= **9,00**

m

CÁLCULO DE PERDAS DE CARGA LOCALIZADAS

Recalque **75** mm

0,075 m

Peças	k	D	V	$(K \cdot V)^2 / 2g$
Ligação de pressão				0,274
Ampliação gradual	0,30	75	1,258	0,024
Curva de 90o.	0,40	75	1,258	0,032
Registro gaveta	0,20	75	1,258	0,016
Válvula retenção	2,50	75	1,258	0,201
Barrilete				0,121
Ampliação gradual	0,30	75	1,258	0,024
Registro de gaveta	0,20	75	1,258	0,016
Saída de canalização	1,00	75	1,258	0,081
Total - Hr(hlocalizada)				0,395
H sucção= 0,5 mca				

ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL :

hf =	0,16
hg=	9,00
hlocalizada=	0,395
hacidental=	0,008
Hsucção=	0,50

$$AMT = hf + hacid + hg + ND + hlocal + hfiltro + hreserv.$$

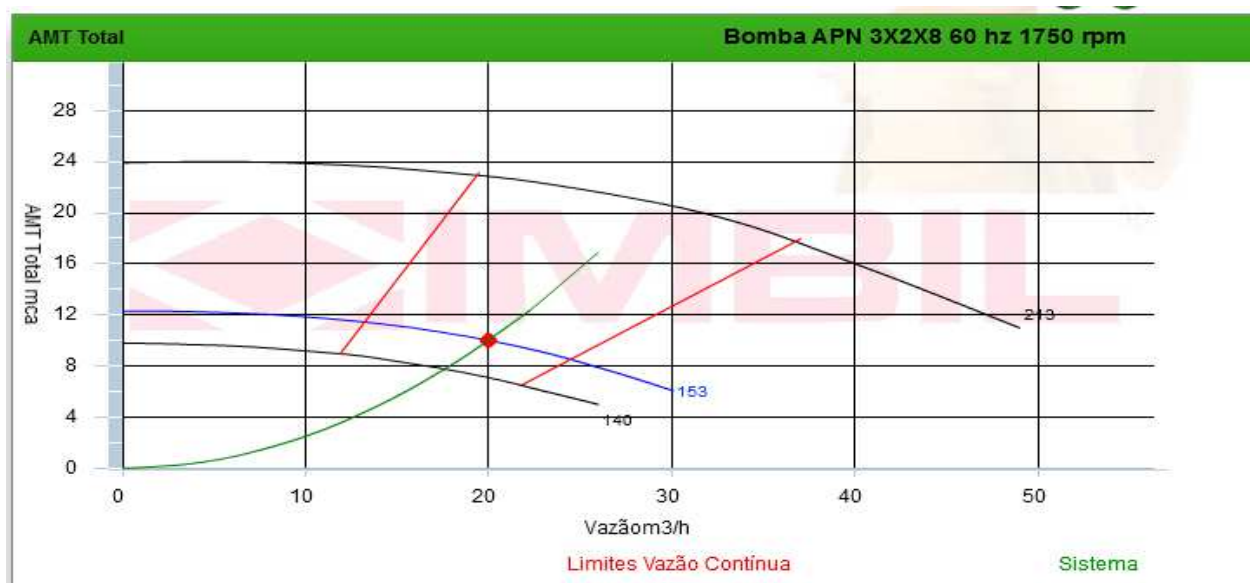
$$AMT = 10,06 \quad m.c.a$$

POTÊNCIA EXIGIDA NO EIXO DA BOMBA

$$P = \frac{Q(l/s) \times AMT}{75 \times \eta}$$

Nº de bombas: 1
 Rendimento estimado 0,445

Pot. bomba =	1,67 C.V.
Pot. motor =	2,51 C.V.
Potência comercial	3,00 C.V.



MEMÓRIA DE CÁLCULO - SUBSISTEMA XI

LAVAGEM DOS FILTROS

Vazão Nominal da ETA: **2,50 l/s**
216,00 m³/dia

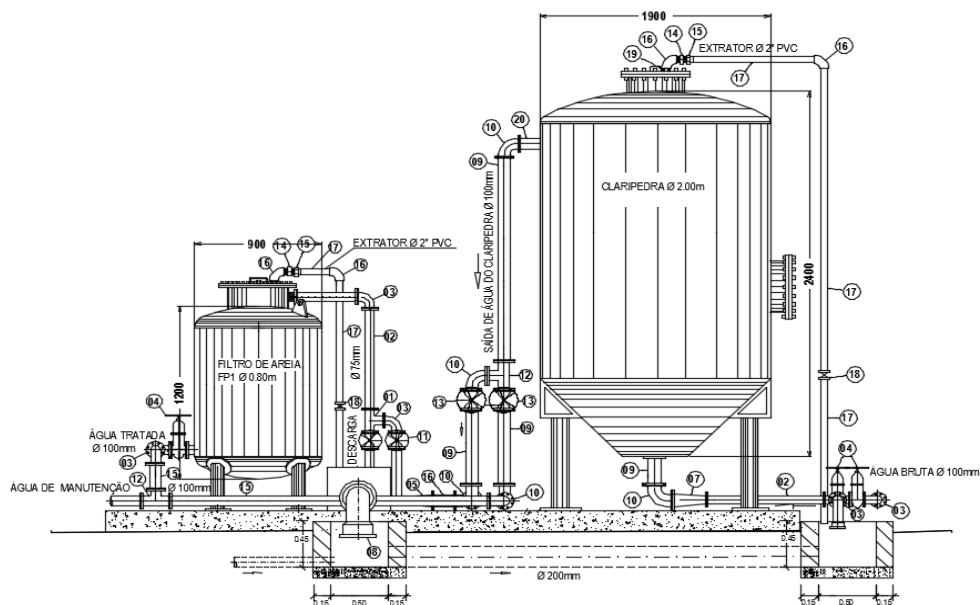
Filtro Ascendente

Nº de Filtros	1
Diâmetro do Filtro	1,5 m
Área de cada Filtro	1,77 m²
Velocidade ascensional de lavagem	0,8 m/min
Duração da Lavagem	10 min
Vazão de lavagem	1,42 m³/min
Volume de lavagem	14,2 m³
Volume total de lavagem	14,20 m³

Filtro Descendente

Nº de Filtros	1
Diâmetro do Filtro	1 m
Área de cada Filtro	0,79 m²
Velocidade ascensional de lavagem	0,65 m/min
Duração da Lavagem	8 min
Vazão de lavagem	0,51 m³/min
Volume de lavagem	4,08 m³
Volume total de lavagem	4,10 m³

Volume necessário para a lavagem dos filtros **18,30 m³**



Efluentes Gerados nos descartes do decantador

Dosagem do sulfato de alumínio: 40,00 mg/l (adotado)
Turbidez da água bruta 5,12 uT
Tempo e lavagem adotado: **10,00 m³/min**
Volume de água para lavagem de um filtro: 51,20 m³

$T_s = 18,08 \text{ gSST/m}^3$ água tratada

Para volume diário de água tratada: $216,00 \text{ m}^3/\text{dia}$

T_s diária= $3905,28 \text{ gSST/m}^3$

$3,91 \text{ kgSST/dia}$

SS retido nos filtros: $3,91 \text{ kgSST/dia}$

Estimativado volume de lodo descartado dos decantadores

Adota-se o valor de $5,00 \text{ kgSS/m}^3$ para concentração dos lodos sedimentados

Volume diário de lodo descartado: $0,78 \text{ m}^3$

DIMENSIONAMENTO DOS LEITOS DE SECAGEM

Volume de lodo desaguado por ciclo $7,81 \text{ m}^3/\text{ciclo}$

Duração do ciclo de operação do leito de secagem $\Rightarrow T = T_s + T_L = 10,00$ dias

Altura do leito de secagem: $0,35 \text{ m}$

Área necessária ao leito de secagem: $22,32 \text{ m}^2$

iv) Geometria das células de secagem

Nº de células adotados 2

Área por célula $11,16 \text{ m}^2$

Largura $3,00 \text{ m}$

Comprimento $4,00 \text{ m}$

RECUPERAÇÃO DE ÁGUA DE LAVAGEM DOS FILTROS

TANQUE DE SEDIMENTAÇÃO

$V_{asc} = 14,20 \text{ m}^3$

$V_{desc} = 4,10 \text{ m}^3$

Descarga de fundo

$VF_d = Q_d \times T_d \times N =$

$Q_d =$ Vazão de descarga de fundo = 80 l/s

$T_d =$ tempo da descarga = 30 s

$N =$ número de descargas de fundo 4

$VF_d = 9,6 \text{ m}^3$

$V_{sed} = V_{asc} + V_{desc} + V_{Fd} = 27,90 \text{ m}^3$

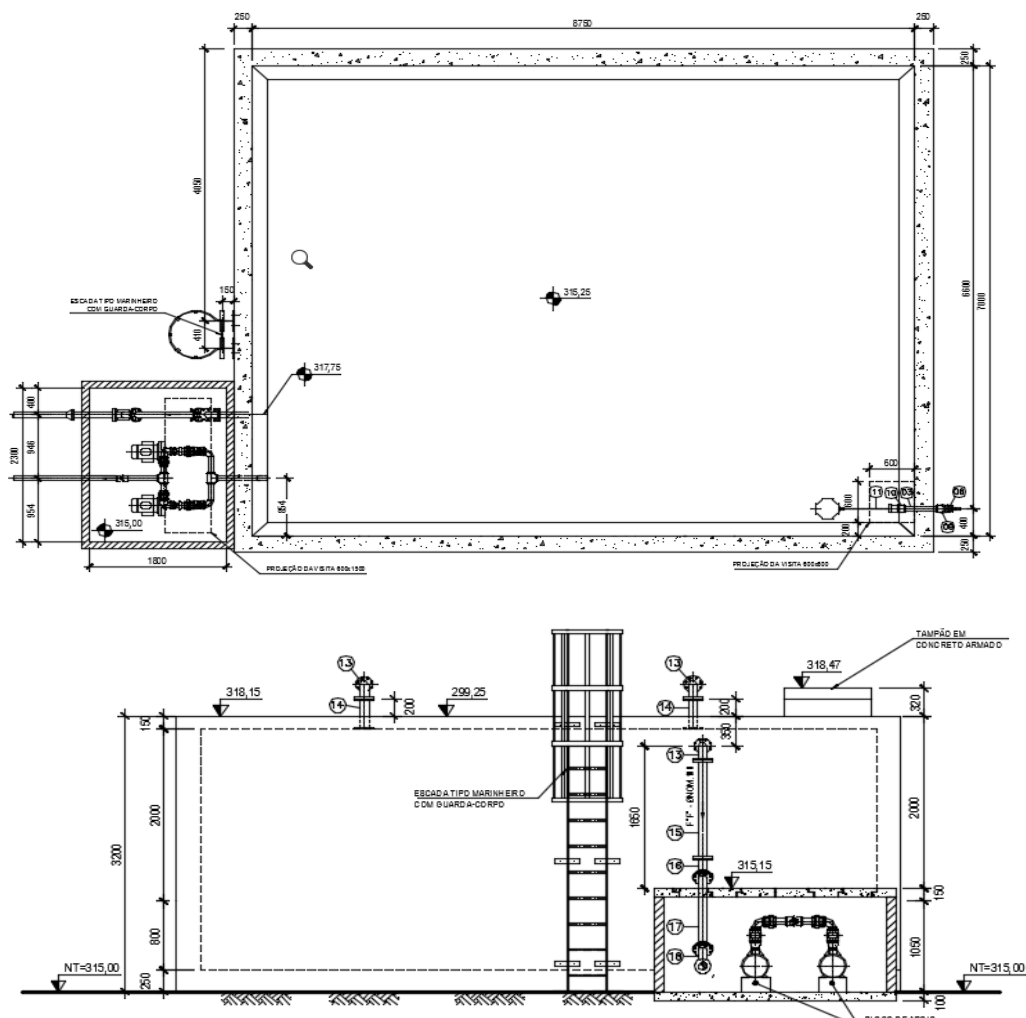
Volume adotado para a lavagem dos filtros $40,00 \text{ m}^3$

Dimensões

Altura: **$1,51 \text{ m}$**

Comprimento **$5,15 \text{ m}$**

Largura: **$5,15 \text{ m}$**



CÁLCULO DO BOMBEAMENTO DA ÁGUA DA RETROLAVAGEM

- ® para adução contínua: $D = 1,2 \cdot Q^{1/2}$ (fórmula de Bresse)
- ® para adução descontinua: $D = 1,3 \cdot (X/24)^{1/4} \cdot Q^{1/2}$, X menor que 24 horas (fórmula de Forchheimer)

Tempo de funcionamento da bomba (X): **2,0 horas**

Q requerida 19,60 m³/h 5,44 l/s
D calculado 0,052 m
D adotado **0,075 m**

CÁLCULO DAS PERDAS DE CARGA

Cálculo da perdas de carga longitudinais (Hf) - Hazen Williams

Dado :

C= **130**

$$J = \frac{10,64}{D^{4,87}} \times \left(\frac{Q}{C} \right)^{1,852} \quad J = 0,0249664$$

CÁLCULO DA VELOCIDADE (v)

$$V = 0,355 \times C \times D^{0,63} \times J^{0,54} \quad V = 1,23 \quad \text{m/s}$$

DESNÍVEL GEOMÉTRICO (hg):

L =	14,00	m		
Hg =	Cma-Cme		C _{men} =	311,00
Hg =	9,00	m	C _{maior} =	302,00
HgT= Hg+Hr=	9,35	m		

CÁLCULO DE PERDAS DE CARGA LOCALIZADAS

Recalque	75	mm	0,075 m
----------	----	----	---------

Peças	k	D	V	(K*V) ² /2g
Ligação de pressão	0,70	75	1,232	0,054
Ampliação gradual	0,30	75	1,232	0,023
Curva de 90o.	0,40	75	1,232	0,031
Registro gaveta	0,20	75	1,232	0,015
Válvula retenção	2,50	75	1,232	0,194
Barrilete				
Ampliação gradual	0,30	75	1,232	0,023
Registro de gaveta	0,20	75	1,232	0,015
Saída de canalização	1,00	75	1,232	0,077
Total - Hr(hlocalizada)				0,433

H sucção= 0,5 mca

ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL :

hf =	0,35
hg=	9,00
hlocalizada=	0,433
Hsução=	0,20
AMT = hf+hacid+hg+ND+hlocal+hfiltro+hreserv.	
AMT =	9,98 m.c.a

POTÊNCIA EXIGIDA NO EIXO DA BOMBA

$$P = \frac{Q(l/s) \times AMT}{75 \times \eta}$$

Nº de bombas: 1
Rendimento estimado 0,4992

Pot. bomba =	1,45 C.V.
Pot. motor =	2,18 C.V.
Potência comercial	3,00 C.V.



CÁLCULO DO RISCO DE DESCARGA ATMOSFÉRICA

DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO

CAPTAÇÃO ÁGUA BRUTA

MUNICÍPIO

DELMIRO GOUVEIA /AL

DENSIDADE RAIOS NA REGIÃO

Ng= 5,31 km²/ano <http://www.inpe.br/webelat/homepage/>

ESTRUTURA

COMPRIMENTO L(m) L= 7,3 m

LARGURA W(m) W= 5,3 m

ALTURA H(m) Hi= 3,6 m

CHAMINÉ / TORRE (m) T= 0 m

ÁREA DE CAPITAÇÃO DA ESTRUTURA AD 677,10 m²

NÚMERO DE EVENTOS PERIGOSOS PARA ESTRUTURA ND 3,60E-03

NÚMERO MÉDIO ANUAL DE EVENTOS PERIGOSOS NA LINHA NL 1,06E-03

FATOR DE LOCALIZAÇÃO DA ESTRUTURA (Cd)

LOCALIZAÇÃO RELATIVA	CD	Estrutura isolada: nenhum outro objeto nas vizinhanças
----------------------	----	--

FATOR DE INSTALAÇÃO DA LINHA (Ci)

ROTEAMENTO	CI	Enterrado
------------	----	-----------

FATOR DE INSTALAÇÃO DA LINHA (CT)

INSTALAÇÃO	CT	Linha de energia ou sinal
------------	----	---------------------------

FATOR DE AMBIENTAL DA LINHA (CE)

AMBIENTE	CE	Rural
----------	----	-------

COMPRIMENTO DA LINHA (Ll)

COMPRIMENTO DA LINHA	m	10
----------------------	---	----

PERDA DE VIDAS HUMANAS (L1)**TIPOS DE PERDAS**

FERIMENTOS	D1	Lt	Todos os Tipos
DANOS FÍSICOS	D2	Lf	Outros
FALHA SISTEMA INTERNO	D3	Lo	Nenhuma Opção

FATOR DE REDUÇÃO SUPERFÍCIE DO SOLO OU PISO (ft)

TIPO DE SUPERFÍCIE	rt	Agricultura, concreto
--------------------	----	-----------------------

FATOR DE REDUÇÃO PROVIDÊNCIAS PARA CONSEQUÊNCIAS DE INCENDIO (fp)

PROVIDÊNCIAS	rp	Nenhuma providência
--------------	----	---------------------

FATOR DE REDUÇÃO RISCO DE INCÊNDIO OU EXPLOSÃO NA ESTRUTURA (fí)

RISCO		
Incêndio	rf	Baixo

FATOR DE AUMENTO DE RISCO DEVIDO PERIGO ESPECIAL (Hz)

TIPO DE PERIGO ESPECIAL	hz	Sem perigo especial
-------------------------	----	---------------------

USUÁRIOS (N_z E N_t)		
NÚMERO DE USUÁRIOS SERVIDOS PELA ZONA	n_z	5
NÚMERO DE USUÁRIOS SERVIDOS PELA ESTRUTURA	n_t	5
TEMPO DE PERMANÊNCIA DE USUÁRIOS ESTRUTURA	t_z	8760

PROBABILIDADE DE DESCARGA ATMOSFÉRICA CAUSAR DANO (P_B)		
SPDA	P_B	PROTEÇÃO NÍVEL II

PROBABILIDADE DE UMA DESCARGA ATMOSFÉRICA CAUSAR CHOQUE A SERES VIVOS (P_{TA})		
MEDIDA DE PROTEÇÃO ADICIONAL	P_{TA}	Nenhuma medida de proteção

PROBABILIDADE DE UMA DESCARGA ATMOSFÉRICA EM UM LINHA CAUSAR CHOQUE A SERES VIVOS (P_{TU})		
MEDIDA DE PROTEÇÃO	P_{TU}	Nenhuma medida de proteção

PROBABILIDADE EM FUNÇÃO DO NÍVEL DE PROTEÇÃO DO DPS (P_{EB})		
NÍVEL DE PROTEÇÃO	P_{EB}	II

PROBABILIDADE DEPENDENDO DA RESISTENCIA R_s DA BLINDAGEM DO CABO E NBI DO EQUIPAMENTO (P_{LD})			
TIPO DE LINHA	CONDIÇÕES DO ROTEAMENTO, BLINDAGEM E INTERLIGAÇÃO	P_{LD}	Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento

FATORES DEPENDENDO DAS CONDIÇÕES DE BLINDAGEM, ATERRAMENTO E ISOLAMENTO (C_{LD})		
TIPO DE LINHA EXTERNA		CONEXÃO NA ENTRADA
Linha enterrada não blindada	C_{LD}	Indefinida

PERDA DE SERVIÇOS PÚBLICOS (L2)

TIPOS DE PERDAS			
DANOS FÍSICOS	D2	L_f	Gás, água, energia
FALHA SISTEMA INTERNO	D3	L_o	Gás, água, energia

FATORES DEPENDENDO DAS CONDIÇÕES DE BLINDAGEM, ATERRAMENTO E ISOLAMENTO (C_{LI})		
TIPO DE LINHA EXTERNA		CONEXÃO NA ENTRADA
Linha enterrada não blindada	C_{LI}	Indefinida

PROBABILIDADE DESCARGA ATMOSFÉRICA PERTO DA ESTRUTURA CAUSAR FALHA SISTEMA (P_M)	
EFICIÊNCIA DA BLINDAGEM POR MALHA DA ESTRUTURA, SPDA OUTRA BLINDAGEM NA INTERFACE ZPR 0/1	1
EFICIÊNCIA DA BLINDAGEM POR MALHA DE BLINDAGEM INTERNA A ESTRUTURA ZPR X/Y ($X > 0$, $Y > 1$)	1
CONSIDERANDO AS CARACTERÍSTICAS DA FIAÇÃO INTERNA	Cabo não Blindado - Sem Preocupação no Roteamento no Sentido de Evitar Laços
TENSÃO SUPORTÁVEL NOMINAL DE IMPULSO DO SISTEMA A SER PROTEGIDO (kV)	4

PROBABILIDADE DEPENDENDO DO TIPO DE LINHA E DA TENSÃO SUPORTÁVEL (NBI) DO EQUIPAMENTO (P_{LI})			
TIPO DE LINHA	LINHAS DE ENERGIA	NBI EQUIPAMENTOS	4

RESULTADO DA ANÁLISE DE RISCO

RISCO PERDA HUMANA	R1=	RISCO TOLERÁVEL
RISCO PERDA SERVIÇO PÚBLICO	R2=	RISCO NÃO TOLERÁVEL
RISCO PERDA PATRIMÔNIO CULTURAL	R3=	NÃO APLICÁVEL

Notas:

CÁLCULO DO RISCO DE DESCARGA ATMOSFÉRICA

DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO

CASA DE QUÍMICA - ETA

MUNICÍPIO

DELMIRO GOUVEIA /AL

DENSIDADE RAIOS NA REGIÃO

Ng= 1,13 km²/ano <http://www.inpe.br/webelat/homepage/>

ESTRUTURA

COMPRIMENTO L(m) L= 5 m

LARGURA W(m) W= 7 m

ALTURA H(m) Hi= 3,6 m

CHAMINÉ / TORRE (m) T= 0 m

ÁREA DE CAPITAÇÃO DA ESTRUTURA AD 660,45 m²

NÚMERO DE EVENTOS PERIGOSOS PARA ESTRUTURA ND 3,73E-04

NÚMERO MÉDIO ANUAL DE EVENTOS PERIGOSOS NA LINHA NL 1,13E-03

FATOR DE LOCALIZAÇÃO DA ESTRUTURA (Cb)

LOCALIZAÇÃO RELATIVA	CD	Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos
----------------------	----	--

FATOR DE INSTALAÇÃO DA LINHA (Ci)

ROTEAMENTO	CI	Enterrado
------------	----	-----------

FATOR DE INSTALAÇÃO DA LINHA (CT)

INSTALAÇÃO	CT	Linha de energia ou sinal
------------	----	---------------------------

FATOR DE AMBIENTAL DA LINHA (CE)

AMBIENTE	CE	Rural
----------	----	-------

COMPRIMENTO DA LINHA (Ll)

COMPRIMENTO DA LINHA	m	50
----------------------	---	----

PERDA DE VIDAS HUMANAS (L1)

TIPOS DE PERDAS

FERIMENTOS	D1	Lr	Todos os Tipos
DANOS FÍSICOS	D2	Lf	Risco de Explosão
FALHA SISTEMA INTERNO	D3	Lo	Risco de Explosão

FATOR DE REDUÇÃO SUPERFÍCIE DO SOLO OU PISO (ft)

TIPO DE SUPERFÍCIE	rt	Marmore, cerâmica
--------------------	----	-------------------

FATOR DE REDUÇÃO PROVIDÊNCIAS PARA CONSEQUÊNCIAS DE INCENDIO (rp)

PROVIDÊNCIAS	rp	Nenhuma providência
--------------	----	---------------------

FATOR DE REDUÇÃO RISCO DE INCÊNDIO OU EXPLOSÃO NA ESTRUTURA (rf)

RISCO		
Incêndio	rf	Normal

FATOR DE AUMENTO DE RISCO DEVIDO PERIGO ESPECIAL (hz)

TIPO DE PERIGO ESPECIAL	hz	Baixo nível de pânico, <= 2 andares e <= 100 pessoas
-------------------------	----	--

USUÁRIOS (Nz E Nt)		
NÚMERO DE USUÁRIOS SERVIDOS PELA ZONA	nz	4
NÚMERO DE USUÁRIOS SERVIDOS PELA ESTRUTURA	nt	4
TEMPO DE PERMANÊNCIA DE USUÁRIOS ESTRUTURA	tz	8760

PROBABILIDADE DE DESCARGA ATMOSFÉRICA CAUSAR DANO (P _B)		
SPDA	P _B	PROTEÇÃO NÍVEL III

PROBABILIDADE DE UMA DESCARGA ATMOSFÉRICA CAUSAR CHOQUE A SERES VIVOS (P _{TA})		
MEDIDA DE PROTEÇÃO ADICIONAL	P _{TA}	Equipotencialização efetiva do solo

PROBABILIDADE DE UMA DESCARGA ATMOSFÉRICA EM UM LINHA CAUSAR CHOQUE A SERES VIVOS (P _{TU})		
MEDIDA DE PROTEÇÃO	P _{TU}	Avisos visíveis de alerta

PROBABILIDADE EM FUNÇÃO DO NÍVEL DE PROTEÇÃO DO DPS (P _{EB})		
NÍVEL DE PROTEÇÃO	P _{EB}	II

PROBABILIDADE DEPENDENDO DA RESISTENCIA R _s DA BLINDAGEM DO CABO E NBI DO EQUIPAMENTO (P _{LD})			
TIPO DE LINHA	CONDIÇÕES DO ROTEAMENTO, BLINDAGEM E INTERLIGAÇÃO	P _{LD}	Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento

FATORES DEPENDENDO DAS CONDIÇÕES DE BLINDAGEM, ATERRAMENTO E ISOLAMENTO (C _{LD})		
TIPO DE LINHA EXTERNA		CONEXÃO NA ENTRADA
Linha enterrada não blindada	C _{LD}	Indefinida

PERDA DE SERVIÇOS PÚBLICOS (L2)

TIPOS DE PERDAS			
DANOS FÍSICOS	D2	L _F	Gás, água, energia
FALHA SISTEMA INTERNO	D3	L _O	Gás, água, energia

FATORES DEPENDENDO DAS CONDIÇÕES DE BLINDAGEM, ATERRAMENTO E ISOLAMENTO (C _{LI})		
TIPO DE LINHA EXTERNA		CONEXÃO NA ENTRADA
Linha enterrada não blindada	C _{LI}	Indefinida

PROBABILIDADE DESCARGA ATMOSFÉRICA PERTO DA ESTRUTURA CAUSAR FALHA SISTEMA (P _M)	
EFICIÊNCIA DA BLINDAGEM POR MALHA DA ESTRUTURA, SPDA OUTRA BLINDAGEM NA INTERFACE ZPR 0/1	1
EFICIÊNCIA DA BLINDAGEM POR MALHA DE BLINDAGEM INTERNA A ESTRUTURA ZPR X/Y (X > 0, Y > 1)	1
CONSIDERANDO AS CARACTERÍSTICAS DA FIAÇÃO INTERNA	Cabo não Blindado - Sem Preocupação no Roteamento no Sentido de Evitar Laços
TENSÃO SUPORTÁVEL NOMINAL DE IMPULSO DO SISTEMA A SER PROTEGIDO (kV)	4

PROBABILIDADE DEPENDENDO DO TIPO DE LINHA E DA TENSÃO SUPORTÁVEL (NBI) DO EQUIPAMENTO (P _{LI})			
TIPO DE LINHA	LINHAS DE ENERGIA	NBI EQUIPAMENTOS	4

RESULTADO DA ANÁLISE DE RISCO

RISCO PERDA HUMANA	R1=	RISCO NÃO TOLERÁVEL
RISCO PERDA SERVIÇO PÚBLICO	R2=	RISCO NÃO TOLERÁVEL
RISCO PERDA PATRIMÔNIO CULTURAL	R3=	NÃO APLICÁVEL

Notas:

CÁLCULO DO RISCO DE DESCARGA ATMOSFÉRICA

DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO

CASA DE MÁQUINA (BOOSTER) - ETA

MUNICÍPIO

DELMIRO GOUVEIA /AL

DENSIDADE RAIOS NA REGIÃO

Ng= km²/ano <http://www.inpe.br/webelat/homepage/>

ESTRUTURA

COMPRIMENTO L(m) L= mLARGURA W(m) W= mALTURA H(m) Hi= mCHAMINÉ / TORRE (m) T= mÁREA DE CAPITAÇÃO DA ESTRUTURA AD m²NÚMERO DE EVENTOS PERIGOSOS PARA ESTRUTURA ND NÚMERO MÉDIO ANUAL DE EVENTOS PERIGOSOS NA LINHA NL **FATOR DE LOCALIZAÇÃO DA ESTRUTURA (Cb)**

LOCALIZAÇÃO RELATIVA	CD	Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos
----------------------	----	--

FATOR DE INSTALAÇÃO DA LINHA (Ci)

ROTEAMENTO	CI	Enterrado
------------	----	-----------

FATOR DE INSTALAÇÃO DA LINHA (CT)

INSTALAÇÃO	CT	Linha de energia ou sinal
------------	----	---------------------------

FATOR DE AMBIENTAL DA LINHA (CE)

AMBIENTE	CE	Rural
----------	----	-------

COMPRIMENTO DA LINHA (Ll)

COMPRIMENTO DA LINHA	m	50
----------------------	---	----

PERDA DE VIDAS HUMANAS (L1)**TIPOS DE PERDAS**

FERIMENTOS	D1	L _T	Todos os Tipos
DANOS FÍSICOS	D2	L _F	Risco de Explosão
FALHA SISTEMA INTERNO	D3	L _O	Risco de Explosão

FATOR DE REDUÇÃO SUPERFÍCIE DO SOLO OU PISO (f_t)

TIPO DE SUPERFÍCIE	rt	Marmore, cerâmica
--------------------	----	-------------------

FATOR DE REDUÇÃO PROVIDÊNCIAS PARA CONSEQUÊNCIAS DE INCENDIO (f_p)

PROVIDÊNCIAS	rp	Nenhuma providência
--------------	----	---------------------

FATOR DE REDUÇÃO RISCO DE INCÊNDIO OU EXPLOSÃO NA ESTRUTURA (f_f)

RISCO		
Incêndio	rf	Normal

FATOR DE AUMENTO DE RISCO DEVIDO PERIGO ESPECIAL (f_z)

TIPO DE PERIGO ESPECIAL	hz	Baixo nível de pânico, <= 2 andares e <= 100 pessoas
-------------------------	----	--

USUÁRIOS (Nz E Nt)		
NÚMERO DE USUÁRIOS SERVIDOS PELA ZONA	nz	4
NÚMERO DE USUÁRIOS SERVIDOS PELA ESTRUTURA	nt	4
TEMPO DE PERMANÊNCIA DE USUÁRIOS ESTRUTURA	tz	8760

PROBABILIDADE DE DESCARGA ATMOSFÉRICA CAUSAR DANO (P _B)		
SPDA	P _B	PROTEÇÃO NÍVEL III

PROBABILIDADE DE UMA DESCARGA ATMOSFÉRICA CAUSAR CHOQUE A SERES VIVOS (P _{TA})		
MEDIDA DE PROTEÇÃO ADICIONAL	P _{TA}	Equipotencialização efetiva do solo

PROBABILIDADE DE UMA DESCARGA ATMOSFÉRICA EM UM LINHA CAUSAR CHOQUE A SERES VIVOS (P _{TU})		
MEDIDA DE PROTEÇÃO	P _{TU}	Avisos visíveis de alerta

PROBABILIDADE EM FUNÇÃO DO NÍVEL DE PROTEÇÃO DO DPS (P _{EB})		
NÍVEL DE PROTEÇÃO	P _{EB}	II

PROBABILIDADE DEPENDENDO DA RESISTENCIA R _s DA BLINDAGEM DO CABO E NBI DO EQUIPAMENTO (P _{LD})			
TIPO DE LINHA	CONDIÇÕES DO ROTEAMENTO, BLINDAGEM E INTERLIGAÇÃO	P _{LD}	Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento

FATORES DEPENDENDO DAS CONDIÇÕES DE BLINDAGEM, ATERRAMENTO E ISOLAMENTO (C _{LD})		
TIPO DE LINHA EXTERNA		CONEXÃO NA ENTRADA
Linha enterrada não blindada	C _{LD}	Indefinida

PERDA DE SERVIÇOS PÚBLICOS (L2)

TIPOS DE PERDAS			
DANOS FÍSICOS	D2	L _F	Gás, água, energia
FALHA SISTEMA INTERNO	D3	L _O	Gás, água, energia

FATORES DEPENDENDO DAS CONDIÇÕES DE BLINDAGEM, ATERRAMENTO E ISOLAMENTO (C _{LI})		
TIPO DE LINHA EXTERNA		CONEXÃO NA ENTRADA
Linha enterrada não blindada	C _{LI}	Indefinida

PROBABILIDADE DESCARGA ATMOSFÉRICA PERTO DA ESTRUTURA CAUSAR FALHA SISTEMA (P _M)	
EFICIÊNCIA DA BLINDAGEM POR MALHA DA ESTRUTURA, SPDA OUTRA BLINDAGEM NA INTERFACE ZPR 0/1	1
EFICIÊNCIA DA BLINDAGEM POR MALHA DE BLINDAGEM INTERNA A ESTRUTURA ZPR X/Y (X > 0, Y > 1)	1
CONSIDERANDO AS CARACTERÍSTICAS DA FIAÇÃO INTERNA	Cabo não Blindado - Sem Preocupação no Roteamento no Sentido de Evitar Laços
TENSÃO SUPORTÁVEL NOMINAL DE IMPULSO DO SISTEMA A SER PROTEGIDO (kV)	4

PROBABILIDADE DEPENDENDO DO TIPO DE LINHA E DA TENSÃO SUPORTÁVEL (NBI) DO EQUIPAMENTO (P _{LI})			
TIPO DE LINHA	LINHAS DE ENERGIA	NBI EQUIPAMENTOS	4

RESULTADO DA ANÁLISE DE RISCO

RISCO PERDA HUMANA	R1=	RISCO NÃO TOLERÁVEL
RISCO PERDA SERVIÇO PÚBLICO	R2=	RISCO NÃO TOLERÁVEL
RISCO PERDA PATRIMÔNIO CULTURAL	R3=	NÃO APLICÁVEL

Notas:

CÁLCULO DO RISCO DE DESCARGA ATMOSFÉRICA

DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO

RESERVATÓRIO APOIADO - ETA

MUNICÍPIO

DELMIRO GOUVEIA /AL

DENSIDADE RAIOS NA REGIÃO

Ng= 1,13 km²/ano <http://www.inpe.br/webelat/homepage/>

ESTRUTURA

COMPRIMENTO L(m) L= 4,5 m

LARGURA W(m) W= 2,6 m

ALTURA H(m) Hi= 3,42 m

CHAMINÉ / TORRE (m) T= 0 m

ÁREA DE CAPITAÇÃO DA ESTRUTURA AD 487,93 m²

NÚMERO DE EVENTOS PERIGOSOS PARA ESTRUTURA ND 2,76E-04

NÚMERO MÉDIO ANUAL DE EVENTOS PERIGOSOS NA LINHA NL 1,13E-03

FATOR DE LOCALIZAÇÃO DA ESTRUTURA (Cb)

LOCALIZAÇÃO RELATIVA	CD	Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos
----------------------	----	--

FATOR DE INSTALAÇÃO DA LINHA (Ci)

ROTEAMENTO	CI	Enterrado
------------	----	-----------

FATOR DE INSTALAÇÃO DA LINHA (CT)

INSTALAÇÃO	CT	Linha de energia ou sinal
------------	----	---------------------------

FATOR DE AMBIENTAL DA LINHA (CE)

AMBIENTE	CE	Rural
----------	----	-------

COMPRIMENTO DA LINHA (Ll)

COMPRIMENTO DA LINHA	m	50
----------------------	---	----

PERDA DE VIDAS HUMANAS (L1)

TIPOS DE PERDAS

FERIMENTOS	D1	Lr	Todos os Tipos
DANOS FÍSICOS	D2	Lf	Risco de Explosão
FALHA SISTEMA INTERNO	D3	Lo	Risco de Explosão

FATOR DE REDUÇÃO SUPERFÍCIE DO SOLO OU PISO (ft)

TIPO DE SUPERFÍCIE	rt	Marmore, cerâmica
--------------------	----	-------------------

FATOR DE REDUÇÃO PROVIDÊNCIAS PARA CONSEQUÊNCIAS DE INCENDIO (rp)

PROVIDÊNCIAS	rp	Nenhuma providência
--------------	----	---------------------

FATOR DE REDUÇÃO RISCO DE INCÊNDIO OU EXPLOSÃO NA ESTRUTURA (rf)

RISCO		
Incêndio	rf	Normal

FATOR DE AUMENTO DE RISCO DEVIDO PERIGO ESPECIAL (hz)

TIPO DE PERIGO ESPECIAL	hz	Baixo nível de pânico, <= 2 andares e <= 100 pessoas
-------------------------	----	--

USUÁRIOS (N_z E N_t)		
NÚMERO DE USUÁRIOS SERVIDOS PELA ZONA	n_z	4
NÚMERO DE USUÁRIOS SERVIDOS PELA ESTRUTURA	n_t	4
TEMPO DE PERMANÊNCIA DE USUÁRIOS ESTRUTURA	t_z	8760

PROBABILIDADE DE DESCARGA ATMOSFÉRICA CAUSAR DANO (P_B)		
SPDA	P_B	PROTEÇÃO NÍVEL III

PROBABILIDADE DE UMA DESCARGA ATMOSFÉRICA CAUSAR CHOQUE A SERES VIVOS (P_{TA})		
MEDIDA DE PROTEÇÃO ADICIONAL	P_{TA}	Equipotencialização efetiva do solo

PROBABILIDADE DE UMA DESCARGA ATMOSFÉRICA EM UM LINHA CAUSAR CHOQUE A SERES VIVOS (P_{TU})		
MEDIDA DE PROTEÇÃO	P_{TU}	Avisos visíveis de alerta

PROBABILIDADE EM FUNÇÃO DO NÍVEL DE PROTEÇÃO DO DPS (P_{EB})		
NÍVEL DE PROTEÇÃO	P_{EB}	II

PROBABILIDADE DEPENDENDO DA RESISTÊNCIA R_s DA BLINDAGEM DO CABO E NBI DO EQUIPAMENTO (P_{LD})			
TIPO DE LINHA	CONDIÇÕES DO ROTEAMENTO, BLINDAGEM E INTERLIGAÇÃO	P_{LD}	Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento

FATORES DEPENDENDO DAS CONDIÇÕES DE BLINDAGEM, ATERRAMENTO E ISOLAMENTO (C_{LD})		
TIPO DE LINHA EXTERNA		CONEXÃO NA ENTRADA
Linha enterrada não blindada	C_{LD}	Indefinida

PERDA DE SERVIÇOS PÚBLICOS (L2)

TIPOS DE PERDAS			
DANOS FÍSICOS	D2	L_F	Gás, água, energia
FALHA SISTEMA INTERNO	D3	L_o	Gás, água, energia

FATORES DEPENDENDO DAS CONDIÇÕES DE BLINDAGEM, ATERRAMENTO E ISOLAMENTO (C_{LI})		
TIPO DE LINHA EXTERNA		CONEXÃO NA ENTRADA
Linha enterrada não blindada	C_{LI}	Indefinida

PROBABILIDADE DESCARGA ATMOSFÉRICA PERTO DA ESTRUTURA CAUSAR FALHA SISTEMA (P_M)	
EFICIÊNCIA DA BLINDAGEM POR MALHA DA ESTRUTURA, SPDA OUTRA BLINDAGEM NA INTERFACE ZPR 0/1	1
EFICIÊNCIA DA BLINDAGEM POR MALHA DE BLINDAGEM INTERNA A ESTRUTURA ZPR X/Y ($X > 0$, $Y > 1$)	1
CONSIDERANDO AS CARACTERÍSTICAS DA FIAÇÃO INTERNA	Cabo não Blindado - Sem Preocupação no Roteamento no Sentido de Evitar Laços
TENSÃO SUPORTÁVEL NOMINAL DE IMPULSO DO SISTEMA A SER PROTEGIDO (kV)	4

PROBABILIDADE DEPENDENDO DO TIPO DE LINHA E DA TENSÃO SUPORTÁVEL (NBI) DO EQUIPAMENTO (P_{LI})			
TIPO DE LINHA	LINHAS DE ENERGIA	NBI EQUIPAMENTOS	4

RESULTADO DA ANÁLISE DE RISCO

RISCO PERDA HUMANA	R1=	RISCO NÃO TOLERÁVEL
RISCO PERDA SERVIÇO PÚBLICO	R2=	RISCO NÃO TOLERÁVEL
RISCO PERDA PATRIMÔNIO CULTURAL	R3=	NÃO APLICÁVEL

Notas:

CÁLCULO DO RISCO DE DESCARGA ATMOSFÉRICA

DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO

RESERVATÓRIO LAVAGEM - ETA

MUNICÍPIO

DELMIRO GOUVEIA /AL

DENSIDADE RAIOS NA REGIÃO

Ng= km²/ano <http://www.inpe.br/webelat/homepage/>

ESTRUTURA

COMPRIMENTO L(m) L= mLARGURA W(m) W= mALTURA H(m) Hi= mCHAMINÉ / TORRE (m) T= mÁREA DE CAPITAÇÃO DA ESTRUTURA AD m²NÚMERO DE EVENTOS PERIGOSOS PARA ESTRUTURA ND NÚMERO MÉDIO ANUAL DE EVENTOS PERIGOSOS NA LINHA NL **FATOR DE LOCALIZAÇÃO DA ESTRUTURA (Cb)**

LOCALIZAÇÃO RELATIVA	CD	Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos
----------------------	----	--

FATOR DE INSTALAÇÃO DA LINHA (Ci)

ROTEAMENTO	CI	Enterrado
------------	----	-----------

FATOR DE INSTALAÇÃO DA LINHA (CT)

INSTALAÇÃO	CT	Linha de energia ou sinal
------------	----	---------------------------

FATOR DE AMBIENTAL DA LINHA (CE)

AMBIENTE	CE	Rural
----------	----	-------

COMPRIMENTO DA LINHA (Ll)

COMPRIMENTO DA LINHA	m	50
----------------------	---	----

PERDA DE VIDAS HUMANAS (L1)**TIPOS DE PERDAS**

FERIMENTOS	D1	L _T	Todos os Tipos
DANOS FÍSICOS	D2	L _F	Risco de Explosão
FALHA SISTEMA INTERNO	D3	L _O	Risco de Explosão

FATOR DE REDUÇÃO SUPERFÍCIE DO SOLO OU PISO (f_t)

TIPO DE SUPERFÍCIE	rt	Marmore, cerâmica
--------------------	----	-------------------

FATOR DE REDUÇÃO PROVIDÊNCIAS PARA CONSEQUÊNCIAS DE INCENDIO (f_p)

PROVIDÊNCIAS	rp	Nenhuma providência
--------------	----	---------------------

FATOR DE REDUÇÃO RISCO DE INCÊNDIO OU EXPLOSÃO NA ESTRUTURA (f_f)

RISCO		
Incêndio	rf	Normal

FATOR DE AUMENTO DE RISCO DEVIDO PERIGO ESPECIAL (f_z)

TIPO DE PERIGO ESPECIAL	hz	Baixo nível de pânico, <= 2 andares e <= 100 pessoas
-------------------------	----	--

USUÁRIOS (Nz E Nt)		
NÚMERO DE USUÁRIOS SERVIDOS PELA ZONA	nz	4
NÚMERO DE USUÁRIOS SERVIDOS PELA ESTRUTURA	nt	4
TEMPO DE PERMANÊNCIA DE USUÁRIOS ESTRUTURA	tz	8760

PROBABILIDADE DE DESCARGA ATMOSFÉRICA CAUSAR DANO (P _B)		
SPDA	P _B	PROTEÇÃO NÍVEL III

PROBABILIDADE DE UMA DESCARGA ATMOSFÉRICA CAUSAR CHOQUE A SERES VIVOS (P _{TA})		
MEDIDA DE PROTEÇÃO ADICIONAL	P _{TA}	Equipotencialização efetiva do solo

PROBABILIDADE DE UMA DESCARGA ATMOSFÉRICA EM UM LINHA CAUSAR CHOQUE A SERES VIVOS (P _{TU})		
MEDIDA DE PROTEÇÃO	P _{TU}	Avisos visíveis de alerta

PROBABILIDADE EM FUNÇÃO DO NÍVEL DE PROTEÇÃO DO DPS (P _{EB})		
NÍVEL DE PROTEÇÃO	P _{EB}	II

PROBABILIDADE DEPENDENDO DA RESISTENCIA R _s DA BLINDAGEM DO CABO E NBI DO EQUIPAMENTO (P _{LD})			
TIPO DE LINHA	CONDIÇÕES DO ROTEAMENTO, BLINDAGEM E INTERLIGAÇÃO	P _{LD}	Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento

FATORES DEPENDENDO DAS CONDIÇÕES DE BLINDAGEM, ATERRAMENTO E ISOLAMENTO (C _{LD})		
TIPO DE LINHA EXTERNA		CONEXÃO NA ENTRADA
Linha enterrada não blindada	C _{LD}	Indefinida

PERDA DE SERVIÇOS PÚBLICOS (L2)

TIPOS DE PERDAS			
DANOS FÍSICOS	D2	L _F	Gás, água, energia
FALHA SISTEMA INTERNO	D3	L _O	Gás, água, energia

FATORES DEPENDENDO DAS CONDIÇÕES DE BLINDAGEM, ATERRAMENTO E ISOLAMENTO (C _{LI})		
TIPO DE LINHA EXTERNA		CONEXÃO NA ENTRADA
Linha enterrada não blindada	C _{LI}	Indefinida

PROBABILIDADE DESCARGA ATMOSFÉRICA PERTO DA ESTRUTURA CAUSAR FALHA SISTEMA (P _M)	
EFICIÊNCIA DA BLINDAGEM POR MALHA DA ESTRUTURA, SPDA OUTRA BLINDAGEM NA INTERFACE ZPR 0/1	1
EFICIÊNCIA DA BLINDAGEM POR MALHA DE BLINDAGEM INTERNA A ESTRUTURA ZPR X/Y (X > 0, Y > 1)	1
CONSIDERANDO AS CARACTERÍSTICAS DA FIAÇÃO INTERNA	Cabo não Blindado - Sem Preocupação no Roteamento no Sentido de Evitar Laços
TENSÃO SUPORTÁVEL NOMINAL DE IMPULSO DO SISTEMA A SER PROTEGIDO (kV)	4

PROBABILIDADE DEPENDENDO DO TIPO DE LINHA E DA TENSÃO SUPORTÁVEL (NBI) DO EQUIPAMENTO (P _{LI})			
TIPO DE LINHA	LINHAS DE ENERGIA	NBI EQUIPAMENTOS	4

RESULTADO DA ANÁLISE DE RISCO

RISCO PERDA HUMANA	R1=	RISCO NÃO TOLERÁVEL
RISCO PERDA SERVIÇO PÚBLICO	R2=	RISCO NÃO TOLERÁVEL
RISCO PERDA PATRIMÔNIO CULTURAL	R3=	NÃO APLICÁVEL

Notas:

APRESENTAÇÃO

Em concordância com os padrões e normas estabelecidas pela Eletrobrás Distribuição Alagoas - EDAL foi elaborado este projeto, que se destina a atender as Instalações Elétricas do Projeto de Complementação da Estação de Tratamento de Água do Sistema de Abastecimento de Água /Sub- SUB SISTEMA VII - GENIVALDO MOURA, CARAIBEIRINHA, RABECA, MAXIXE, ALTO BONITO, POV. RABECA, CRUZ, BOA VISTA, SINIMBU, E CARAIBAS DO LINO, no município de Água Branca, Estado de Alagoas.

O trabalho aqui apresentado é constituído por uma parte descritiva e de cálculo (Memorial Descritivo e Memorial de Cálculo) e por outra parte de Peças Gráficas (desenhos).

No memorial, consta além do objetivo do projeto, a relação completa dos materiais e equipamentos a serem empregados, outras informações técnicas, referentes ao ponto de entrega, circuito primário, circuito secundário, dados do transformador e diagrama unifilar, como também o dimensionamento do sistema elétrico.

Nas plantas, estão incluídas a localização e características de todas as estruturas de acordo com a nomenclatura e simbologia normalizadas pela EDAL para este tipo de projeto.

Ressalta-se que este relatório contempla as tarefas E17 - Relatório e Dimensionamento e Projeto Elétrico das Captações e Estações de Tratamento de Água e E19 - Relatório de Dimensionamento, Concepção e Lógicas de Funcionamento e Operação dos Sistemas de Regulação e Controle.

SUMÁRIO

MEMORIAL DESCRITIVO	5
1. OBJETIVO	5
2. DADOS DA OBRA	5
3. GENERALIDADES.....	5
3.1. NORMAS.....	7
4. DESCRIÇÕES DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	8
4.1. SANGRIA DA REDE 13,8 kV	8
4.2. CIRCUITO PRIMÁRIO.....	8
4.2.1. TRANSFORMADOR	9
4.2.2. Sistema de Aterramento do Transformador	10
4.2.3. Medição.....	10
4.3. CIRCUITO SECUNDÁRIO.....	11
4.3.1. Proteção Geral.....	11
4.3.2. Sistema de Suprimento de Energia Elétrica para a QDG Casa de Química	11
4.3.6. Alimentação dos Circuitos Terminais Casa de Química, Reservatórios Apoiado e Retrolavagem	13
4.3.8. Circuitos de Iluminação Interna Casa de Química, Reservatórios Apoiado e Retrolavagem	13
4.3.9 Sistema Elétrico dos Circuitos Terminais dos Conjuntos Motor bombas Casa de Química	14
6. ESPECIFICAÇÕES ELÉTRICAS DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS E SERVIÇOS DE INSTALAÇÃO E MONTAGEM	16
6.1. Generalidades	16
6.2. Equipamentos Elétricos.....	17
6.2.1. Disjuntor	17
6.2.2. Eletroduto	18
6.2.3. Condutores Elétricos	20

6.2.4. Caixa de Passagem	22
6.2.5. Malha de Aterramento.....	23
6.2.6. Quadro Elétrico	23
6.2.7. Luminárias e Lâmpadas Elétricas	24
6.2.8. Quadros de Comandos Para Motores	25
6.2.9. MULTI MEDIDOR DE GRANDEZAS ELÉTRICAS	26
6.2.10. HORIMETRO DIGITAL.....	27
6.2.16. MOTORES ELÉTRICOS	28
MEMORIAL DE CÁLCULO	33
1. OBJETIVO	33
2. DADOS DA OBRA	33
2. NORMAS	33
3. DIMENSIONAMENTO.....	35
3.1. Sistema de Suprimento de Energia Elétrica para a QDG Casa de Química	35
3.2. Sistema de Suprimento de Energia Elétrica para a QDFL Casa de Química	38
3.3. Sistema de Suprimento de Energia Elétrica para a CCM - Casa de Química.....	40
3.4. Sistema de Suprimento de Energia Elétrica para os Reservatórios	42
3.5. Tipos de Partidas de Motores	50
3.6. Eletrodutos Alimentador.....	50
4. SUBESTAÇÃO	51
4.1. Dimensionamento da Subestação.....	51
4.2. Cálculo de Demanda.....	52
4.3 Disjuntores e Proteção.....	52
4.3.1. Disjuntor Geral de Baixa Tensão	52
5. MEMÓRIA DE CÁLCULO SPDA	53
5.1. Avaliação do risco de proteção	53
5.2. Avaliação de Risco	56

5.3. Infraestrutura	75
5.3.4. Conclusão	79
5. 4. Anexo Cálculo de Risco de Descarga Atmosférica.....	79

MEMORIAL DESCRITIVO

1. OBJETIVO

Este projeto tem como objetivo definir critérios para a construção de uma rede de distribuição em **13.8 kV** e montagem de uma subestação abaixadora de tensão do tipo aérea de **15 kVA 13800/380/220 V**, que se destina a atender as instalações elétricas da Estação de Tratamento de Água do Sistema de Abastecimento de Água/Sub-Sistema VII – Genivaldo Moura.

2. DADOS DA OBRA

Nome do proprietário:	Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba
Endereço:	Povoado Genivaldo Moura – Delmiro Gouveia/AL
Tipo de fornecimento (EEA):	Média Tensão
Tensão de alimentação Primária:	13.800 V
Tensão de alimentação Segundo:	220/380 V
Número da ART:	00027049017085011302

3. GENERALIDADES

Este memorial abrange o levantamento realizado para que as instalações elétricas da nova estação de tratamento de água, as localizações das unidades acham-se conforme indicado nas peças gráficas de elétrica que formam a juntada de documentos desta obra, se enquadrassem nos pré-requisitos de segurança e conforto necessários para sua finalidade como solicitado. Além de orientações técnicas para as especificações de materiais, equipamentos e montagens. Definições de marcas e modelos ficaram a cargo da CONTRATADA desde que estejam rigorosamente em conformidade com o projeto e normas técnicas brasileiras para cada tipo de componente, ou seja,

todas as instalações deverão estar de acordo com os requisitos e parâmetros da ABNT e materiais aprovados pelo INMETRO.

A execução das instalações só poderá ser feito por pessoal especializado que já tenha executado obras similares, ficando o contratante responsável pela equipe indicada.

As potências instaladas foram calculadas a partir da necessidade total, em kW, das cargas de motores e serviços auxiliares, (considerando o fator de potência corrigido de 95%) e, subseqüentemente, convertida em potência equivalente em kVA, e a seguir, compatibilizadas com o normativo da Eletrobrás.

Como premissa geral, as instalações deverão ser alimentadas pelo sistema de Distribuição Primário (13.800V) requerendo, portanto, o emprego de subestação abaixadora para o caso das instalações da ETA (Estação de Tratamento de Água).

Os motores trifásicos serão alimentados no nível de tensão de 380 V.

As cargas dos serviços auxiliares (iluminação e tomadas para eventual serviço de manutenção) deverão ser alimentadas por circuitos em 380/220 V. Todos os circuitos de iluminação das áreas externas deverão ser acionados via relé fotoelétrico e terem proteção via disjuntores termomagnéticos.

Os condutores elétricos foram dimensionados levando em conta a capacidade de condução em condições de regime das cargas e queda de tensão na partida dos motores.

Nas condições acima, foram realizadas simulações para determinação das condições técnicas de projeto para o dimensionamento da rede de alimentação dos motores, a fim de assegurar níveis aceitáveis de queda de tensão, em regime conforme preconiza a NBR 5410 - 2004.

O projeto de iluminação, interna e externa, foi desenvolvido propondo uma solução simples, porém bastante confiável e eficiente, sob o ponto de vista da luminotécnica.

O projeto de sistema de aterramento da instalação e dos equipamentos elétricos foi desenvolvido observando o critério de segurança física para o

pessoal de operação e, de proteção dos equipamentos quanto a eventuais surtos de tensão decorrentes de manobras, e/ou, descargas atmosféricas.

Os cálculos para SPDA foram desenvolvidos com base no modelo eletrogeométrico e em função de informações estatísticas quanto ao nível cerâmico da região.

Em virtude da legislação tarifária e, por orientação do corpo técnico da CODEVASF, o Fator de Potência final da instalação deverá situar-se, no mínimo, em 95%. A compensação, quando necessária, será feita mediante a injeção de reativos com o uso de capacitores trifásicos para correção do fator de potência dos motores.

Após o término dos serviços deverão ser executadas as inspeções técnicas e as ligações definitivas das instalações elétricas das estações à rede de distribuição da Eletrobrás, inclusive com a instalação de medidor e demais equipamentos destinados à medição do fornecimento de energia elétrica.

3.1. NORMAS

Além da NR 10 – Norma Regulamentada de Segurança em Serviços de Eletricidade, o presente projeto baseia-se nas seguintes normas técnicas e em caso de dúvida referente a aquele as normas abaixo devem ser consultadas para eventuais dúvidas:

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas:

- NBR 5410-2004 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão;
- NBR 14039:2005 – Instalações Elétricas de Média Tensão de 1,0 kV a 36,2 kV;
- NBR IEC 60947-2:2013 - Dispositivos de manobra e comando de baixa tensão - Parte 2: Disjuntores;
- NBR ISO/CIE 8995-1:2013 - Iluminâncias de interiores – procedimento;
- NBR 14136:12 - Plugues e tomadas para uso doméstico e análogo até 20 A/250 V em corrente alternada – Padronização;

- NBR 5419 - 2015 - Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas.
- NBR 15465 - 2008 - Sistemas de eletrodutos plásticos para instalações elétricas de baixa tensão - Requisitos de desempenho

ELETROBRÁS – Distribuição Alagoas:

- Norma Técnica de Fornecimentos de Energia Elétrica em Média Tensão - NDEE01 Rev 00;
- Norma Técnica de Fornecimento de Energia Elétrica em Baixa Tensão (Edificações Individuais) - NDEE02 Rev 00;
- Norma Técnica de Fornecimento de Energia Elétrica em Baixa Tensão (Edificações Coletivas) - NDEE03 Rev 00.

As normas acima mencionadas atendem aos requisitos mínimos para instalação e montagem de equipamentos e estruturas pertencentes ao projeto elétrico das instalações. A contratante poderá exigir conforme as necessidades específicas que a contratada utilize normas além das descritas acima para cada caso.

4. DESCRIÇÕES DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

4.1. SANGRIA DA REDE 13,8 kV

4.1. SANGRIA DA REDE 13,8 kV

Será feita a partir do poste de concreto armado seção duplo “T”, de esf/alt **600/11**, existente, onde encontrasse instalado uma estrutura do tipo “2N2”, e será instalada uma estrutura do tipo “**N3**”, que será conectada através de conector cunha normal p/cabo 35 mm² CA coberto em XLPE 90°C 15 kV, ficando assim conectada ao **Alimentador DMG-03, que atende a zona rural do município de Delmiro Gouveia**, neste Estado.

4.2. CIRCUITO PRIMÁRIO

Este circuito será formado por **03** (três) condutores em rede compacta

de alumínio **3 # 35 mm² + Ø 9,5 mm, SM**, sua tensão é de **13,8 kV** entre fases, sendo, portanto isolado para **15 kV**. A extensão deste circuito é de aproximadamente **6940 metros**, e será montada em estruturas de concreto armado de acordo com os padrões definidos pelas normas para projetos de PADRÃO REDE PRIMARIA COMPACTA da EDAL. Os postes serão de seção duplo “T”, terão comprimento de 11, com esforço de 200 a 1000 DAN.

Para sua construção serão utilizadas as seguintes estruturas padronizadas pela EDAL:

ESTRUTURAS DE ALTA TENSÃO 13,8 kV.

CE1.....	80
CE2.....	12
CE3-CE3.....	04
CE4	17
C3E1.....	01
N1E6CN.....	01

POSTES EM CONCRETO ARMADO A SEREM UTILIZADOS

Poste concreto armado D.T. 200/11	-	80
Poste concreto armado D.T. 400/11	-	12
Poste concreto armado D.T. 600/11	-	17
Poste concreto armado D.T. 1000/11	-	04

4.2.1. TRANSFORMADOR

Neste projeto foi considerada a instalação de **01 (UM) transformador trifásico de 15 kVA**, com as seguintes características:

Potência Transformador	15 kVA
Nº de fases (primária).....	03
Tensão primária.....	13.800/13.200/12.600/12.000 V.
Tensão secundária	380/220V.

Ligação primária..... **Triângulo**
Ligação secundária..... **Em estrela com neutro aterrado**
Frequência **60Hz**
Refrigeração **A óleo com circulação natural.**
Perdas **± 5%**

Este transformador será instalado em poste seção D.T. de concreto armado tipo **600/11** projetado N°116 sendo conectado ao circuito primário, através de estribo à compressão para cabo de rede compacta de alumínio **35 mm² XLPE** e ao circuito secundário, através de cabo sintenax **16 mm²** isolado para fase e para o neutro isolação para 750V, usando-se conectores apropriados. Este equipamento será protegido contra descargas atmosféricas por **03** (três) para raios tipo válvula, tensão nominal de **12kV** e classe de distribuição de **5kA**. Contra sobre corrente através de **03** (três) chaves fusíveis indicadoras de tensão de **15 kV** corta circuito de **100 A**. Equipado com elo fusível de **1H** que funcionará ainda como dispositivo de comando. A capacidade de ruptura das chaves fusíveis contra curto circuito a ser utilizada será de **10 kA**.

4.2.2. Sistema de Aterramento do Transformador

Os para raios, o neutro e a carcaça do transformador, serão aterrados através de cabo de cobre nu **25 mm²**, através de 4 hastes de terra em aço cobreada de 2.40m, posição de aterramento vertical.

A resistência ôhmica do sistema de aterramento não deverá exceder a 25 ohm, deverá ser medido a resistência do aterramento, caso não alcance a resistência determinada, deverá ser refeito o projeto da malha de terra, com as hastes e a quantidade de cabo de cobre necessários.

4.2.3. Medição

A medição de energia será realizada na baixa tensão, do tipo indireta, através de um medidor de Kwh e de medidor kVarh instalado em caixa de

alumínio tipo **M3 externo padrão EDAL**, e ficará sob responsabilidade do consumidor.

4.2.4. Cálculo da Demanda

Para o dimensionamento da subestação que atenderá a ETA, foi levado em consideração uma carga total de 9,32 kW, que corresponde as demandas elétricas de toda a Estação de Tratamento, com um fator de potência médio de 0,80, totalizando uma demanda de 11,65 kVA.

Logo essa carga vai ser suprida pôr 01(um) transformador trifásico de 15kVA, com um fator de utilização de **77,66 %**.

4.3. CIRCUITO SECUNDÁRIO

4.3.1. Proteção Geral

Na proteção geral do sistema de baixa tensão será utilizado um disjuntor trifásico termomagnético de **30 A/30 kA**, do secundário do transformador até o quadro geral de medição localizado na mureta de alvenaria junto ao poste do transformador, e será alimentado por intermédio de cabo sintenax seção **16 mm²** isolado para 750 V para fase e **10 mm²** para o neutro.

O encaminhamento será efetuado em eletroduto rígido de PVC **32 mm**.

4.3.2. Sistema de Suprimento de Energia Elétrica para a QDG Casa de Química

O QDG da Casa de Química será suprido de energia elétrica através de uma subestação trifásica ao tempo. Sua potência nominal será de 15 kVA, em tensão primária de 13.800 V circuito delta, e em tensão secundária de 380/220

V nominais a quatro fios (3 fases e neutro) em circuito estrela aterrado.

A fiação formada por fios flexíveis de cobre unipolares, com isolamento em PVC 750 V, na bitola de #10 mm² para os condutores de fase e neutro e de #10 mm² para proteção, partirá da caixa M3 de proteção do disjuntor e medidor, em ramal subterrâneo, circuito trifásico (3F+N+T) até o quadro de distribuição geral (QDG), conforme mostrado nos desenhos de referência e em atendimento ao que prescreve a norma da concessionária. Os cabos do circuito alimentador serão condicionados em eletrodutos de diâmetro nominal 32 mm instalados sob solo.

4.3.3. Sistema de Suprimento de Energia Elétrica para o QDFL Casa de Química

A fiação formada por fios flexíveis de cobre unipolares, com isolamento em PVC 750 V, na bitola de #2,5 mm² para os condutores de fase e neutro e de #2,5 mm² para proteção, quadro de distribuição geral (QDG), circuito trifásico (3F+N+T) até o QGM, em eletroduto aparente, circuito trifásico (3F+N+T), conforme mostrado nos desenhos de referência e em atendimento ao que prescreve a norma da concessionária. Os cabos do circuito alimentador serão condicionados em eletrodutos de diâmetro nominal 32 mm.

4.3.4. Sistema de Suprimento de Energia Elétrica para o QDG RESERVATÓRIO APOIADO

A fiação formada por fios flexíveis de cobre unipolares, com isolamento em PVC 750 V, na bitola de #4,0 mm² para os condutores de fase e neutro e de #4,0 mm² para proteção, quadro de distribuição geral (QDG), circuito trifásico (3F+N+T), em eletroduto enterrado no solo, conforme mostrado nos desenhos de referência e em atendimento ao que prescreve a norma da concessionária. Os cabos do circuito alimentador serão condicionados em eletrodutos de diâmetro nominal 32 mm.

4.3.5. Sistema de Suprimento de Energia Elétrica para o QDG RESERVATÓRIO RETRO LAVAGEM

A fiação formada por fios flexíveis de cobre unipolares, com isolamento em PVC 750 V, na bitola de #4,0 mm² para os condutores de fase e neutro e de #4,0 mm² para proteção, quadro de distribuição geral (QDG), circuito trifásico (3F+N+T), em eletroduto enterrado no solo, conforme mostrado nos desenhos de referência e em atendimento ao que prescreve a norma da concessionária. Os cabos do circuito alimentador serão condicionados em eletrodutos de diâmetro nominal 32 mm.

4.3.6. Alimentação dos Circuitos Terminais Casa de Química, Reservatórios Apoiado e Retrolavagem

Para a casa de Química, Reservatório Apoiado e Retrolavagem, os circuitos de tomada e iluminação da estação elevatória de água segundo o quadro de cargas serão circuitos monofásicos alimentados cada por um condutor fase e um condutor neutro de espessura de 1,5mm² para iluminação interna e 2,5 mm² para tomadas e iluminação externa, ambos com características elétricas bem definidas visando a segurança das instalações tais como cobertura de PVC e classe de isolamento de 750 V e 01 condutor de proteção. Obrigatoriedade do sistema de aterramento, com espessuras 2,5 mm² acondicionado em eletroduto de PVC instalados aparente sobre paredes e teto, a espessura do eletroduto varia em função da quantidade de condutores neles contidos.

Na casa de bombas todos os elementos das instalações elétricas que sejam metálicos devem ser devidamente aterrados e o aterramento ligado diretamente na malha de terra das instalações.

4.3.8. Circuitos de Iluminação Interna Casa de Química, Reservatórios Apoiado e Retrolavagem

Para a casa de Química, Reservatório Apoiado e Retrolavagem, a iluminação interna foi implantada sob o teto, as mesmas serão luminárias a prova de tempo e gases com lâmpadas fluorescentes compactas com bulbo espiral já que o ambiente é susceptível a gases explosivos.

A instalação elétrica será do tipo aparente em eletroduto de PVC rígido rosqueável com conexões, derivações e curvas efetivados através de condutes em PVC rígido nas bitolas e tipos indicados no projeto. Tomada, interruptor e luminária serão instalados em condutes apropriados.

4.3.9 Sistema Elétrico dos Circuitos Terminais dos Conjuntos Motor bombas Casa de Química

Os circuitos que suprirão os motores da Captação, partirão do QGM, localizado na casa de Química.

Os Motores utilizados na Casa de Química são compostos por dois conjuntos moto-bombas (1+1) de 2 CV para a Floculação e por dois conjuntos moto-bombas (1+1) de 1 CV para a Dosagem. Os cabos de interligação do QGM até cada conjunto moto-bomba serão flexíveis de cobre monopolares com isolação em PVC 0,6/1,0 kV, circuito monofásico (1F+1N) na bitola de # 2,5 mm² e proteção de # 2,5 mm².

Como proteção geral do QGM será utilizado disjuntor tripolar padrão 500 V, 15 A, 30 kA e curva C de proteção. Lembrando que somente um conjunto motobomba funcionará por vez e nunca os dois ao mesmo tempo, por isso os cálculos para proteção foram previstos diminuindo a carga de um dos motores elétricos.

O QGM deverá conter todas as proteções quanto a falta de fase, sobrecorrente e sobretensão, a fim de proteger e comandar os motores, para isto devem ser instalados Acionamentos do tipo "PARTIDA DIRETA".

Este projeto contemplou os estudos de partida do conjunto moto-bomba, verificando que a flutuação de tensão no momento da partida está dentro dos padrões exigidos pela ELETROBRÁS.

4.3.10. Sistema Elétrico dos Circuitos Terminais dos Conjuntos Motor bombas Reservatório Apoiado

Os circuitos que suprirão os motores do Casa de Máquinas, partirão do QCM, localizado na casa de Química.

Os Motores utilizados no Casa de Máquinas são compostos por dois conjuntos moto-bombas (1+1) de 5 CV. Os cabos de interligação do QGM até cada conjunto moto-bomba serão flexíveis de cobre monopolares com isolamento em PVC 0,6/1,0 kV, circuito monofásico (1F+1N) na bitola de # 2,5 mm² e proteção de # 2,5 mm².

Como proteção geral do QCM será utilizado disjuntor tripolar padrão 500 V, 15 A, 30 kA e curva C de proteção. Lembrando que somente um conjunto motobomba funcionará por vez e nunca os dois ao mesmo tempo, por isso os cálculos para proteção foram previstos diminuindo a carga de um dos motores elétricos.

O QCM deverá conter todas as proteções quanto a falta de fase, sobrecorrente e sobretensão, a fim de proteger e comandar os motores, para isto devem ser instalados Acionamentos do tipo "PARTIDA DIRETA".

Este projeto contemplou os estudos de partida do conjunto moto-bomba, verificando que a flutuação de tensão no momento da partida está dentro dos padrões exigidos pela ELETROBRÁS.

4.3.11. Sistema Elétrico dos Circuitos Terminais dos Conjuntos Motor bombas Reservatório Retrolavagem

Os circuitos que suprirão os motores do Casa de Máquinas, partirão do QCM, localizado na casa de Química.

Os Motores utilizados no Casa de Máquinas são compostos por dois conjuntos moto-bombas (1+1) de 3 CV. Os cabos de interligação do QGM até cada conjunto moto-bomba serão flexíveis de cobre monopolares com isolamento em PVC 0,6/1,0 kV, circuito monofásico (1F+1N) na bitola de # 2,5 mm² e proteção de # 2,5 mm².

Como proteção geral do QCM será utilizado disjuntor tripolar padrão 500 V, 15 A, 30 kA e curva C de proteção. Lembrando que somente um conjunto motobomba funcionará por vez e nunca os dois ao mesmo tempo, por isso os cálculos para proteção foram previstos diminuindo a carga de um dos motores elétricos.

O QCM deverá conter todas as proteções quanto a falta de fase, sobrecorrente e sobretensão, a fim de proteger e comandar os motores, para isto devem ser instalados Acionamentos do tipo “PARTIDA DIRETA”.

Este projeto contemplou os estudos de partida do conjunto moto-bomba, verificando que a flutuação de tensão no momento da partida está dentro dos padrões exigidos pela ELETROBRÁS.

6. ESPECIFICAÇÕES ELÉTRICAS DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS E SERVIÇOS DE INSTALAÇÃO E MONTAGEM

6.1. Generalidades

Esta especificação cobre os requisitos mínimos necessários a serem seguidos nos serviços de instalação e montagem de equipamentos elétricos e suas características técnicas mínimas.

Na instalação de equipamentos a contratada deverá observar as recomendações feitas pelo fornecedor do equipamento em questão eximindo a contratante de quaisquer prejuízos que venham a ser ocasionados por não observância de tais recomendações. Estas recomendações devem ser adquiridas junto com o produto a ser instalado pela contratada.

A contratada não ficará isenta da responsabilidade de realizar um trabalho tecnicamente correto, por motivo de possíveis omissões ou incorreções nesta especificação.

Para isso, a contratada, poderá sugerir acréscimos ou alterações nas disposições desta especificação, cuja utilização dependerá de aprovação escrita da contratante.

Além da instalação dos equipamentos previstos no projeto, deverão ser fornecidos pela contratada, os seguintes materiais:

- Todos os fios e cabos elétricos;
- Equipamentos e materiais de iluminação;
- Eletrodutos, caixas, conexões e suportes necessários para a distribuição de força, iluminação e telecomando;
- Todos os conectores para cabos de força, iluminação, telecomunicação e aterramento;

- Todos os demais equipamentos e acessórios não fornecidos pelo contratante, porém necessários ao projeto, tais como, parafusos, porcas, arruelas, suportes, soldas, oxigênio, tirantes, calços, materiais para limpeza, materiais diversos, etc.

Os materiais a serem utilizados deverão ser de primeira linha e com características técnicas compatíveis, bem como satisfazer a todas as exigências das normas. Somente serão aceitos na obra materiais com a marca de conformidade do INMETRO, para isso consultar o endereço eletrônico do mesmo na internet.

Caberá à contratante o direito de rejeitar qualquer material colocado na obra em desacordo com o projeto e suas especificações ou que apresentem falhas ou defeitos. Além disso, em caso de dúvidas, submetê-los a testes próprios ditados pelas normas técnicas da ABNT.

À contratada caberá apresentar, quando pedido, o comprovante de origem do material, o qual poderá ser rejeitado, a critério da contratante.

Todos os circuitos elétricos devem ser testados quanto à continuidade, utilizando um ohmímetro indicador a fim de evitar retrabalhos futuros.

Deverão ser feitos testes funcionais simulados dos sistemas de acionamento e proteção nos diversos circuitos elétricos, onde aplicáveis.

6.2. Equipamentos Elétricos

6.2.1. Disjuntor

Serão monopulares, bipolares e tripolares, como especificados nos quadros de cargas ilustrados nas pranchas elétricas. Não sendo permitido agrupamento de disjuntores monopulares para substituir os bipolares e/ou tripolares.

Recomenda-se para esta obra, nos QLF's utilizarem disjuntores padrão "IEC" que atendam as novas normas NBR IEC 60947-2 e NBR IEC 60898 por possuírem um tempo de disparo menor do que disjuntores NEMA e por possuir sistemas de encaixe por trilhos. Deve-se também atentar para a especificação correta do tipo de disjuntor em todos os quadros elétricos.

6.2.2. Eletroduto

Os eletrodutos embutidos em alvenaria ou piso, serão em PVC, rígido, classe B, preto, anti-chama e para os demais casos eletrodutos anti-chama de PVC, classe B, liso ou corrugado, flexível de diâmetros conforme legendas e cotas em planta baixa, em casos que exista eletrodutos enterrados diretamente no solo, também pode ser utilizado eletrodutos corrugados da marca Kanaflex, contanto que as especificações elétricas e de segurança utilizados nos eletrodutos rígidos de PVC sejam as mesmas também atendidas.

A espessura dos eletrodutos para os circuito terminal e do ramal de entrada e saída foram baseados levando-se em consideração a norma NBR 15465 - 2007 - Sistemas de eletrodutos plásticos para instalações elétricas de baixa tensão - Requisitos de desempenho, onde a quantidade máxima de condutores carregados e indicados em projeto deve ser respeitada para que haja bom funcionamento das instalações elétricas. Fatores de correção como fator de agrupamento foram utilizados para que as correntes de projeto para cada circuito fossem ajustadas de acordo como recomendação da NBR 5410, além do fator de temperatura padrão, onde temos as seguintes características, para temperatura ambiente 30 °C e temperatura do solo 20 °C.

Quanto aos procedimentos de execução e montagem teremos:

- Em todos os lances de tubulação, seja de entrada ou de circuitos terminais, deverão ser passados e deixados temporariamente arames guias, de aço galvanizado de 1,65 mm de diâmetro, suas extremidades deverão ficar livres e aparentes com aproximadamente 50 cm nas caixas de passagem, nas caixas de tomadas, interruptores ou luminárias;
- Executar as junções com luvas e de maneira que as pontas dos tubos se toquem, devendo apresentar resistência à tração pelo menos igual à dos eletrodutos. Como elemento vedante quando necessário, nas junções, utilizar fita Teflon;
- As luvas e curvas deverão ser do mesmo material do eletroduto correspondente;

- Não deve haver curvas com raio inferior a 6 vezes o diâmetro do respectivo eletroduto; somente curvar na obra eletroduto com bitola igual ou menor a 25 mm² (3/4") e desde que não apresente redução de seção, rompimento, dobras ou achatamento do tubo; nos demais casos, as curvas devem ser pré-fabricadas;
- Devem-se usar curvas de raio longo e nunca usar joelhos para substituição de curvas;
- Quando enterrada no solo, sob passagem de veículos pesados, envolver a tubulação por uma camada de concreto caso haja necessidade;
- A tubulação deve apresentar uma ligeira e contínua declividade em direção às caixas, geralmente 1% de inclinação já é o suficiente para não haver acúmulo de líquidos dentro delas, não sendo admitida a formação de cotovelo na sua instalação;
- A profundidade máxima para eletrodutos diretamente enterrados no solo não deve ultrapassar 70 cm, respeitando assim os cálculos do projeto;
- Quando se tratar da instalação embutida em alvenaria, o serviço consistirá na abertura de rasgos para Povoado de eletrodutos e suas conexões, os cortes necessário ao embutimento dos eletrodutos deverão ser efetuados com o máximo de cuidado, com o objetivo de ALTO DOS COELHOSsar o menor dano possível aos serviços já concluídos. O rasgo deverá ser preenchido empregando-se argamassa traço T4 (1:5 de cimento e areia);
- Quando embutidos no contrapiso, assentar sobre o lastro de concreto e recobrir com concreto magro para sua proteção até a execução do piso;
- Nas juntas de dilatação, seccionar os eletrodutos mantendo intervalo igual ao da própria junta; fazer a junta dentro da luva de diâmetro adequado;
- Durante a execução da obra, fechar as extremidades livres do tubo e as caixas, para proteção;

- Os eletrodutos entre as caixas de passagem devem ser contínuos e retilíneos e os vãos não devem ser superiores a 30 m em ambientes abertos, como estabelecido em norma.

6.2.3. Condutores Elétricos

A contratada deverá fornecer, instalar, ligar e testar todos os fios e cabos isolados necessários para as partes componentes do sistema de força e iluminação, incluindo conectores para cabos e fios, caixas terminais para cabos, emendas para cabos e materiais para sua execução, garras e calços e terminais para cabos, etiquetas de identificação e outros equipamentos diversos necessários para efetuar uma instalação completa, pronta para operação.

Os tipos de cabos deverão ser como especificados nos desenhos de execução. As enfições devem ser com condutores flexíveis de isolação 750 V com encordoamento classe 5 no circuito terminal e cabos com camada dupla 0,6/1,0 kV com encordoamento classe 5 para os alimentadores de força de 70,0 mm², para todos os circuitos seja em instalações subterrâneas ou externas, ambos devem possuir características anti-chama, livres de halogêneo, coberto com composto termoplástico polivinílico PVC sem chumbo e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos.

Os trechos de cabo deverão ser contínuos, de terminal a terminal, tanto quanto permitido pelos comprimentos comerciais disponíveis. Caso haja necessidade de emendas no trecho, deverão ser feitas de uma maneira aprovada, em caixa de passagem, caixa de inspeção ou em caixa apropriada para a finalidade. Todas as emendas e conexões dos cabos deverão ser executadas de acordo com as instruções do fabricante dos cabos.

Os cabos e fios isolados deverão ser manuseados com cuidado para evitar dobramentos e danos à isolação e às capas externas. Os cabos não deverão ser curvados em raio menor do que aquele recomendado pelo fabricante, ou como determinar a contratante.

A contratada deverá instalar todos os conectores e terminais necessários e deverá fazer todas as conexões exigidas para apresentar uma instalação completa pronta para funcionar. Deverão ser fornecidas e instaladas

etiquetas de identificação de cabo de tipo permanente nas duas extremidades, em todos os cabos usados para força, iluminação, medição e proteção para facilitar a identificação dos cabos, não sendo permitido o uso de fitas adesivas como identificação.

As etiquetas deverão levar as designações do fio indicados nos desenhos de execução ou como de outra maneira indicado pela contratante.

A fiação deverá ser instalada em eletrodutos, conforme mostrado nos desenhos de execução. Deverá ser aplicado talco a todos os fios e cabos quando forem puxados dentro dos eletrodutos e também poderá ser soprado talco dentro dos eletrodutos antes que o fio seja puxado, para facilitar a instalação. Não deverão ser usadas graxas ou produtos de petróleo para esse fim. Deverão ser deixados, em todos os pontos de ligações, comprimentos adequados de fio para permitir emendas. Os carretéis de cabo deverão ser instalados em locais convenientes, de modo que o cabo possa ser puxado do carretel para dentro do eletroduto sem danificar o isolamento.

Todo fio encontrado danificado ou em desacordo com o código especificado, deverá ser removido e substituído sem despesa alguma para o contratante. O cabo deverá ser protegido contra a umidade durante a instalação. O cabo deverá ser puxado através do eletroduto por meio de garras trançadas de tipo aprovado, ligadas através de uma polia apropriada ao cabo de puxamento. A tensão de puxamento do cabo não deverá exceder o valor recomendado para o cabo, quando medido por dinamômetro de tensão. Todo o equipamento, dispositivos e materiais para puxar cabos, deverão ser fornecidos pela contratada.

Todas as emendas de condutores de bitolas de 1,5 mm² até 6,0 mm² devem ser soldadas e isoladas com fita isolante, para demais bitolas aconselha-se o uso de conectores apropriados para cada tipo de ligação não esquecendo a isolação apropriada evitando a todo custo eventuais curtos-circuitos na instalação.

Quanto à identificação dos condutores pela cor, aconselhamos o seguinte esquema, levando em consideração a norma NBR 5410:

- Fases: Preto, branco ou amarelo;
- Neutro: Azul-claro;

- Proteção: Verde ou verde-amarelo.

As devidas dimensões para cada condutor terão seus cálculos apresentados e recomendados como exposto no memorial de cálculo, quadro de carga e plantas baixas em anexo.

Deve ser deixada folga suficiente em cada trecho para permitir contração e expansão. Sempre que um determinado número de cabos ou fios de condutor único, compreendendo um circuito, seja forçado através de uma caixa de passagem, caixa terminal, canaletas de fiação, eles deverão ser esmeradamente dispostos ou amarrados uns aos outros.

Os cabos deverão ser amarrados usando-se um cordão aprovado e o método de amarração estará sujeito à aprovação da contratante. Fios e cabos expostos deverão estar limpos de todo o lubrificante usado no lançamento que possa ter ficado sobre os mesmos após a estiragem através dos eletrodutos ou dutos.

As fitas e etiquetas deverão ser fornecidas pela contratada sujeitas à aprovação da contratante.

6.2.4. Caixa de Passagem

Todas as caixas de passagem externas devem ser de concreto com dimensões de no mínimo 60 x 60 x 60 cm de forma que facilitem as enfições dos cabos de alimentação. Algumas recomendações devem ser seguidas para que haja conservação e segurança com eletrodutos e cabos nas áreas externas, são elas:

- As caixas não devem possuir fundo onde o mesmo será preenchido com 10 cm de pedra do tipo brita 2 ou areia lavada de modo que não haja acúmulo de água nas caixas e eletrodutos;
- A caixa subterrânea terá acabamento interno em argamassa traço 1:3, deve-se ter cuidado vedando o duto adequadamente evitando a penetração de argamassa no mesmo;
- Pintar o interior da caixa com duas mãos de tinta branca;

- Chegando nas caixas de passagem, os eletrodutos devem ter um caimento de 1%.

Deve haver uma folga em cada circuito contido em cada caixa de passagem de cerca de 40 cm de cabos elétricos para assegurar maior segurança na hora da instalação.

6.2.5. Malha de Aterramento

Foi previsto a montagem de malha de aterramento geral visando atender a segurança e manter a equipotencialidade de toda a instalação.

O sistema de aterramento escolhido foi o TT, a ligação será em malha de terra tipo quadrada como descrito em seguida e ilustrado nas pranchas elétricas.

O aterramento geral recomendado será composto por uma malha de terra contendo quatro hastes de aço cobreado, tipo *Copperweld*, com dimensões de 5/8" x 2,40 metros, interligadas entre si através de cabo de cobre "nu", distanciadas de 2 metros e cravadas em triângulo, como ilustrado na prancha nas pranchas elétricas. Em casos específicos poderão as hastes ser cravadas de uma forma ou de outra, como por exemplo, triângulo, estrela, etc., desde que sejam respeitados os 3 metros de distância entre si.

As ligações entre os condutores de cobre nu e as hastes de aterramento deverão ser feitas com solda do tipo "exotérmica", não devendo ser empregados conectores com travamento à compressão, a parafusos ou soldas de estanho.

NOTA: Luminárias e eletrodutos metálicos que tenham suas partes metálicas expostas sem proteção devem ser interligadas ao sistema de aterramento.

6.2.6. Quadro Elétrico

Os quadros de distribuição geral que contem os circuitos de distribuição serão tipo metálico, pintura à base de pó de epóxi, para instalação de sobrepor em parede, tensão de 500 V. O quadro deverá ser dotado dos respectivos barramentos de interligação, etiquetas identificadoras dos circuitos, etc., de

acordo com os diagramas unifilares e ser construído em estrita obediência ao que prescrevem as normas brasileiras e a NR-10 quanto aos aspectos de segurança física e operacional.

O barramento principal deverá ter barras de cobre eletrolíticas monofásicas, horizontais ou verticais ficando a cargo do montador a melhor forma de montagem e dimensionadas para a corrente nominal e de curto circuito do projeto.

Os barramentos deverão ser montados em suportes de material isolante, com propriedades dielétricas adequadas e resistentes aos efeitos térmicos e mecânicos da corrente de curto-circuito especificada.

Deverá ser prevista uma barra de terra de cobre eletrolítico horizontal, adequadamente dimensionada, por toda a extensão do conjunto, fornecida com conectores do tipo pressão para cabos de seção de 1,5 a 25,0 mm² em ambas as extremidades.

6.2.7. Luminárias e Lâmpadas Elétricas

Quanto ao Nível de Iluminamento a ser alcançado com o referido projeto, deve-se adequar a natureza dos trabalhos nas Estações Elevatória de Água, representada, basicamente, por atividades operativas industriais e de manutenção, com as condições de segurança pretendidas. Por outro lado, diante da natureza descrita para a operação dos trabalhos na área, não há exigência no grau de reprodução de cores. Portanto, buscando-se maximizar os aspectos de ordem econômica para o projeto, deve-se optar por adotar o emprego de lâmpadas de descarga, de baixo consumo, na busca de maior rendimento energético para o sistema de iluminação.

Para melhor distribuição espacial da luz, estudou-se a distribuição das luminárias obedecendo ao critério de dotar-se zonas com níveis de iluminamento (iluminâncias intermediárias entre os pontos) que atendam ao nível mínimo exigido pelas Normas.

As luminárias e respectivos suportes de fixação foram escolhidos em função da condição ambiental, os suportes devem ser fixados no teto ou caibros de tal forma que as luminárias fiquem a uma altura útil de 3,00 metros em

relação ao piso da casa de bombas. Os materiais de construção dessas luminárias deverão, portanto, serem altamente resistentes às condições do local da instalação, sendo altamente recomendável a menor quantidade de materiais ferrosos em sua composição. O mesmo procedimento foi adotado para a escolha dos suportes de sustentação das luminárias, que além dos aspectos retro deverão guardar compromisso com o partido arquitetônico do ambiente.

Escolha do tipo de Lâmpada - em se tratando de Iluminação de Área Industrial, procurou-se conciliar a disponibilidade do que há no mercado de lâmpadas com os vários tipos de tecnologia associada. É importante considerar que a escolha do tipo de lâmpada deverá levar em consideração, principalmente, os seguintes fatores: potência elétrica de consumo da lâmpada (W), rendimento luminoso (Lum/W), energia elétrica consumida por tempo de operação, por exemplo, no mês (kWh/mês), Fluxo luminoso inicial da lâmpada (Lumens), Vida útil (horas) e o Custo operacional mensal (R\$/mês). Esses fatores deverão ser conjugados conjuntamente com outras condições do projeto, como por exemplo, tipo de serviço/atividade a que se destina o projeto de iluminação, condições ambientais do local, altura de montagem da luminária, grau de uniformização da iluminação no plano de trabalho/atividade, etc.

Os circuitos elétricos de alimentação das luminárias serão monofásicos, em 220 V, derivados de sistema trifásico em 380 V. Será adotado o sistema TN-S, a cinco (ou três) condutores (F-N-PE). O circuito monofásico deverá ser alimentado por uma das três fases, seguindo para isso o balanceamento de fases presente no quadro de cargas.

6.2.8. Quadros de Comandos Para Motores

Os Centros de Controle de Motores – QCM's devem ser tipo metálico, pintura à base de pó de epóxi, auto-portante, modulado, para instalação abrigada, sobrepor, com entrada e saída de condutores por baixo, DPS (Dispositivo de proteção contra surto) nas três fases e no neutro; Disjuntores magnéticos tripolares com disparadores de sobrecorrente termo-magnéticos formando conjunto de proteção para os conjuntos motobombas; Um disjuntor tripolar em caixa moldada corrente nominal como proteção geral; Três TCs 100-5 A; Um Multimetro de grandezas elétricas com saída serial RS485; Na

parte relativa ao QCM, os módulos para acionamento dos motores deverão ser constituídos de: dois módulos para comando/controle de motores (um para cada motor) dotados de conjunto de chave de Partida para motores para acionamento de bomba pela porta frontal do respectivo quadro. Cada módulo para acionamento do motor deverá ser constituído de: Conjunto de seguranças tipo Diazed Ultra-rápido.

O QCM deverá ser fornecido com diagrama unifilar a depender da configuração escolhida pelo fabricante e ser construído em estrita obediência ao que prescrevem as normas brasileiras e a NR-10 quanto aos aspectos de segurança física e operacional.

6.2.9. MULTI MEDIDOR DE GRANDEZAS ELÉTRICAS

O Multi Medidor deverá disponibilizar em seu mostrador digital leituras de grandezas elétricas trifásicas ou monofásicas (F-F ou F-N). Podendo ser ligado em qualquer rede de comunicação com protocolo MODBUS RTU através de sua porta RS485.

6.2.9.1. Características Elétricas

- Medidor de múltiplas grandezas elétricas polifásico com 2 ou 3 elementos de medição, três ou quatro fios (ligação delta ou estrela);
- Medição nos 4 quadrantes de potência – sentido do fluxo de potência;
- Precisão: - Tensão 0,5%, Corrente 0,5%, Potência/Energia 2%;
- Medição de corrente: - entrada para 0,05 a 5A, através de TC interno;
- Medição de tensão: entrada para 50 a 500Vca, alta impedância;
- Frequência: 50 e 60Hz – produtos distintos;
- Grandezas Elétricas medidas/calculadas:
 - Frequência da fase 1;
 - Tensão por fase e média trifásica;
 - Correntes por fase e média trifásica;

- Fator de potência por fase e médio trifásico;
- Potência ativa, reativa e aparente instantânea por fase e média trifásica;
- THD e Harmônicas ímpares até 31º ordem para tensão e corrente;
- Energia direta ativa, indutiva e capacitiva;
- Energia reversa ativa, indutiva e capacitiva;
- Demanda ativa e reativa trifásica;
- Consumo ativo e reativo trifásico;
- Comunicação: Serial RS485. Velocidade programável em 9,6k, 19,2k, 38,4k bits/segundo;
- Protocolo de comunicação: MODBUS-RTU;
- Entrada de tensão de Alimentação: 90 a 270Vca
- Consumo: 10VA;
- Alarme: 1 Saída NA, contato seco, com capacidade de acionar até 105VA/250Vca;
- Parâmetros programáveis:
 - Primário do TP (V): - 20 a 500.000
 - Secundário do TP (V): - 20 a 500
 - Primário do TC (A): - 5 a 65.000
 - Secundário do TC (A): - 1 a 5
 - Tipo de ligação: Delta / Estrela
 - Endereço da rede: - 1 a 250
 - Velocidade da rede (kbps): - 9,6/19,2/38,4
 - Alarme: - ON/OFF
 - Grandezas para alarme: - Vmax, Vmin, Imax, Imin, Fpmax, Fpmin, THD.

6.2.10. HORIMETRO DIGITAL

Horímetro (contador de horas de operação) digital para Fixação em porta de painel, com memória não volátil (não perde as horas contadas em caso de falta de energia) e possibilidade de reset.

6.2.10.1. Características

- Dimensional 48x24mm;
- 6 (seis) dígitos, sendo 1 fracionário (1/10h).

6.2.16. MOTORES ELÉTRICOS

De acordo com estudos realizados para recalque das estações elevatória de água destinada ao abastecimento de água das comunidades foram dimensionados motores trifásicos de indução de acordo com seus respectivos conjuntos de bombas, sendo assim as seguintes características elétricas foram assumidas:

Tabela 01 – Especificações do motor de indução trifásico de 5 CV do Reservatório Apoiado.

Item	Especificação	Descrição
1	Quantidade	2 (1+1)
2	Máquina acionada	Bomba Centrífuga
3	Potência Nominal	5 CV
4	Tensão Nominal	220/380 V
5	Número de fases	3
6	Frequência Nominal	60 Hz
7	Número de pólos	4
8	Regime de serviço	Contínuo (S1)
9	Fator de serviço	1,15
10	Tipo de rotor	Gaiola

11	Método de partida	<i>Direta</i>
12	Categoria	N
13	Temperatura ambiente	-20°C - +40°C
14	Elevação de temperatura	Classe B – 80°C
15	Classe de isolamento	Classe F
16	Ip/In	7,9
17	Instalação	Abrigada
18	Classificação da área	Normal
19	Grau de proteção	IP 55
20	Altitude	<1000 m
21	Proximidade do mar	Não
22	Fator de Potência	0,85
23	Rendimento	0,93

Tabela 02 – Especificações do motor de indução trifásico de 5 CV da Reservatório Lavagem.

Item	Especificação	Descrição
1	Quantidade	2 (1+1)
2	Máquina acionada	Bomba Centrífuga
3	Potência Nominal	5 CV
4	Tensão Nominal	220/380 V
5	Número de fases	3
6	Frequência Nominal	60 Hz
7	Número de pólos	4
8	Regime de serviço	Contínuo (S1)
9	Fator de serviço	1,15
10	Tipo de rotor	Gaiola
11	Método de partida	<i>Direta</i>

12	Categoria	N
13	Temperatura ambiente	-20°C - +40°C
14	Elevação de temperatura	Classe B – 80°C
15	Classe de isolamento	Classe F
16	Ip/In	7,9
17	Instalação	Abrigada
18	Classificação da área	Normal
19	Grau de proteção	IP 55
20	Altitude	<1000 m
21	Proximidade do mar	Não
22	Fator de Potência	0,85
23	Rendimento	0,93

Tabela 03 – Especificações do motor de indução trifásico de 2 CV da Floculador (Casa de Química).

Item	Especificação	Descrição
1	Quantidade	2 (1+1)
2	Máquina acionada	Bomba Centrífuga
3	Potência Nominal	2 CV
4	Tensão Nominal	220 V
5	Número de fases	1
6	Frequência Nominal	60 Hz
7	Número de pólos	4
8	Regime de serviço	Contínuo (S1)
9	Fator de serviço	1,15
10	Tipo de rotor	Gaiola
11	Método de partida	<i>Direta</i>
12	Categoria	N
13	Temperatura ambiente	-20°C - +40°C

14	Elevação de temperatura	Classe B – 80°C
15	Classe de isolamento	Classe F
16	Ip/In	7,9
17	Instalação	Abrigada
18	Classificação da área	Normal
19	Grau de proteção	IP 55
20	Altitude	<1000 m
21	Proximidade do mar	Não
22	Fator de Potência	0,85
23	Rendimento	0,93

Tabela 04 – Especificações do motor de indução trifásico de 1 CV da Dosador (Casa de Química).

Item	Especificação	Descrição
1	Quantidade	2 (1+1)
2	Máquina acionada	Bomba Centrífuga
3	Potência Nominal	2 CV
4	Tensão Nominal	220 V
5	Número de fases	1
6	Frequência Nominal	60 Hz
7	Número de pólos	4
8	Regime de serviço	Contínuo (S1)
9	Fator de serviço	1,15
10	Tipo de rotor	Gaiola
11	Método de partida	<i>Direta</i>
12	Categoria	N
13	Temperatura ambiente	-20°C - +40°C
14	Elevação de temperatura	Classe B – 80°C
15	Classe de isolamento	Classe F

16	Ip/In	7,9
17	Instalação	Abrigada
18	Classificação da área	Normal
19	Grau de proteção	IP 55
20	Altitude	<1000 m
21	Proximidade do mar	Não
22	Fator de Potência	0,85
23	Rendimento	0,93

MEMORIAL DE CÁLCULO

1. OBJETIVO

Este projeto tem como objetivo definir critérios para a construção de uma rede de distribuição em **13.8 kV** e montagem de uma subestação abaixadora de tensão do tipo aérea de **15 kVA 13800/380/220 V**, que se destina a atender as instalações elétricas da Estação de Tratamento de Água do Sistema de Abastecimento de Água/Sub-Sistema VII – Genivaldo Moura.

2. DADOS DA OBRA

Nome do proprietário:	Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba
Endereço:	Povoado Genivaldo Moura – Delmiro Gouveia/AL
Tipo de fornecimento (EEA):	Média Tensão
Tensão de alimentação Primária:	13.800 V
Tensão de alimentação Segundo:	220/380 V
Número da ART:	00027049017085011302

2. NORMAS

Além da NR 10 – Norma Regulamentada de Segurança em Serviços de Eletricidade, o presente projeto baseia-se nas seguintes normas técnicas e em caso de dúvida referente a aquele as normas abaixo devem ser consultadas para eventuais dúvidas:

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas:

- NBR 5410-2004 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão;
- NBR 14039:2005 – Instalações Elétricas de Média Tensão de 1,0 kV a 36,2 kV;

- NBR IEC 60947-2:2013 - Dispositivos de manobra e comando de baixa tensão - Parte 2: Disjuntores;
- NBR ISO/CIE 8995-1:2013 - Iluminâncias de interiores – procedimento;
- NBR 14136:12 - Plugues e tomadas para uso doméstico e análogo até 20 A/250 V em corrente alternada – Padronização;
- NBR 15465 - 2008 - Sistemas de eletrodutos plásticos para instalações elétricas de baixa tensão - Requisitos de desempenho
- NBR-5419-1/2015 Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas - Parte 1: Princípios Gerais.
- NBR-5419-1/2015 Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas - Parte 2: Gerenciamento de Risco
- NBR-5419-1/2015 Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas - Parte 3: Danos Físicos a Estrutura e Perigos a Vida.
- NBR-5419-1/2015 Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas – Parte 4: Sistema Elétrica e Eletrônicos Internos na Estrutura.

ELETROBRÁS – Distribuição Alagoas:

- Norma Técnica de Fornecimentos de Energia Elétrica em Média Tensão - NDEE01 Rev 00;
- Norma Técnica de Fornecimento de Energia Elétrica em Baixa Tensão (Edificações Individuais) - NDEE02 Rev 00;
- Norma Técnica de Fornecimento de Energia Elétrica em Baixa Tensão (Edificações Coletivas) - NDEE03 Rev 00.

As normas acima mencionadas atendem aos requisitos mínimos para instalação e montagem de equipamentos e estruturas pertencentes ao projeto elétrico das instalações. A contratante poderá exigir conforme as necessidades

específicas que a contratada utilize normas além das descritas acima para cada caso.

3. DIMENSIONAMENTO

3.1. Sistema de Suprimento de Energia Elétrica para a QDG Casa de Química

O QDG da Casa de Química será suprido de energia elétrica através de uma subestação trifásica ao tempo. Sua potência nominal será de 15 kVA, em tensão primária de 13.800 V circuito delta, e em tensão secundária de 380/220 V nominais a quatro fios (3 fases e neutro) em circuito estrela aterrado.

A fiação formada por fios flexíveis de cobre unipolares, com isolamento em PVC 750 V, na bitola de #10 mm² para os condutores de fase e neutro e de #10 mm² para proteção, partirá da caixa M4 de proteção do disjuntor e medidor, em ramal subterrâneo, circuito trifásico (3F+N+T) até o quadro de distribuição geral (QDG), conforme mostrado nos desenhos de referência e em atendimento ao que prescreve a norma da concessionária. Os cabos do circuito alimentador serão condicionados em eletrodutos de diâmetro nominal 32 mm instalados sob solo.

Circuito C1 – Quadro RESERVATÓRIO APOIADO com uma carga de 4008 W.

Proteção e Comando: Disjuntor termomagnético trifásico de 20 A

Alimentação: Fio sintenax 4,0 mm², isolado para 750 V.

Corrente = $4008 / 1,732 \times 380 \text{ V} = 6,08 \text{ A}$

isolamento de PVC

Correção de temperatura ambiente (35°C) → Corrente $6,08 / 0,94 = 6,47 \text{ A}$

Correção de Agrupamento → Corrente $6,47 / 0,80 = 8,09 \text{ A}$

Conforme ABNT-NBR 5410/2004

Tabela 33 - Tipos de linhas elétricas, método de instalação número 61A -

Cabos unipolares em eletroduto(de seção não-circular ou não) ou em canaleta

não-ventilada enterrado(a), Método de referência D.

Tabela 36 – Capacidade de condução de corrente, condutores de cobre com isolamento em PVC, circuito com 2 (dois) condutores carregados, método de referência D, coluna 13 (treze), seção nominal 4,0mm² capacidade de condução de corrente 31 A (trinta e um). um condutor para fase e neutro.

Queda de tensão : máxima = 2% de 380V => 7,6 V Distância do quadro a carga em Km = 50 metros ou 0,050km.

Queda de Tensão Unitária ---K= 7,79 V/Axkm cosØ = 0,8

(K = Constante encontrada na tabela da pirelle)

Queda de tensão (DV) = 7,79 x 8,09 x 0,050 = **3,15 V** << 7,6 V

Circuito C2 – Quadro RESERVATÓRIO RETRO LAVAGEM com uma carga de 2756 W.

Proteção e Comando: Disjuntor termomagnético trifásico de 20 A

Alimentação: Fio sintenax 4,0 mm², isolado para 750 V.

Corrente = 2756 / 1,732 x 380 V = **4,18 A**

isolamento de PVC

Correção de temperatura ambiente (35°C) → Corrente 4,18 / 0,94 = **4,47 A**

Correção de Agrupamento → Corrente 4,47 / 0,80 = **5,56 A**

Conforme ABNT-NBR 5410/2004

Tabela 33 - Tipos de linhas elétricas, método de instalação número 61A -

Cabos unipolares em eletroduto (de seção não-circular ou não) ou em canaleta não-ventilada enterrado(a), Método de referência D.

Tabela 36 – Capacidade de condução de corrente, condutores de cobre com isolamento em PVC, circuito com 2 (dois) condutores carregados, método de referência D, coluna 13 (treze), seção nominal 4,0mm² capacidade de condução de corrente 31 A (trinta e um). um condutor para fase e neutro.

Queda de tensão : máxima = 2% de 380V => 7,6 V Distância do quadro a carga em Km = 50 metros ou 0,050km.

Queda de Tensão Unitária ---K= 7,79 V/Axkm $\cos\phi = 0,8$

(K = Constante encontrada na tabela da pirelle)

Queda de tensão (DV) = $7,79 \times 5,56 \times 0,050 = 2,15 \text{ V} \ll 7,6 \text{ V}$

Circuito C3 – QDFL - Casa de Química com uma carga de 2708 W.

Proteção e Comando: Disjuntor termomagnético trifásico de 10 A

Alimentação: Fio sintenax 2,5 mm², isolado para 750 V.

isolamento de PVC

Fórmulas

$$P = V * I * \sqrt{3} * \cos\phi$$

$\cos\phi$ = Fator de Potência

$$\sqrt{3} = 1,732$$

Corrente QDFL

Carga = 2708W

Fator de potência($\cos\phi$) = 0,80

Tensão: 380 V

$$I = 2708/380 * \sqrt{3} * \cos 0,80$$

$$I = 5,14 \text{ A}$$

Conforme ABNT 5410/2004 Tabela 33 - Tipos de linhas elétricas, método de instalação número 61A - Cabos unipolares em eletroduto (de seção não-circular ou não) ou em canaleta não-ventilada enterrado(a), Método de referência D.

Tabela 36 – Capacidade de condução de corrente, condutores de cobre com isolação em PVC, circuito com 3 (três) condutores carregados, método de referência D, coluna 13 (treze), seção nominal 2,5mm² capacidade de condução de corrente 24 (vinte e quatro) A

3.2. Sistema de Suprimento de Energia Elétrica para a QDFL Casa de Química

Fiação formada por fios flexíveis de cobre unipolares, com isolação em PVC 750 V, na bitola de #2,5 mm² para os condutores de fase e neutro partirá do quadro de distribuição geral (QDG), circuito trifásico (3F+N+T) até o quadro de distribuição força e luz (QDFL), conforme mostrado nos desenhos de referência e em atendimento ao que prescreve a norma da concessionária. Os cabos do circuito alimentador serão condicionados em eletrodutos de diâmetro nominal 32 mm instalados aparente sobre a parede.

Circuito C1 – Iluminação interna com uma carga de 60 W.

Proteção e Comando: Disjuntor termomagnético monofásico de 10 A

Alimentação: Fio sintenax 1,5 mm², isolado para 750 V.

isolamento de PVC

Fórmulas

$$P = V * I * \cos\phi$$

$\cos\phi$ = Fator de Potência

Corrente

$$\text{Carga} = 60\text{W}$$

$$\text{Fator de potência}(\cos\phi) = 0,95$$

$$\text{Tensão: } 220\text{ V}$$

$$I = 60 / 220 * \cos 0,95$$

$$I = 0,29\text{ A}$$

Circuito C2 – Tomadas com uma carga de 400 W.

Proteção e Comando: Disjuntor termomagnético monofásico de 10 A

Alimentação: Fio sintenax 2,5 mm², isolado para 750 V.

isolamento de PVC

Fórmulas

$$P = V * I * \cos\phi$$

$\cos\phi$ = Fator de Potência

Corrente

$$\text{Carga} = 400\text{W}$$

$$\text{Fator de potência}(\cos\phi) = 0,8$$

$$\text{Tensão: } 220\text{ V}$$

$$I = 400 / 220 * \cos 0,8$$

$$I = 2,27\text{ A}$$

Circuito C3 – Iluminação externa com uma carga de 120 W.

Proteção e Comando: Disjuntor termomagnético monofásico de 10 A

Alimentação: Fio sintenax 2,5 mm², isolado para 750 V.

isolamento de PVC

Fórmulas

$$P = V * I * \cos\phi$$

$\cos\phi$ = Fator de Potência

Corrente

$$\text{Carga} = 120\text{W}$$

$$\text{Fator de potência}(\cos\phi) = 0,95$$

$$\text{Tensão: } 220\text{ V}$$

$$I = 120 / 220 * \cos 0,95$$

$$I = 0,57\text{ A}$$

Circuito C4 – CCM - Casa de Química com uma carga de 2208 W.

Proteção e Comando: Disjuntor termomagnético trifásico de 15 A

Alimentação: Fio sintenax 2,5 mm², isolado para 750 V.

isolamento de PVC

Fórmulas

$$P = V * I * \sqrt{3} * \cos\phi$$

$\cos\phi$ = Fator de Potência

$$\sqrt{3} = 1,732$$

Corrente CCM

$$\text{Carga} = 2208\text{W}$$

$$\text{Fator de potência}(\cos\phi) = 0,80$$

$$\text{Tensão: } 380\text{ V}$$

$$I = 2208 / 380 * \sqrt{3} * \cos 0,80$$

$$I = 4,19\text{ A}$$

3.3. Sistema de Suprimento de Energia Elétrica para a CCM - Casa de Química

Fiação formada por fios flexíveis de cobre unipolares, com isolamento em PVC 750 V, na bitola de #2,5 mm² para os condutores de fase e neutro partirá do quadro de distribuição geral (QDG), circuito trifásico (3F+N+T) até o quadro de distribuição força e luz (QDFL), conforme mostrado nos desenhos de referência e em atendimento ao que prescreve a norma da concessionária. Os cabos do circuito alimentador serão condicionados em eletrodutos de diâmetro nominal 32 mm instalados aparente sobre a parede.

Circuito C1 – Floculador com uma carga de 1472 W.

Proteção e Comando: Disjuntor termomagnético monofásico de 15 A

Alimentação: Fio sintenax 2,5 mm², isolado para 750 V.

isolamento de PVC

Fórmulas

$$P = V * I * \cos\phi$$

$\cos\phi$ = Fator de Potência
1CV = 736W

Corrente Motor 2 CV

2 Cv x 736 W = 1472 W

Fator de potência($\cos\phi$) = 0,8

Tensão: 220 V

$I = 1472 / 220 * \cos 0,8$

$I = 8,36 \text{ A}$

Circuito C2 – Dosador com uma carga de 736 W.

Proteção e Comando: Disjuntor termomagnético monofásico de 10 A

Alimentação: Fio sintenax 2,5 mm², isolado para 750 V.

isolamento de PVC

Fórmulas

$P = V * I * \cos\phi$

$\cos\phi$ = Fator de Potência

1CV = 736W

Corrente Motor 1 CV

1 Cv x 736 W = 736 W

Fator de potência($\cos\phi$) = 0,8

Tensão: 220 V

$I = 736 / 220 * \cos 0,8$

$I = 4,18 \text{ A}$

Circuito C3 – Flocculador com uma carga de 1472 W. **(RESERVA)**

Proteção e Comando: Disjuntor termomagnético monofásico de 15 A

Alimentação: Fio sintenax 2,5 mm², isolado para 750 V.

isolamento de PVC

Fórmulas

$$P = V * I * \cos\phi$$

$\cos\phi$ = Fator de Potência
 $1CV = 736W$

Corrente Motor 2 CV

$$2 \text{ Cv} \times 736 \text{ W} = 1472 \text{ W}$$

$$\text{Fator de potência}(\cos\phi) = 0,8$$

$$\text{Tensão: } 220 \text{ V}$$

$$I = 1472 / 220 * \cos 0,8$$

$$I = 8,36 \text{ A}$$

Circuito C4 – Dosador com uma carga de 736 W. **(RESERVA)**

Proteção e Comando: Disjuntor termomagnético monofásico de 10 A

Alimentação: Fio sintenax 2,5 mm², isolado para 750 V.

isolamento de PVC

Fórmulas

$$P = V * I * \cos\phi$$

$\cos\phi$ = Fator de Potência
 $1CV = 736W$

Corrente Motor 1 CV

$$1 \text{ Cv} \times 736 \text{ W} = 736 \text{ W}$$

$$\text{Fator de potência}(\cos\phi) = 0,8$$

$$\text{Tensão: } 220 \text{ V}$$

$$I = 736 / 220 * \cos 0,8$$

$$I = 4,18 \text{ A}$$

3.4. Sistema de Suprimento de Energia Elétrica para os Reservatórios

3.4.1. Reservatório Apoiado

A fiação formada por fios flexíveis de cobre unipolares, com isolamento em PVC 750 V, na bitola de #4,0 mm² para os condutores de fase e neutro e de #4,0 mm² para proteção, quadro de distribuição geral (QDG), circuito trifásico (3F+N+T) até o QCM, em eletroduto enterrado, circuito trifásico (3F+N+T), conforme mostrado nos desenhos de referência e em atendimento ao que prescreve a norma da concessionária. Os cabos do circuito alimentador serão condicionados em eletrodutos de diâmetro nominal 32 mm.

Circuito C1 – Iluminação interna com uma carga de 80 W.

Proteção e Comando: Disjuntor termomagnético monofásico de 10 A

Alimentação: Fio sintenax 1,5 mm², isolado para 750 V.

Corrente = $80 / 220 \text{ V} = 0,40 \text{ A}$

isolamento de PVC

Correção de temperatura ambiente (35°C) → Corrente $0,4 / 0,94 = 0,42 \text{ A}$

Correção de Agrupamento → Corrente $0,42 / 0,80 = 0,53 \text{ A}$

Conforme ABNT-NBR 5410/2004 **Tabela 33** - Tipos de linhas elétricas, método de instalação número 7 - condutores isolados em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria, Método de referência B1.

Tabela 36 – Capacidade de condução de corrente, condutores de cobre com isolamento em PVC, circuito com 2 (dois) condutores carregados, método de referência B1, coluna 6 (seis), seção nominal 2,5mm² capacidade de condução de corrente 24 A (vinte e quatro). um condutor para fase e neutro.

Queda de tensão : máxima = 2% de 220V => 4,4 V Distância do quadro a carga em Km = 10 metros ou 0,010km.

Queda de Tensão Unitária ---K= 14,3 V/Axkm cosØ = 0,8

(K = Constante encontrada na tabela da pirelle)

Queda de tensão (DV) = $14,3 \times 0,53 \times 0,010 = 0,07 \text{ V} \ll 4,4 \text{ V}$

Circuito C2 – Tomadas com uma carga de 200 W.

Proteção e Comando: Disjuntor termomagnético monofásico de 10 A

Alimentação: Fio sintenax 2,5 mm², isolado para 750 V.

Corrente = $200 / 220 \text{ V} = 0,90 \text{ A}$

isolamento de PVC

Correção de temperatura ambiente (35°C) → Corrente $0,90 / 0,94 = 0,96 \text{ A}$

Correção de Agrupamento → Corrente 0,96 / 0,80 = **1,21 A**

Conforme ABNT-NBR 5410/2004

Tabela 33 - Tipos de linhas elétricas, método de instalação número 7 - condutores isolados em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria, Método de referência B1.

Tabela 36 – Capacidade de condução de corrente, condutores de cobre com isolamento em PVC, circuito com 2 (dois) condutores carregados, método de referência B1, coluna 6 (seis), seção nominal 2,5mm² capacidade de condução de corrente 24 A (vinte e quatro). um condutor para fase e neutro.

Queda de tensão : máxima = 2% de 220V => 4,4 V Distância do quadro a carga em Km = 10 metros ou 0,010km.

Queda de Tensão Unitária ---K= 14,3 V/Axkm cosØ = 0,8

(K = Constante encontrada na tabela da pirelle)

Queda de tensão (DV) = 14,3 x 1,21 x 0,010 = **0,17 V** << 4,4 V

Circuito C3 – Motor 5 CV Reservatório Apoiado => 3,68 kW => 4,94 kVA.

Proteção e Comando: Disjuntor termomagnético trifásico de 10 A

Alimentação: Fio sintenax 2,5 mm², isolado para 750 V.

Corrente = Im = 3680 / 380 x 1,732 x 0,93 x 0,80 = **7,51 A**

isolamento de PVC

Correção de temperatura ambiente (35°C) → Corrente 7,511 / 0,94 = **7,99 A**

Conforme ABNT-NBR 5410/2004.

Correção de temperatura Solo (35°C) → Corrente 7,99 / 0,84 = **9,51 A**

Conforme ABNT-NBR 5410/2004.

Fórmulas

$$P = V * I * \sqrt{3} * \cos\phi * \eta$$

$$1CV = 736W$$

$$\cos\phi = \text{Fator de Potência}$$

$$\sqrt{3} = 1,732$$

$$\eta = \text{Redimento do Motor}$$

$$S(kVA) = P(W) / \cos\phi * \eta$$

$$S = (5 * 736) / (0,80 * 0,93)$$

S= 4,94 kVA

Tabela 33 - Tipos de linhas elétricas, método de instalação número 33 - Cabos unipolares em eletroduto(de seção não-circular ou não) ou em canaleta não-ventilada enterrado(a), Método de referência D.

Tabela 36 – Capacidade de condução de corrente, condutores de cobre com isolamento em PVC, circuito com 3 (três) condutores carregados, método de referência D, coluna 13 (treze), seção nominal 10mm² capacidade de condução de corrente 52 A (sessenta e sete), um condutor para fase.

Queda de tensão : máxima = 2% de 380V => 7,6 V Distância do quadro a carga em Km = 40 metros ou 0,040km.

Queda de Tensão Unitária ---K= 14,33 V/Axkm $\cos\phi = 0,8$

(K = Constante encontrada na tabela da pirelle)

Queda de tensão (DV) = 14,33 x 9,51 x 0,040 = **5,43 V** << 7,6 V

Circuito C4 – Motor 5 CV Reservatório Apoiado => 3,68 kW => 4,94 kVA.

(RESERVA)

Proteção e Comando: Disjuntor termomagnético trifásico de 10 A

Alimentação: Fio sintenax 2,5 mm², isolado para 750 V.

Corrente = $I_m = 3680 / 380 \times 1,732 \times 0,93 \times 0,80 = \mathbf{7,51\ A}$

isolamento de PVC

Correção de temperatura ambiente (35°C) → Corrente 7,511 / 0,94 = **7,99 A**

Conforme ABNT-NBR 5410/2004.

Correção de temperatura Solo (35°C) → Corrente 7,99 / 0,84 = **9,51 A**

Conforme ABNT-NBR 5410/2004.

Fórmulas

$$P = V * I * \sqrt{3} * \cos\phi * \eta$$

$$1CV = 736W$$

$$\cos\phi = \text{Fator de Potência}$$

$$\sqrt{3} = 1,732$$

$$\eta = \text{Redimento do Motor}$$

$$S(\text{kVA}) = P(W) / \cos\phi \times \eta$$

$$S = (5 \times 736) / (0,80 \times 0,93)$$

$$S = 4,94 \text{ kVA}$$

Tabela 33 - Tipos de linhas elétricas, método de instalação número 33 - Cabos unipolares em eletroduto(de seção não-circular ou não) ou em canaleta não-ventilada enterrado(a), Método de referência D.

Tabela 36 – Capacidade de condução de corrente, condutores de cobre com isolamento em PVC, circuito com 3 (três) condutores carregados, método de referência D, coluna 13 (treze), seção nominal 10mm² capacidade de condução de corrente 52 A (sessenta e sete), um condutor para fase.

Queda de tensão : máxima = 2% de 380V => 7,6 V Distância do quadro a carga em Km = 40 metros ou 0,040km.

Queda de Tensão Unitária ---K= 14,33 V/Axkm $\cos\phi = 0,8$

(K = Constante encontrada na tabela da pirelle)

$$\text{Queda de tensão (DV)} = 14,33 \times 9,51 \times 0,040 = \mathbf{5,43 \text{ V}} < 7,6 \text{ V}$$

3.4.2. Reservatório Retro Lavagem

A fiação formada por fios flexíveis de cobre unipolares, com isolamento em PVC 750 V, na bitola de #4,0 mm² para os condutores de fase e neutro e de #4,0 mm² para proteção, quadro de distribuição geral (QDG), circuito trifásico (3F+N+T) até o QCM, em eletroduto enterrado, circuito trifásico (3F+N+T), conforme mostrado nos desenhos de referência e em atendimento ao que prescreve a norma da concessionária. Os cabos do circuito alimentador serão condicionados em eletrodutos de diâmetro nominal 32 mm.

Circuito C1 – Iluminação interna com uma carga de 80 W.

Proteção e Comando: Disjuntor termomagnético monofásico de 10 A

Alimentação: Fio sintenax 1,5 mm², isolado para 750 V.

$$\text{Corrente} = 80 / 220 \text{ V} = \mathbf{0,40 \text{ A}}$$

isolamento de PVC

$$\text{Correção de temperatura ambiente (35°C)} \rightarrow \text{Corrente } 0,4 / 0,94 = \mathbf{0,42 \text{ A}}$$

Correção de Agrupamento → Corrente 0,42 / 0,80 = **0,53 A**

Conforme ABNT-NBR 5410/2004 **Tabela 33** - Tipos de linhas elétricas, método de instalação número 7 - condutores isolados em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria, Método de referência B1.

Tabela 36 – Capacidade de condução de corrente, condutores de cobre com isolamento em PVC, circuito com 2 (dois) condutores carregados, método de referência B1, coluna 6 (seis), seção nominal 1,5mm² capacidade de condução de corrente 24 A (vinte e quatro). um condutor para fase e neutro.

Queda de tensão : máxima = 2% de 220V => 4,4 V Distância do quadro a carga em Km = 10 metros ou 0,010km.

Queda de Tensão Unitária ---K= 27,6 V/Axkm cosØ = 0,8

(K = Constante encontrada na tabela da pirelle)

Queda de tensão (DV) = 23,3 x 0,53 x 0,010 = **0,07 V** << 4,4 V

Circuito C2 – Tomadas com uma carga de 200 W.

Proteção e Comando: Disjuntor termomagnético monofásico de 10 A

Alimentação: Fio sintenax 2,5 mm², isolado para 750 V.

Corrente = 200 / 220 V = **0,90 A**

isolamento de PVC

Correção de temperatura ambiente (35°C) → Corrente 0,90 / 0,94 = **0,96 A**

Correção de Agrupamento → Corrente 0,96 / 0,80 = **1,21 A**

Conforme ABNT-NBR 5410/2004

Tabela 33 - Tipos de linhas elétricas, método de instalação número 7 - condutores isolados em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria, Método de referência B1.

Tabela 36 – Capacidade de condução de corrente, condutores de cobre com isolamento em PVC, circuito com 2 (dois) condutores carregados, método de referência B1, coluna 6 (seis), seção nominal 2,5mm² capacidade de condução de corrente 24 A (vinte e quatro). um condutor para fase e neutro.

Queda de tensão : máxima = 2% de 220V => 4,4 V Distância do quadro a carga em Km = 10 metros ou 0,010km.

Queda de Tensão Unitária ---K= 14,3 V/Axkm cosØ = 0,8

(K = Constante encontrada na tabela da pirelle)

Queda de tensão (DV) = $14,3 \times 1,21 \times 0,010 = 0,17 \text{ V} \ll 4,4 \text{ V}$

Circuito C3 – Motor 3 CV Lavagem => 2,208 kW => 2,96 kVA.

Proteção e Comando: Disjuntor termomagnético trifásico de 10 A

Alimentação: Fio sintenax 2,5 mm², isolado para 750 V.

Corrente = $I_m = 2208 / 380 \times 1,732 \times 0,93 \times 0,80 = 4,51 \text{ A}$

isolamento de PVC

Correção de temperatura ambiente (35°C) → Corrente $4,51 / 0,94 = 4,79 \text{ A}$

Conforme ABNT-NBR 5410/2004.

Correção de temperatura Solo (35°C) → Corrente $4,79 / 0,84 = 5,71 \text{ A}$

Conforme ABNT-NBR 5410/2004.

Fórmulas

$$P = V \times I \times \sqrt{3} \times \cos\phi \times \eta$$

$$1\text{CV} = 736\text{W}$$

$\cos\phi$ = Fator de Potência

$$\sqrt{3} = 1,732$$

η = Redimento do Motor

$$S(\text{kVA}) = P(\text{W}) / \cos\phi \times \eta$$

$$S = (3 \times 736) / (0,80 \times 0,93)$$

$$S = 2,96 \text{ kVA}$$

Tabela 33 - Tipos de linhas elétricas, método de instalação número 33 - Cabos unipolares em eletroduto(de seção não-circular ou não) ou em canaleta não-ventilada enterrado(a), Método de referência D.

Tabela 36 – Capacidade de condução de corrente, condutores de cobre com isolamento em PVC, circuito com 3 (três) condutores carregados, método de referência D, coluna 13 (treze), seção nominal 2,5mm² capacidade de condução de corrente 52 A (sessenta e sete), um condutor para fase.

Queda de tensão : máxima = 2% de 380V => 7,6 V Distância do quadro a carga em Km = 50 metros ou 0,050km.

Queda de Tensão Unitária ---K= 14,33 V/Axkm $\cos\phi = 0,8$

(K = Constante encontrada na tabela da pirelle)

Queda de tensão (DV) = $14,33 \times 5,71 \times 0,050 = 4,08 \text{ V}$ $\ll 7,6 \text{ V}$

Circuito C4 – Motor 3 CV Lavagem $\Rightarrow 2,208 \text{ kW} \Rightarrow 2,96 \text{ kVA}$. **(RESERVA)**

Proteção e Comando: Disjuntor termomagnético trifásico de 10 A

Alimentação: Fio sintenax 2,5 mm², isolado para 750 V.

Corrente = $I_m = 2208 / 380 \times 1,732 \times 0,93 \times 0,80 = 4,51 \text{ A}$

isolamento de PVC

Correção de temperatura ambiente (35°C) $\rightarrow$ Corrente $4,51 / 0,94 = 4,79 \text{ A}$

Conforme ABNT-NBR 5410/2004.

Correção de temperatura Solo (35°C) $\rightarrow$ Corrente $4,79 / 0,84 = 5,71 \text{ A}$

Conforme ABNT-NBR 5410/2004.

Fórmulas

$$P = V \times I \times \sqrt{3} \times \cos\phi \times \eta$$

$$1\text{CV} = 736\text{W}$$

$$\cos\phi = \text{Fator de Potência}$$

$$\sqrt{3} = 1,732$$

$$\eta = \text{Redimento do Motor}$$

$$S(\text{kVA}) = P(\text{W}) / \cos\phi \times \eta$$

$$S = (3 \times 736) / (0,80 \times 0,93)$$

$$S = 2,96 \text{ kVA}$$

Tabela 33 - Tipos de linhas elétricas, método de instalação número 33 - Cabos unipolares em eletroduto(de seção não-circular ou não) ou em canaleta não-ventilada enterrado(a), Método de referência D.

Tabela 36 – Capacidade de condução de corrente, condutores de cobre com isolação em PVC, circuito com 3 (três) condutores carregados, método de referência D, coluna 13 (treze), seção nominal 2,5 mm² capacidade de condução de corrente 24 A (vinte e quatro), um condutor para fase.

Queda de tensão : máxima = 2% de 380V $\Rightarrow 7,6 \text{ V}$ Distância do quadro a carga em Km = 50 metros ou 0,050km.

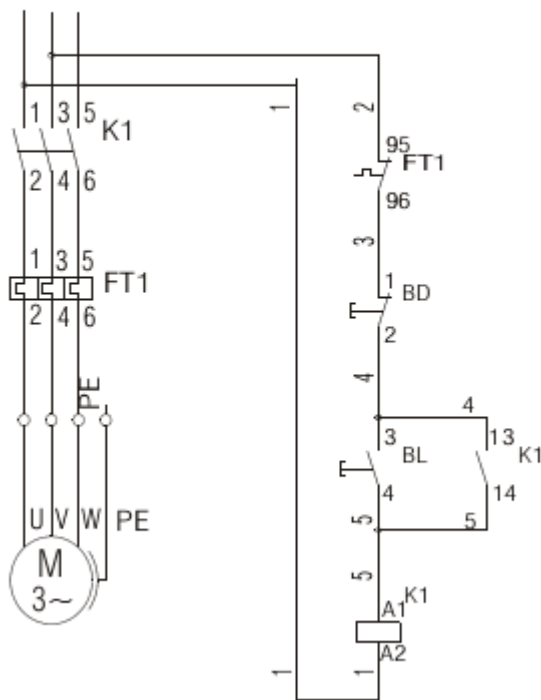
Queda de Tensão Unitária ---K= 14,33 V/Axkm $\cos\phi = 0,8$

(K = Constante encontrada na tabela da pirelle)

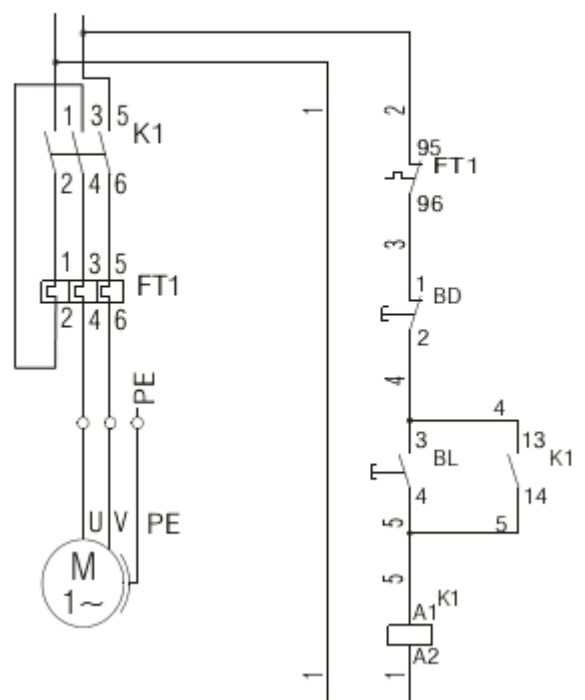
Queda de tensão (DV) = $14,33 \times 5,71 \times 0,050 = 4,08 \text{ V} < 7,6 \text{ V}$

3.5. Tipos de Partidas de Motores

Partida Direta Trifásica



Partida Direta Monofasica



3.6. Eletrodutos Alimentador

A taxa de utilização segundo norma NBR 5410 é de 40%, esse valor somado a as áreas dos condutores e diâmetro interno do eletroduto nos conduz aos seguintes valores específicos para os eletrodutos para o circuito alimentador.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{T \times \pi}} \quad \text{Onde, } A = \text{área total dos condutores; } T = \text{taxa de ocupação.}$$

$$D = \sqrt{4 \times 300 / 0,4 \times 3,14} = 30,90 \Rightarrow 32\text{mm}$$

Como a distância é de cerca de 50 metros para o eletroduto sem caixas intermediárias de passagem, então deve-se subir um nível de medida para os eletrodutos como afirma a norma NBR 5410-2004.

4. SUBESTAÇÃO

4.1. Dimensionamento da Subestação

Carga total = 9,47 kW

Fator de Potência = 0,83

Fator de Demanda Adotado = 1,00

Demanda Total = 11,89 kVA

Será adotada subestação de 15kVA.

Reserva:

$$R = (1 - 12,56 / 15) \times 100 = 77,06 \%$$

Transformador adotado: 15 kVA.

a) Corrente de Curto Circuito

Corrente de Curto Circuito (I_{cc})

$$Z = 3,5\%$$

I_T – corrente nominal do transformador, em A;

Z% – impedância percentual do transformador.

$$I_t = 15 \times 1000 / 380 \times 1,732 = 22,79A$$

$$I_{cc} = (22,79 / 3,5) \times 100 = 0,651 \text{ kA}$$

Será adotado ICC = 30 kA

$$\text{Potência de curto-circuito: } S_{cc} = \sqrt{3} \times 380 \times 0,651 \times 1000 = 0,33MVA$$

b) Dimensionamento dos Cabos e Disjuntores

Alimentação do transformador:

$$I_T = 22,79 \text{ A}$$

$$U = 380 \text{ V } L = 25,0m$$

Cabo estimado: 10 mm²

Pela Queda de Tensão:

$$\Delta U = 22,79 \times 1,732 \times 25 \times 0,83 / 56 \times 10 = 1,46 \text{ V}$$

$$\Delta\% = \Delta U \times 100 / 380 = 0,27 \text{ V}$$

Logo será adotado condutor de 10mm² para fase e de 10mm² para neutro. Proteção do Transformador:

Será adotado disjuntor termomagnético tripolar de 30A/380V/30kA.

4.2. Cálculo de Demanda

De acordo com as normas da concessionária local EDAL, os fatores de demanda são os seguintes:

a) Quadro QDG Reservatório Apoiado com uma carga de 4008 W.

$$4008 - 100\% = 4008 \text{ W}$$

$$4008 \div 0,8 = \mathbf{4,99 \text{ kVA}}$$

b) Quadro QDG Reservatório Lavagem com uma carga de 2756 W.

$$2756 - 100\% = 2756 \text{ W}$$

$$2756 \div 0,8 = \mathbf{3,42 \text{ kVA}}$$

c) Quadro QDFL com uma carga de 2708 W.

$$2708 - 100\% = 2708 \text{ W}$$

$$2708 \div 0,8 = \mathbf{3,38 \text{ kVA}}$$

Totais das demandas: 4,99 + 3,42 + 3,38 = **11,89 kVA**

Logo essa carga vai ser suprida pôr 01(um) transformador trifásico de 15 kVA, com um fator de utilização de **79,26 %**.

4.3 Disjuntores e Proteção

4.3.1. Disjuntor Geral de Baixa Tensão

A partir do valor de corrente nominal do circuito alimentador que é de 22,79 A, o valor do disjuntor será de 30 A com capacidade de interrupção mínima de 30 kA conforme norma da Eletrobras Distribuição Alagoas.

Será adotado disjuntor termomagnético tripolar de 30A/380V/30kA.

5. MEMÓRIA DE CÁLCULO SPDA

5.1. Avaliação do risco de proteção

A área de exposição equivalente (A_e) corresponde à área do plano da estrutura prolongada em todas as direções, de modo a levar em conta sua altura. Os limites da área de exposição equivalente estão afastados do perímetro da estrutura por uma distância correspondente à altura da estrutura no ponto considerado.

$$A_e = LW + 2LH + 2WH + \pi \cdot H^2 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$A_e = 128,35 \text{ m}^2 \Rightarrow \text{Casa de Química}$$

$$A_e = 60,61 \text{ m}^2 \Rightarrow \text{Reservatório Apoiado}$$

$$A_e = 49,54 \text{ m}^2 \Rightarrow \text{Reservatório Retrolavagem}$$

COMPRIMENTO L(m)

LARGURA W(m)

ALTURA H(m)

5.1.1. Densidade de descargas para a terra

A densidade de descargas atmosféricas para a terra (N_g) é o número de raios para a terra por km² por ano.

$N_g = 1,13 \text{ km}^2/\text{ano}$. (Consideramos para fins de estudo o município de Delmiro Gouveia, sendo o **pior caso** entre os municípios de Pariconha e Água Branca, conforme o site do INPE, que podemos verificar através do endereço eletrônico. <http://www.inpe.br/webelat/homepage/>)

5.1.2. Frequência média anual previsível de descargas

Frequência média anual previsível (Nd) de descargas atmosféricas sobre uma estrutura.

$$Nd = Ng \cdot Ae \cdot 10^{-6}$$

$$Nd = 6,82 \times 10^{-4}$$

5.1.3. Fatores de ponderação

Os fatores de ponderação denotam a importância relativa do risco em cada caso.

Tabela B.1 - Fator A: Tipo de ocupação da estrutura	
Tipo de ocupação	Fator A
Fábricas, oficinas e laboratórios	1

Tabela B.2 - Fator B: Tipo de construção da estrutura	
Tipo de ocupação	Fator B
Estrutura de alvenaria ou concreto simples, com qualquer cobertura, exceto metálica ou de palha	1

Tabela B.3 - Fator C: Conteúdo da estrutura e efeitos indiretos das descargas atmosféricas	
Conteúdo da estrutura ou efeitos indiretos	Fator C
Escolas, hospitais, creches e outras instituições, locais de afluência de público	1,7

Tabela B.4 - Fator D: Localização da estrutura Tipo de ocupação	
Localização	Fator D
Estrutura completamente isolada, ou que ultrapassa, no mínimo, duas vezes a altura de estruturas ou árvores próximas	2

Tabela B.5 - Fator E: Topografia da região Tipo de ocupação	
Topografia	Fator D
Elevações Moderadas	1

5.1.4. Frequência provável (Ndc) de descargas atmosféricas

Frequência média anual previsível de descargas atmosféricas sobre uma estrutura, após aplicados os fatores de ponderação.

$$N_{dc} = N_d \times A \times B \times C \times D \times E$$

$$N_{dc} = 6,95 \times 10^{-04} \text{ descargas/ano} \Rightarrow \text{Casa de Química}$$

$$N_{dc} = 4,11 \times 10^{-05} \text{ descargas/ano} \Rightarrow \text{Reservatório Apoiado}$$

$$N_{dc} = 3,36 \times 10^{-05} \text{ descargas/ano} \Rightarrow \text{Reservatório Retrolavagem}$$

5.1.5. Parâmetros normativos

- Se $N_{dc} \geq 10^{-3}$, uso de SPDA é obrigatório.
- Se $10^{-5} < N_{dc} < 10^{-3}$, uso do SPDA deve ser tecnicamente justificado.
- Se $N_{dc} \leq 10^{-5}$, uso de SPDA é dispensável.

5.1.6. Conclusão de cálculo

Apenas para critério de comparação entre o que era solicitado anteriormente pela NBR 5419:2001 e a mesma NBR 5419, atualizada no ano de 2015, percebemos que, pelos critérios adotados anteriormente, **o uso de SPDA não era obrigatório**, porém, devemos agora analisar os riscos de perdas de vidas humanas e de serviços públicos, para aí sim, definir a necessidade do uso ou não do SPDA, como veremos no item 5.2.

5.2. Avaliação de Risco

5.2.1 Risco de perda de vida humana (R1)

Os resultados para risco de perda de vida humana (incluindo ferimentos permanentes) levam em consideração os componentes de risco de descargas na estrutura e próximo desta, e descargas em uma linha conectada à estrutura e próximo desta.

A determinação do Risco de Perdas de Vida Humana, se dá pela seguinte fórmula:

$$R1 = Ra + Rb + Rc + Rm + Ru + Rv + Rw + Rz$$

5.2.1.1 Componente Ra (risco de ferimentos a seres vivos Causado por descargas na estrutura)

Componente relativo a ferimentos aos seres vivos, causados por choque elétrico devido às tensões de toque e passo dentro da estrutura e fora, nas zonas até 3m ao redor dos condutores de descidas.

A determinação da componente Ra, se dá pela seguinte fórmula:

$$Ra = Nd \times Pa \times La$$

$$Nd = Ng \times Ad \times Cd \times 10^{-6}$$

Nd (número de eventos perigosos para a estrutura)

Cd (Fator de localização)

Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)

$$Pa = Pta \times Pb$$

Pa (probabilidade de uma descarga na estrutura causar ferimentos a seres vivos por choque elétrico)

Pta (Probabilidade de uma descarga a uma estrutura causar choque a seres vivos devido a tensões de toque e de passo)

Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos)

$$La = rt \times Lt \times (nz/nt) \times (tz/8760)$$

La (valores de perda na zona considerada)

rt (Fator de redução em função do tipo da superfície do solo ou do piso)

Lt (Número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico devido a um evento perigoso)

nz (Número de pessoas na zona considerada)

nt (Número total de pessoas na estrutura)

tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)
8760 h/ano

5.2.1.2 Componente Rb (risco de danos físicos na estrutura causado por descargas na estrutura)

Componente relativo a danos físicos, causados por centelhamentos perigosos dentro da estrutura iniciando incêndio ou explosão, os quais podem também colocar em perigo o meio ambiente.

A determinação da componente Rb, se dá pela seguinte fórmula:

$$R_b = N_d \times P_b \times L_b$$

$$N_d = N_g \times A_d \times C_d \times 10^{-6}$$

Nd (número de eventos perigosos para a estrutura)

Cd (Fator de localização)

Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)

Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos)

$$L_b = r_p \times r_f \times h_z \times L_f \times (n_z/n_t) \times (t_z/8760)$$

Lb (valores de perda na zona considerada)

rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio)

rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)

hz (Fator aumentando a quantidade relativa de perda na presença de um perigo especial)

Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso)

nz (Número de pessoas na zona considerada)

nt (Número total de pessoas na estrutura)

tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)
8760 h/ano

5.2.1.3 Componente Rc (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas na estrutura)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por pulsos eletromagnéticos devido às descargas atmosféricas. Perda de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos, junto com a perda de vida humana,

nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

A determinação da componente Rb, se dá pela seguinte fórmula:

$$R_c = N_d \times P_c \times L_c$$

$$N_d = N_g \times A_d \times C_d \times 10^{-6}$$

N_d (número de eventos perigosos para a estrutura)

C_d (Fator de localização)

N_g (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)

$$P_c = 1 - [(1 - P_{c.E}) \times (1 - P_{c.T})]$$

$$P_{c.E} = P_{spd.E} \times C_{ld.E}, P_{c.T} = P_{spd.T} \times C_{ld.T}$$

P_c (probabilidade de uma descarga na estrutura causar falha a sistemas internos)

P_{spd} (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados)

C_{ld} (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)

$$L_c = L_o \times (n_z/n_t) \times (t_z/8760)$$

L_c (valores de perda na zona considerada)

L_o (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso)

n_z (Número de pessoas na zona considerada)

n_t (Número total de pessoas na estrutura)

t_z (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)
8760 h/ano

5.2.1.4 Componente Rm (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas perto da estrutura)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por pulsos eletromagnéticos devido às descargas atmosféricas. Perdas de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos junto com a perda da vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

A determinação da componente Rm, se dá pela seguinte fórmula:

$$R_m = N_m \times P_m \times L_m$$

$$N_m = N_g \times A_m \times 10^{-6}$$

N_m (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas perto da estrutura)

N_g (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)

A_m (Área de exposição equivalente de descargas que atingem perto da estrutura)

P_m (probabilidade de uma descarga perto da estrutura causar falha de sistemas internos)

$$P_{ms} = (K_{s1} \times K_{s2} \times K_{s3} \times K_{s4})^2$$

$$P_{m.E} = P_{spd.E} \times P_{ms.E}, P_{m.T} = P_{spd.T} \times P_{ms.T}$$

$$P_m = 1 - [(1 - P_{m.E}) \times (1 - P_{m.T})]$$

P_{spd} (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados)

K_{s1} (Fator relevante à efetividade da blindagem por malha de uma estrutura)

K_{s2} (Fator relevante à efetividade da blindagem por malha dos campos internos de uma estrutura)

K_{s3} (Fator relevante às características do cabeamento interno)

Ks4 (Fator relevante à tensão suportável de impulso de um sistema)

Uw (Tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido) (kV)

$$L_m = L_o \times (n_z/n_t) \times (t_z/8760)$$

L_m (valores de perda na zona considerada)

L_o (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso)

n_z (Número de pessoas na zona considerada)

n_t (Número total de pessoas na estrutura)

t_z (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)
8760 h/ano

5.2.1.5 Componente Ru (risco de ferimentos a seres vivos causado por descargas na linha conectada)

Componente relativo a ferimentos aos seres vivos, causados por choque elétrico devido às tensões de toque e passo dentro da estrutura.

A determinação da componente Ru, se dá pela seguinte fórmula:

$$R_u = R_{u.E} + R_{u.T}$$

$$R_u = [(N_{L.E} + N_{d,j.E}) \times P_{u.E} \times L_u] + [(N_{L.T} + N_{d,j.T}) \times P_{u.T} \times L_u]$$

AL (área de exposição equivalente de descargas para a terra que atingem a linha)

LL (Comprimento da seção de linha)

$$AL = 40 \times LL$$

Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)

NL (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha)

Ci (Fator de instalação da linha)

Ct (Fator do tipo de linha)

Ce (Fator ambiental)

$$NL = Ng \times AL \times Ci \times Ce \times Ct \times 10^{-6}$$

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

Adj (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente)

Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente)

$$Ndj = Ng \times Adj \times Cdj \times Ct \times 10^{-6}$$

Pu (probabilidade de uma descarga em uma linha causar ferimentos a seres vivos por choque elétrico)

$$Pu = Ptu \times Peb \times Pld \times Cld$$

Ptu (Probabilidade de uma estrutura em uma linha que adentre a estrutura causar choques a seres vivos devidos a tensões de toque perigosas)

Peb (Probabilidade em função do NP para qual os DPS foram projetados)

Pld (Probabilidade dependendo da resistência Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipamento)

Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)

$$Lu = rt \times Lt \times (nz / nt) \times (tz / 8760)$$

Lu (valores de perda na zona considerada)

rt (Fator de redução em função do tipo da superfície do solo ou do piso)

Lt (Número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico devido a um evento perigoso)

nz (Número de pessoas na zona considerada)

nt (Número total de pessoas na estrutura)

tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)
8760 h/ano

5.2.1.6 Componente Rv (risco de danos físicos na estrutura causado por descargas na linha conectada)

Componente relativo a danos físicos (incêndio ou explosão iniciados por centelhamentos perigosos entre instalações externas e partes metálicas, geralmente no ponto de entrada da linha na estrutura), devido à corrente da descarga atmosférica transmitida, ou ao longo das linhas.

A determinação da componente Rv, se dá pela seguinte fórmula:

$$R_v = R_{v.E} + R_{v.T}$$

$$R_v = [(NL.E + Ndj.E) \times P_{v.E} \times L_v] + [(NL.T + Ndj.T) \times P_{v.T} \times L_v]$$

$$AL = 40 \times LL$$

AL (área de exposição equivalente de descargas para a terra que atingem a linha)

LL (Comprimento da seção de linha)

Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)

$$NL = Ng \times AL \times C_i \times C_e \times C_t \times 10^{-6}$$

NL (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha)

Ci (Fator de instalação da linha)

Ct (Fator do tipo de linha)

Ce (Fator ambiental)

$$Ndj = Ng \times Adj \times Cdj \times C_t \times 10^{-6}$$

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

Adj (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente)

Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente)

$$P_v = P_{eb} \times P_{ld} \times C_{ld}$$

P_v (probabilidade de uma descarga em uma linha causar danos físicos)

P_{ld} (Probabilidade dependendo da resistência R_s da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso U_w do equipamento)

C_{ld} (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)

P_{eb} (Probabilidade em função do NP para qual os DPS foram projetados)

$$L_v = r_p \times r_f \times h_z \times L_f \times (n_z/n_t) \times (t_z/8760)$$

L_v (valores de perda na zona considerada)

r_p (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio)

r_f (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)

h_z (Fator aumentando a quantidade relativa de perda na presença de um perigo especial)

L_f (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso)

n_z (Número de pessoas na zona considerada)

n_t (Número total de pessoas na estrutura)

t_z (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)
8760 h/ano

5.2.1.7 Componente R_w (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas na linha conectada)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta. Perda de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos, junto com a perda de vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

$$NL = Ng \times AL \times Ci \times Ce \times Ct \times 10^{-6}$$

NL (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha)

Ci (Fator de instalação da linha)

Ct (Fator do tipo de linha)

Ce (Fator ambiental)

$$AL = 40 \times LL$$

AL (área de exposição equivalente de descargas para a terra que atingem a linha)

LL (Comprimento da seção de linha)

Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)

$$Ndj = Ng \times Adj \times Cdj \times Ct \times 10^{-6}$$

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

Adj (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente)

Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente)

$$Pw = Pspd \times Pld \times Cld$$

Pw (probabilidade de uma descarga em uma linha causar falha a sistemas internos)

Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados)

PId (Probabilidade dependendo da resistência R_s da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso U_w do equipamento)

CId (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)

$$L_w = L_o \times (n_z/n_t) \times (t_z/8760)$$

L_w (valores de perda na zona considerada)

L_o (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso)

n_z (Número de pessoas na zona considerada)

n_t (Número total de pessoas na estrutura)

t_z (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)
8760 h/ano

5.2.1.8 Componente R_z (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas perto da linha)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta. Perda de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos, junto com a perda da vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

$$P_z = P_{spd} \times P_{li} \times C_{li}$$

P_z (probabilidade de uma descarga perto da linha conectada à estrutura causar falha de sistemas internos)

P_{spd} (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados)

P_{li} (Probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descarga perto da linha conectada dependendo das características da linha e dos equipamentos)

Cli (Fator que depende da blindagem, do aterramento e das condições da isolação da linha)

$$Lz = Lo \times (nz/nt) \times (tz/8760)$$

Lz (valores de perda na zona considerada)

Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso)

nz (Número de pessoas na zona considerada)

nt (Número total de pessoas na estrutura)

tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)
8760 h/ano

5.2.3 Risco de perdas de serviço ao público (R2)

Os resultados para risco de perda de serviço ao público levam em consideração os componentes de risco de descargas na estrutura e próximo desta, e descargas em uma linha conectada à estrutura e próximo desta.

A determinação do Risco de Perdas de Serviço Público, se dá pela seguinte fórmula:

$$R2 = Rb + Rc + Rm + Rv + Rw + Rz$$

5.2.3.1 Componente Rb (risco de danos físicos na estrutura causado por descargas na estrutura)

Componente relativo a danos físicos, causados por centelhamentos perigosos dentro da estrutura iniciando incêndio ou explosão, os quais podem também colocar em perigo o meio ambiente.

A determinação da componente Rb, se dá pela seguinte fórmula:

$$Rb = Nd \times Pb \times Lb$$

$$N_d = N_g \times A_d \times C_d \times 10^{-6}$$

N_d (número de eventos perigosos para a estrutura)

C_d (Fator de localização)

N_g (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)

P_b (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos)

$$L_b = r_p \times r_f \times h_z \times L_f \times (n_z/n_t) \times (t_z/8760)$$

L_b (valores de perda na zona considerada)

r_p (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio)

r_f (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)

h_z (Fator aumentando a quantidade relativa de perda na presença de um perigo especial)

L_f (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso)

n_z (Número de pessoas na zona considerada)

n_t (Número total de pessoas na estrutura)

t_z (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)
8760 h/ano

5.2.3.2 Componente R_c (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas na estrutura)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por pulsos eletromagnéticos devido às descargas atmosféricas. Perda de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos, junto com a perda de vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

A determinação da componente R_b , se dá pela seguinte fórmula:

$$R_c = N_d \times P_c \times L_c$$

$$N_d = N_g \times A_d \times C_d \times 10^{-6}$$

N_d (número de eventos perigosos para a estrutura)

C_d (Fator de localização)

N_g (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)

$$P_c = 1 - [(1 - P_{c.E}) \times (1 - P_{c.T})]$$

$$P_{c.E} = P_{spd.E} \times C_{ld.E}, P_{c.T} = P_{spd.T} \times C_{ld.T}$$

P_c (probabilidade de uma descarga na estrutura causar falha a sistemas internos)

P_{spd} (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados)

C_{ld} (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)

$$L_c = L_o \times (n_z/n_t) \times (t_z/8760)$$

L_c (valores de perda na zona considerada)

L_o (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso)

n_z (Número de pessoas na zona considerada)

n_t (Número total de pessoas na estrutura)

t_z (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)
8760 h/ano

5.2.3.3 Componente Rm (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas perto da estrutura)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por pulsos eletromagnéticos devido às descargas atmosféricas. Perdas de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos junto com a perda da vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

A determinação da componente Rm, se dá pela seguinte fórmula:

$$R_m = N_m \times P_m \times L_m$$

$$N_m = N_g \times A_m \times 10^{-6}$$

N_m (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas perto da estrutura)

N_g (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)

A_m (Área de exposição equivalente de descargas que atingem perto da estrutura)

P_m (probabilidade de uma descarga perto da estrutura causar falha de sistemas internos)

$$P_{ms} = (K_{s1} \times K_{s2} \times K_{s3} \times K_{s4})^2$$

$$P_{m.E} = P_{spd.E} \times P_{ms.E}, P_{m.T} = P_{spd.T} \times P_{ms.T}$$

$$P_m = 1 - [(1 - P_{m.E}) \times (1 - P_{m.T})]$$

P_{spd} (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados)

K_{s1} (Fator relevante à efetividade da blindagem por malha de uma estrutura)

K_{s2} (Fator relevante à efetividade da blindagem por malha dos campos internos de uma estrutura)

K_{s3} (Fator relevante às características do cabeamento interno)

Ks4 (Fator relevante à tensão suportável de impulso de um sistema)

Uw (Tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido) (kV)

$$L_m = L_o \times (n_z/n_t) \times (t_z/8760)$$

L_m (valores de perda na zona considerada)

L_o (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso)

n_z (Número de pessoas na zona considerada)

n_t (Número total de pessoas na estrutura)

t_z (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)
8760 h/ano

5.2.3.4 Componente R_v (risco de danos físicos na estrutura causado por descargas na linha conectada)

Componente relativo a danos físicos (incêndio ou explosão iniciados por centelhamentos perigosos entre instalações externas e partes metálicas, geralmente no ponto de entrada da linha na estrutura), devido à corrente da descarga atmosférica transmitida, ou ao longo das linhas.

A determinação da componente R_v, se dá pela seguinte fórmula:

$$R_v = R_{v.E} + R_{v.T}$$

$$R_v = [(N_{L.E} + N_{d_j.E}) \times P_{v.E} \times L_v] + [(N_{L.T} + N_{d_j.T}) \times P_{v.T} \times L_v]$$

$$A_L = 40 \times L_L$$

A_L (área de exposição equivalente de descargas para a terra que atingem a linha)

L_L (Comprimento da seção de linha)

N_g (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)

$$NL = Ng \times AL \times Ci \times Ce \times Ct \times 10^{-6}$$

NL (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha)

Ci (Fator de instalação da linha)

Ct (Fator do tipo de linha)

Ce (Fator ambiental)

$$Ndj = Ng \times Adj \times Cdj \times Ct \times 10^{-6}$$

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

Adj (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente)

Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente)

$$Pv = Peb \times Pld \times Cld$$

Pv (probabilidade de uma descarga em uma linha causar danos físicos)

Pld (Probabilidade dependendo da resistência R_s da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso U_w do equipamento)

Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)

Peb (Probabilidade em função do NP para qual os DPS foram projetados)

$$Lv = rp \times rf \times hz \times Lf \times (nz/nt) \times (tz/8760)$$

Lv (valores de perda na zona considerada)

rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio)

rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)

hz (Fator aumentando a quantidade relativa de perda na presença de um perigo especial)

Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso)

nz (Número de pessoas na zona considerada

nt (Número total de pessoas na estrutura)

tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)
8760 h/ano

5.2.3.5 Componente Rw (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas na linha conectada)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta. Perda de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos, junto com a perda de vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

$$NL = Ng \times AL \times Ci \times Ce \times Ct \times 10^{-6}$$

NL (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha)

Ci (Fator de instalação da linha)

Ct (Fator do tipo de linha)

Ce (Fator ambiental)

$$AL = 40 \times LL$$

AL (área de exposição equivalente de descargas para a terra que atingem a linha)

LL (Comprimento da seção de linha)

Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)

$$Ndj = Ng \times Adj \times Cdj \times Ct \times 10^{-6}$$

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

Adj (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente)

Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente)

$$P_w = P_{spd} \times P_{ld} \times C_{ld}$$

P_w (probabilidade de uma descarga em uma linha causar falha a sistemas internos)

P_{spd} (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados)

P_{ld} (Probabilidade dependendo da resistência R_s da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso U_w do equipamento)

C_{ld} (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)

$$L_w = L_o \times (n_z/n_t) \times (t_z/8760)$$

L_w (valores de perda na zona considerada)

L_o (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso)

n_z (Número de pessoas na zona considerada)

n_t (Número total de pessoas na estrutura)

t_z (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)
8760 h/ano

5.2.3.6 Componente R_z (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas perto da linha)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta. Perda de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos, junto com a perda da vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

$$P_z = P_{spd} \times P_{li} \times C_{li}$$

P_z (probabilidade de uma descarga perto da linha conectada à estrutura causar falha de sistemas internos)

P_{spd} (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados)

P_{li} (Probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descarga perto da linha conectada dependendo das características da linha e dos equipamentos)

C_{li} (Fator que depende da blindagem, do aterramento e das condições da isolamento da linha)

$$L_z = L_o \times (n_z/n_t) \times (t_z/8760)$$

L_z (valores de perda na zona considerada)

L_o (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso)

n_z (Número de pessoas na zona considerada)

n_t (Número total de pessoas na estrutura)

t_z (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)
8760 h/ano

5.2.3.7 Avaliação final do risco

O risco é um valor relativo a uma provável perda anual média. Para cada tipo de perda que pode ocorrer na estrutura, o risco resultante deve ser avaliado.

Foram avaliados os seguintes riscos (R1) e (R2) e como podemos avaliar a memória de cálculo do Anexo 5.4.1, 5.4.2 e 5.4.3, veremos que segundo a NBR 5919:2015, o Risco (R1) perda de vidas humanas e Risco (R2) que trata da perda de serviços público, TORNA NECESSÁRIA a utilização do Sistema de Proteção contra Descargas Atmosférica – SPDA.

5.3. Infraestrutura

Deverá ser executada um SPDA que atenda a revisão da norma 5419/2015, conforme consta no projeto existente.

5.3.1 Malha Captora:

O Sistema de captação é destinado a interceptar as descargas atmosféricas, sendo o sistema adotado no Prédio do tipo Gaiola da Faraday, onde teremos condutores de descida preso ao telhado, e interligando com o anel de aterramento.

A malha captora será do tipo cabo de cobre nú seguindo a tabela 2 da norma 5919-3 indicando que a malha para classe de SPDA tipo I deve ser de 5x5m.

Tabela 2 – Valores máximos dos raios da esfera rolante, tamanho da malha e ângulo de proteção correspondentes a classe do SPDA

— Classe do SPDA	Método de proteção		
	Raio da esfera rolante - R m	Máximo afastamento dos condutores da malha m	Ângulo de proteção α°
I	20	5 × 5	Ver Figura 1
II	30	10 × 10	
III	45	15 × 15	
IV	60	20 × 20	

O material utilizado para malha captora deve seguir a tabela 6, onde foram adotados cabo de cobre nu de 35mm², como malha captora.

Tabela 6 – Material, configuração e área de seção mínima dos condutores de captação, hastes captoras e condutores de descidas

Material	Configuração	Área da seção mínima mm ²	Comentários ^d
Cobre	Fita maciça	35	Espessura 1,75 mm
	Arredondado maciço ^d	35	Diâmetro 6 mm
	Encordado	35	Diâmetro de cada fio da cordoalha 2,5 mm
	Arredondado maciço ^b	200	Diâmetro 16 mm
Alumínio	Fita maciça	70	Espessura 3 mm
	Arredondado maciço	70	Diâmetro 9,5 mm
	Encordado	70	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3,5 mm
	Arredondado maciço ^b	200	Diâmetro 16 mm
Aço cobreado IACS 30 % ^e	Arredondado maciço	50	Diâmetro 8 mm
	Encordado	50	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3 mm
Alumínio cobreado IACS 64 %	Arredondado maciço	50	Diâmetro 8 mm
	Encordado	70	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3,6 mm
Aço galvanizado a quente ^a	Fita maciça	50	Espessura mínima 2,5 mm
	Arredondado maciço	50	Diâmetro 8 mm
	Encordado	50	Diâmetro de cada fio cordoalha 1,7 mm
	Arredondado maciço ^b	200	Diâmetro 16 mm
Aço inoxidável ^c	Fita maciça	50	Espessura 2 mm
	Arredondado maciço	50	Diâmetro 8 mm
	Encordado	70	Diâmetro de cada fio cordoalha 1,7 mm
	Arredondado maciço ^b	200	Diâmetro 16 mm

^a O recobrimento a quente (fogo) deve ser conforme ABNT NBR 6323 [1].
^b Aplicável somente a minicaptadores. Para aplicações onde esforços mecânicos, por exemplo, força do vento, não forem críticos, é permitida a utilização de elementos com diâmetro mínimo de 10 mm e comprimento máximo de 1 m.
^c Composição mínima AISI 304 ou composto por: cromo 16 %, níquel 8 %, carbono 0,07 %.
^d Espessura, comprimento e diâmetro indicados na tabela refere-se aos valores mínimos, sendo admitida uma tolerância de 5 %, exceto para o diâmetro dos fios das cordoalhas cuja tolerância é de 2 %.
^e A cordoalha cobreada deve ter uma condutividade mínima de 30 % IACS (*International Annealed Copper Standard*).

NOTA 1 Sempre que os condutores desta tabela estiverem em contato direto com o solo é importante que as prescrições da Tabela 7 sejam atendidas.
 NOTA 2 Esta tabela não se aplica aos materiais utilizados como elementos naturais de um SPDA.

5.3.2 Sistema de Descida:

O sistema de descida é destinado a conduzir a corrente de descargas atmosféricas desde o sistema captor até ao sistema de malha de aterramento.

O sistema de descida adotado para a Prédio foi com condutor de cobre nu preso a parede, descendo pela lateral da edificação.

De acordo com a tabela 4 da NBR 5419-2015, o espaçamento médio dos condutores de descidas para o nível de proteção I passou para 10 metros.

Tabela 4 – Valores típicos de distância entre os condutores de descida e entre os anéis condutores de acordo com a classe de SPDA

Classe do SPDA	Distâncias m
I	10
II	10
III	15
IV	20
NOTA É aceitável que o espaçamento dos condutores de descidas tenha no máximo 20 % além dos valores acima.	

Para descida do SPDA deverá, como já foi dito deverá ser utilizados cabo de cobre nu de 35mm² onde serão interligados a haste de aterramento tipo copperweld de Ø5/8"x2500mm através de conectores de medição e cabos #50mm² de cobre nu.

5.3.3 Sistema de Aterramento:

Do ponto de vista da proteção contra o raio, um subsistema de aterramento único integrado à estrutura é preferível e adequado para todas as finalidades.

Para assegurar a dispersão da corrente de descarga atmosférica na terra sem causar sobretensões perigosas, o arranjo e as dimensões do subsistema de aterramento são mais importantes que o próprio valor da resistência de aterramento.

Como forma de reduzir o gradiente de potencial no solo e a probabilidade de centelhamento perigoso recomenda-se uma resistência de aterramento 10Ω.

Para este arranjo, está sendo adotados na descida, uma haste de aterramento tipo copperweld de Ø5/8"x2400mm, interligando no anel de aterramento que deverá ser executado com cabos #50mm² conforme tabela 7 e todas as conexões devem ser feitas com soldas exotérmicas.

Não há necessidade de utilizar caixas de inspeção no solo, pois as descidas interligadas ao anel podem ser desconectadas através de conectores de medição dentro de caixas de passagens tipo condutele fixadas na parede do prédio à uma altura 30 cm da calçada, facilitando assim a medição do SPDA.

Após a execução dos aterramentos, deverá ser feita uma mediação para assegurar que o aterramento seja inferior a 10 Ω .

Tabela 7 – Material, configuração e dimensões mínimas de eletrodo de aterramento

Material	Configuração	Dimensões mínimas ^f		Comentários ^f
		Eletrodo cravado (Diâmetro)	Eletrodo não cravado	
Cobre	Encordado ^c	–	50 mm ²	Diâmetro de cada fio cordoalha 3 mm
	Arredondado maciço ^c	–	50 mm ²	Diâmetro 8 mm
	Fita maciça ^c	–	50 mm ²	Espessura 2 mm
	Arredondado maciço	15 mm	–	
	Tubo	20 mm	–	Espessura da parede 2 mm
Aço galvanizado à quente	Arredondado maciço ^{a, b}	16 mm	Diâmetro 10 mm	–
	Tubo ^{a, b}	25 mm	–	Espessura da parede 2 mm
	Fita maciça ^a	–	90 mm ²	Espessura 3 mm
	Encordado	–	70 mm ²	–
Aço cobreado	Arredondado Maciço ^d Encordado ^g	12,7 mm	70 mm ²	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3,45 mm
Aço inoxidável ^e	Arredondado maciço	15 mm	Diâmetro 10 mm	Espessura mínima 2 mm
	Fita maciça		100 mm ²	

^a O recobrimento a quente (fogo) deve ser conforme a ABNT NBR 6323 [1].

^b Aplicável somente a mini captores. Para aplicações onde esforços mecânicos, por exemplo: força do vento, não forem críticos, é permitida a utilização de elementos com diâmetro mínimo de 10 mm e comprimento máximo de 1 m.

^c Composição mínima AISI 304 ou composto por: cromo 16 %, níquel 8 %, carbono 0,07 %.

^d Espessura, comprimento e diâmetro indicados na tabela refere-se aos valores mínimos sendo admitida uma tolerância de 5 %, exceto para o diâmetro dos fios das cordoalhas cuja tolerância é de 2 %.

^e Sempre que os condutores desta tabela estiverem em contato direto com o solo devem atender as prescrições desta tabela.

^f A cordoalha cobreada deve ter uma condutividade mínima de 30 % IACS (*International Annealed Copper Standard*).

^g Esta tabela não se aplica aos materiais utilizados como elementos naturais de um SPDA.

5.3.4. Conclusão

Adotando as medidas previstas na NBR 5419:2015, o Risco de Perdas de Vidas Humanas e Serviços Públicos, para a mitigação dos efeitos de uma possível descarga atmosférica, o SPDA deve ser executado conforme projeto.

5. 4. Anexo Cálculo de Risco de Descarga Atmosférica

LEITO DE SECAGEM

Memória de Cálculo

1. INTRODUÇÃO

Este memorial de cálculo tem por objetivo o dimensionamento estrutural de um Leito de Secagem. Para fins de liberação das fundações, na cota de assentamento, o solo deverá apresentar uma taxa de 1,5 kgf/cm².

2. BIBLIOGRAFIA

NBR 6118/2014 (Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado)

3. MATERIAIS UTILIZADOS

Concreto fck = 25 MPa

Aço CA-50A

4. DETERMINAÇÃO DOS ESFORÇOS INTERNOS SOLICITANTES NAS PAREDES

Dimensões:

Altura de cálculo (soma da altura do leito com a metade da espessura da laje de fundo):

hr(altura do Tanque) = 0,98 m

A altura de água máxima considera o nível máximo de água no leito:

ha(altura da água) = 0,90 m

Dimensões do leito:

Comprimento de cálculo = 4,15 m

Largura de cálculo = 3,15 m

Espessura das Paredes = 0,15 m

Espessura da laje de fundo = 0,15 m

Cobrimento das armaduras = 4,00 cm

Pressões:

Coeficiente de empuxo (K): = 0,45

Peso Específico (γ_s): = 1,50 tf/m³

Pressão máxima na base devido ao terreno:

$P_s = K \cdot \gamma_s \cdot h_r = 0,66 \text{ tf/m}^2$

Peso Específico (γ_a): = 1,00 tf/m³

Pressão máxima na base devido a água:

$P_a = \gamma_a \cdot h_a = 0,90 \text{ tf/m}^2$

4.1 Reservatório Cheio

Momento máximo na base:

$M_{\text{máx}} = (P_a \cdot h_a^2) / 6 = 0,12 \text{ tf} \cdot \text{m/m}$

Momento horizontal nos cantos:

$M_h = 0,083 \cdot \gamma_a \cdot h_a^3 = 0,06 \text{ tf} \cdot \text{m/m}$

Força horizontal de tração nas paredes:

$$T = 0,30 \cdot Y_a \cdot h_a^2 = 0,24 \text{ tf/m}$$

4.2 Reservatório Vazio

Momento máximo na base:

$$M_{\text{máx}} = (P_s \cdot h^2)/6 = 0,104 \text{ tf} \cdot \text{m/m}$$

Momento horizontal nos cantos:

$$M_h = 0,083 \cdot P_s \cdot h^2 = 0,052 \text{ tf} \cdot \text{m/m}$$

Força horizontal de tração nas paredes:

$$T = 0,30 \cdot P_s \cdot h = 0,19 \text{ tf/m}$$

5. CÁLCULO DAS ARMADURAS DAS PAREDES

5.1 Reservatório Cheio

Armadura Vertical

$$K_c = (100 \cdot d^2)/(1,4 \cdot M_{\text{máx}}) = 71,13$$

$$K_c = 71,13 \rightarrow K_s = 0,023$$

$$A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot M_{\text{máx}}/d = 0,36 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Armadura Horizontal de Canto

$$K_c = (100 \cdot d^2)/(1,4 \cdot M_h) = 142,84$$

$$K_c = 142,84 \rightarrow K_s = 0,023$$

$$A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot M_h/d = 0,18 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Adotar armadura mínima:

$$A_{s,\text{mín}} = 2,25 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{Ø } 8.0 \text{ c/15 cm})$$

5.1.1 Cálculo do comprimento da armadura horizontal de canto:

Distância do canto ao ponto de momento horizontal nulo

$$a = 0,8 \cdot T/P_a = 0,20 \text{ m} \quad 20 \text{ cm}$$

Comprimento de ancoragem:

$$f_{\text{ctd}} = 1,282 \text{ MPa}$$

$$f_{\text{bd}} = 2,886 \text{ MPa}$$

$$l_b = 301,35 \text{ mm} \quad 30,13 \text{ cm}$$

Comprimento da armadura horizontal de canto:

$$a_t = a + l_b$$

$$a_t = 50,07 \text{ cm} \quad \text{Adotar: } 0,50 \text{ m}$$

5.2 Reservatório Vazio

Armadura Vertical

$$K_c = (100 \cdot d^2)/(1,4 \cdot M_{\text{máx}}) = 82,89$$

$$K_c = 82,89 \rightarrow K_s = 0,023$$

$$A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot M_{\text{máx}}/d = 0,31 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Armadura Horizontal de Canto

$$K_c = (100 \cdot d^2)/(1,4 \cdot M_h) = 166,44$$

$$K_c = 166,44 \rightarrow K_s = 0,023$$

$$A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot M_h/d = 0,15 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Adotar armadura mínima:

$$A_{s,mín} = 2,25 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\varnothing 8.0 \text{ c}/15 \text{ cm})$$

5.2.1 Cálculo do comprimento da armadura horizontal de canto:

Distância do canto ao ponto de momento horizontal nulo

$$a = 0,8 \cdot T/P_s = 0,16 \text{ m} \quad 16 \text{ cm}$$

Comprimento de ancoragem:

$$f_{ctd} = 1,282 \text{ MPa}$$

$$f_{bd} = 2,886 \text{ MPa}$$

$$l_b = 301,35 \text{ mm} \quad 30,13 \text{ cm}$$

Comprimento da armadura horizontal de canto:

$$a_t = a + l_b$$

$$a_t = 45,93 \text{ cm} \quad \text{Adotar: } 0,50 \text{ m}$$

5.3 Cálculo do comprimento da armadura vertical:

Comprimento da armadura vertical:

$$\text{Tensão} = 1,28 \text{ tf}/\text{m}^2$$

$$b = 0,62 \text{ m} \quad \text{Adotar: } 0,70 \text{ m}$$

5.4 Cálculo da armadura horizontal:

Armadura horizontal das paredes:

$$A_{s,mín} = 2,25 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\varnothing 8.0 \text{ c}/15 \text{ cm})$$

6. DIMENSIONAMENTO DA LAJE DE FUNDO

6.1 Tensão Máxima no Solo

$$\text{Comprimento da base: } 4,30 \text{ m}$$

$$\text{Largura da base: } 3,30 \text{ m}$$

Cálculo das cargas:

$$\text{Paredes: } 2,9 \text{ tf}$$

$$\text{Paredes: } 2,0 \text{ tf}$$

$$\text{TOTAL: } 4,9 \text{ tf}$$

$$\text{Laje de fundo: } 5,3 \text{ tf}$$

$$\text{Água: } 9,6 \text{ tf}$$

$$\text{Camada de brita: } 5,8 \text{ tf}$$

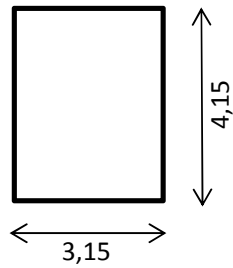
$$\text{TOTAL: } 20,7 \text{ tf}$$

$$\sigma_{\text{solo}} = 1,80 \text{ tf}/\text{m}^2 = 0,18 \text{ kgf}/\text{cm}^2 < 1,5 \text{ kgf}/\text{cm}^2 \quad \text{OK}$$

6.2 Cálculo das Armaduras:

$$l_y = 4,15 \text{ m}$$

$$l_x = 3,15 \text{ m}$$



Cargas:

$$q = 0,35 \text{ tf/m}^2 = 3,47 \text{ kN/m}^2$$

Esforços:

$$l_x = 3,15 \text{ m} \rightarrow \lambda = 1,32$$

$$\mu_x = 6,93$$

$$\mu_y = 4,37$$

$$m_x = (\mu_x \cdot q \cdot l_x^2) / 100 = 2,39 \text{ KN.m/m}$$

$$m_y = (\mu_y \cdot q \cdot l_x^2) / 100 = 1,51 \text{ KN.m/m}$$

Armadura na direção X:

$$K_c = (100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot m_x \cdot 100) = 36,20$$

$$K_c = 36,20 \rightarrow K_s = 0,023$$

$$A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot m_x / d = 0,70 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Adotar armadura mínima:

$$A_{s,\min} = 2,25 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Adotar: **(Ø 8.0 c/15 cm)**

Armadura na direção Y:

$$K_c = (100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot m_y \cdot 100) = 57,40$$

$$K_c = 57,40 \rightarrow K_s = 0,023$$

$$A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot m_y / d = 0,44 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Adotar armadura mínima:

$$A_{s,\min} = 2,25 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Adotar: **(Ø 8.0 c/15 cm)**

Laje dos Filtros

Memória de Cálculo

1. INTRODUÇÃO

Este memorial de cálculo tem por objetivo o dimensionamento estrutural da Laje de fundação dos filtros referente ao Projeto do sistema de abastecimento de água.

Para fins de liberação das fundações, na cota de assentamento, o solo deverá apresentar uma taxa de 1,5 kgf/cm².

2. BIBLIOGRAFIA

NBR 6118/2014 (Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado)

3. MATERIAIS UTILIZADOS

Concreto fck = 25 MPa
 Aço CA-50A

4. LAJE DE FUNDO

Espessura da laje de fundo = 0,20 m
 Comprimento = 1,20 m
 Largura = 1,20 m

4.1 Tensão Máxima no Solo

Área da base: 1,44 m²

Peso do Filtro: 1,8 tf

TOTAL: 1,8 tf

Laje de fundo: 0,7 tf

TOTAL: 0,7 tf

$\sigma_{\text{solo}} = 1,75 \text{ tf/m}^2 = 0,18 \text{ kgf/cm}^2 < 1,5 \text{ kgf/cm}^2$
OK

4.2 Cálculo das Armaduras Laje:

Cargas:

$q = 1,25 \text{ tf/m}^2 = 12,50 \text{ kN/m}^2$

$l_x = 1,20 \text{ m} \rightarrow \lambda = 1,00$

$\mu_x = 4,41$

$\mu_y = 4,41$

$m_x = (\mu_x \cdot q \cdot l_x^2) / 100 = 0,79 \text{ KN.m/m}$

$m_y = (\mu_y \cdot q \cdot l_x^2) / 100 = 0,79 \text{ KN.m/m}$

Armadura na direção X:

$K_c = (100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot m_x \cdot 100) = 260,05$

$K_c = 260,05 \rightarrow K_s = 0,023$

$A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot m_x / d = 0,15 \text{ cm}^2/\text{m}$

Armadura na direção Y:

$K_c = (100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot m_y \cdot 100) = 260,05$

$K_c = 260,05 \rightarrow K_s = 0,023$

$A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot m_y / d = 0,15 \text{ cm}^2/\text{m}$

Adotar armadura mínima:

$A_{s,\text{min}} = 3,00 \text{ cm}^2/\text{m}$

Adotar: (**Ø 8.0 c/12 cm**)

4.3 Verificação da punção:

Carga Aplicada:

$$F_d = 0,63 \text{ tf} \quad (\text{Carga aplicada por apoio})$$

$$d = 17,00 \text{ cm}$$

$$\text{Seção do Apoio: } 15,00 \text{ cm} \quad \times \quad 15,00 \text{ cm}$$

Perímetro da Superfície c':

$$\mu = 273,63 \text{ cm}$$

Tensão resistente na superfície c':

$$\tau_{sd} = 0,46 \text{ MPa} = 4,61 \text{ kgf/cm}^2$$

Tensão de cálculo atuante:

$$\tau_{sda} = 0,14 \text{ kgf/cm}^2 < \tau_{sd}$$

Ok (não precisa armar à punção)

5. CAIXA DE VÁLVULAS

Serão adotadas armaduras mínimas construtivas.

Armadura mínima:

$$A_{\min.} = 2,25 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{Ø 6.3 c/12 cm})$$

Laje do Claripetra

Memória de Cálculo

1. INTRODUÇÃO

Este memorial de cálculo tem por objetivo o dimensionamento estrutural da Laje de fundação do decantador referente ao Projeto do sistema de abastecimento de água.

Para fins de liberação das fundações, na cota de assentamento, o solo deverá apresentar uma taxa de 1,5 kgf/cm².

2. BIBLIOGRAFIA

NBR 6118/2014 (Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado)

3. MATERIAIS UTILIZADOS

Concreto fck = 25 MPa
 Aço CA-50A

4. LAJE DE FUNDO

Dimensões:
 Espessura da laje de fundo = 0,20 m
 Comprimento = 2,00 m
 Largura = 2,00 m

4.1 Tensão Máxima no Solo

Área da base: 4,00 m²

Peso do Decantador: 7,5 tf

TOTAL: 7,5 tf

Laje de fundo: 2,0 tf

TOTAL: 2,0 tf

$\sigma_{\text{solo}} = 2,38 \text{ tf/m}^2 = 0,24 \text{ kgf/cm}^2 < 1,5 \text{ kgf/cm}^2$
OK

4.2 Cálculo das Armaduras Laje:

Cargas:

$q = 1,88 \text{ tf/m}^2 = 18,75 \text{ kN/m}^2$

$l_x = 2,00 \text{ m} \rightarrow \lambda = 1,00$

$\mu_x = 4,41$
 $\mu_y = 4,41$

$m_x = (\mu_x \cdot q \cdot l_x^2) / 100 = 3,31 \text{ KN.m/m}$
 $m_y = (\mu_y \cdot q \cdot l_x^2) / 100 = 3,31 \text{ KN.m/m}$

Armadura na direção X:

$K_c = (100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot m_x \cdot 100) = 62,41$
 $K_c = 62,41 \rightarrow K_s = 0,023$
 $A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot m_x / d = 0,63 \text{ cm}^2/\text{m}$

Armadura na direção Y:

$K_c = (100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot m_y \cdot 100) = 62,41$
 $K_c = 62,41 \rightarrow K_s = 0,023$
 $A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot m_y / d = 0,63 \text{ cm}^2/\text{m}$

Adotar armadura mínima:

$A_{s,\text{min}} = 3,00 \text{ cm}^2/\text{m}$ Adotar: **(Ø 8.0 c/12 cm)**

4.3 Verificação da punção:

Carga Aplicada:

$$F_d = 2,63 \text{ tf} \quad (\text{Carga aplicada por apoio})$$

$$d = 17,00 \text{ cm}$$

$$\text{Seção do apoio: } 15,00 \text{ cm} \quad \times \quad 15,00 \text{ cm}$$

Perímetro da Superfície c':

$$\mu = 273,63 \text{ cm}$$

Tensão resistente na superfície c':

$$\tau_{sd} = 0,46 \text{ MPa} = 4,61 \text{ kgf/cm}^2$$

Tensão de cálculo atuante:

$$\tau_{sda} = 0,56 \text{ kgf/cm}^2 < \tau_{sd}$$

Ok (não precisa armar à punção)

5. CAIXA DE VÁLVULAS

Serão adotadas armaduras mínimas construtivas.

Armadura mínima:

$$A_{\min.} = 2,25 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{Ø 6.3 c/12 cm})$$

Casa de Química

Memória de Cálculo

1. INTRODUÇÃO

Este memorial de cálculo tem por objetivo o dimensionamento estrutural da Casa de Química referente ao Projeto do sistema de abastecimento de água.

Para fins de liberação das fundações, na cota de assentamento, o solo deverá apresentar uma taxa de 1,5 kgf/cm².

2. BIBLIOGRAFIA

NBR 6118/2014 (Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado)

3. MATERIAIS UTILIZADOS

Concreto fck = 25 MPa
Aço CA-50A

4. PILARES

Dimensões: 20 cm X 20 cm

Serão adotadas armaduras mínimas construtivas.

$A_{s,min.} = 1,60 \text{ cm}^2$ Adotar: **(4 Ø 10.0)**

Estribos: Adotar: **Ø 6.3**

Espaçamento: Adotar: 15 cm

5. CINTAS

Serão adotadas armaduras mínimas construtivas.

Armadura Longitudinal: **(4 Ø 10.0)**
Estribos: **(Ø 6.3 c/ 15)**

RESERVATÓRIO APOIADO (80 m³)

Memória de Cálculo

1. INTRODUÇÃO

Este memorial de cálculo tem por objetivo o dimensionamento estrutural de um Reservatório apoiado de 80 m³.

Para fins de liberação das fundações, na cota de assentamento, o solo deverá apresentar uma taxa de 1,5 kgf/cm².

2. BIBLIOGRAFIA

NBR 6118/2014 (Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado)

3. MATERIAIS UTILIZADOS

Concreto fck = 25 MPa

Aço CA-50A

4. DETERMINAÇÃO DOS ESFORÇOS INTERNOS SOLICITANTES NAS PAREDES

Dimensões:

Altura de cálculo (soma da altura do reservatório com a metade da espessura da laje de fundo):

hr(altura do reservatório) = 3,58 m

A altura de água máxima considera o nível máximo de água no reservatório:

ha(altura da água) = 3,00 m

Dimensões do reservatório:

Comprimento = 5,35 m

Largura = 5,35 m

Espessura das Paredes = 0,20 m

Espessura da laje de fundo = 0,20 m

Espessura da laje de tampa = 0,15 m

Cobrimento das armaduras = 4,00 cm

4.1 Reservatório Cheio

Pressão máxima na base devido a água:

Peso Específico (γ_a): = 1,00 tf/m³

$P_a = \gamma_a \cdot h_a$ = 3,00 tf/m²

Momento máximo na base:

$M_{\max} = (P_a \cdot h_r^2) / 15$ = 2,56 tf*m/m

Momento horizontal nos cantos:

$M_h = 0,083 \cdot \gamma_a \cdot h_a^3$ = 2,24 tf*m/m

Força horizontal de tração nas paredes:

$T = 0,30 \cdot \gamma_a \cdot h_a^2$ = 2,70 tf/m

5. CÁLCULO DAS ARMADURAS DAS PAREDES

5.1 Reservatório Cheio

Armadura Vertical

$K_c = (100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot M_{\max})$ = 7,15

$$K_c = 7,15 \rightarrow K_s = 0,024$$

$$A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot M_{\max} / d = 5,37 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\varnothing 10.0 \text{ c}/11 \text{ cm})$$

Armadura Horizontal de Canto

$$K_c = (100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot M_h) = 8,16$$

$$K_c = 8,16 \rightarrow K_s = 0,024$$

$$A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot M_h / d = 4,71 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\varnothing 8.0 \text{ c}/10 \text{ cm})$$

$$A_{s,\min} = 3,00 \text{ cm}^2/\text{m}$$

5.1.1 Cálculo do comprimento da armadura horizontal de canto:

Distância do canto ao ponto de momento horizontal nulo

$$a = 0,8 \cdot T / 1,00 \cdot h_r = 0,60 \text{ m} \quad 60 \text{ cm}$$

Comprimento de ancoragem:

$$f_{ctd} = 1,282 \text{ MPa}$$

$$f_{bd} = 2,886 \text{ MPa}$$

$$l_b = 301,35 \text{ mm} \quad 30,13 \text{ cm}$$

Comprimento total:

$$a_t = a + l_b$$

$$a_t = 90,55 \text{ cm} \quad \text{Adotar: } 1,10 \text{ m}$$

5.2 Reservatório Vazio

Por se tratar de uma estrutura apoiada, para esse caso será adotada armadura mínima.

Armadura Vertical

Para essa situação será adotada armadura mínima.

$$A_{s,\min} = 3,00 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\varnothing 8.0 \text{ c}/11 \text{ cm})$$

Armadura Horizontal de Canto:

$$A_{s,\min} = 3,00 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\varnothing 6.3 \text{ c}/10 \text{ cm})$$

5.2.1 Cálculo do comprimento da armadura horizontal de canto:

Comprimento de armadura horizontal de canto:

$$a_t = 1,10 \text{ m}$$

5.3 Cálculo do comprimento da armadura vertical:

Comprimento da armadura vertical:

$$\text{Tensão} = 3,50 \text{ tf}/\text{m}^2$$

$$b = 1,71 \text{ m} \quad \text{Adotar: } 1,90 \text{ m}$$

Armadura horizontal das paredes:

$$A_{s,\min} = 3,00 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\varnothing 10.0 \text{ c}/15 \text{ cm})$$

6. DIMENSIONAMENTO DA LAJE DE TAMPA

Cargas:

Peso Próprio:	3,75 kN/m ²
Revestimento:	0,57 kN/m ²
Sobrecarga:	2,00 kN/m ²
TOTAL:	6,32 kN/m²

Largura: 5,35 m
 Comprimento: 5,35 m

Caso 1: $\alpha = 4,67$

Esforços:

$l_x = 5,35 \text{ m} \rightarrow \lambda = 1,00$

$\mu_x = 4,41$

$\mu_y = 4,41$

$m_x = (\mu_x \cdot q \cdot l_x^2) / 100 = 7,98 \text{ KN.m/m}$
 $m_y = (\mu_y \cdot q \cdot l_x^2) / 100 = 7,98 \text{ KN.m/m}$

Armadura na direção X:

$K_c = (100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot m_x \cdot 100) = 10,83$
 $K_c = 10,83 \rightarrow K_s = 0,024$
 $A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot m_x / d = 2,44 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{Ø } 8.0 \text{ c/15 cm})$

Armadura na direção Y:

$K_c = (100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot m_y \cdot 100) = 10,83$
 $K_c = 10,83 \rightarrow K_s = 0,024$
 $A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot m_y / d = 2,44 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{Ø } 8.0 \text{ c/15 cm})$

Cálculo da flecha elástica:

$E_{cs} = 23800 \text{ MPa} = 23800000 \text{ kN/m}^2$

Flecha para carga total:

$f_{g+q} = 0,0030 \text{ m} = 3,01 \text{ mm}$
 $f_{lim} = 2,14 \text{ cm} = 21,40 \text{ mm} \quad \text{OK}$

Flecha para carga acidental:

$f_q = 0,0010 \text{ m} = 0,95 \text{ mm}$
 $f_{lim} = 1,53 \text{ cm} = 15,29 \text{ mm} \quad \text{OK}$

6.1 Dimensionamento da abertura para manutenção:

Dimensão da abertura:

$a_x = 0,80 \text{ m} \quad \text{Adotar: } 80 \text{ cm}$

Armadura da abertura:

$f_{ctd} = 1,282 \text{ MPa}$
 $f_{bd} = 2,886 \text{ MPa}$
 $l_b = 237,31 \text{ mm} \quad \text{Adotar: } 30,00 \text{ cm}$

Comprimento total da ancoragem da armadura:

$l =$ 60 cm Adotar: 65 cm

7. DIMENSIONAMENTO DA LAJE DE FUNDO

7.1 Tensão Máxima no Solo

Comprimento da base: 5,55 m
 Largura da base: 5,55 m

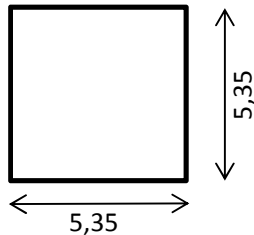
Laje de tampa: 11,6 tf
 Sobrecarga: 7,9 tf
 Paredes: 18,9 tf
 Paredes: 17,5 tf
TOTAL: 55,8 tf

Laje de fundo: 15,4 tf
 Água: 79,6 tf
TOTAL: 95,0 tf

$\sigma_{\text{solo}} =$ 4,90 tf/m² $=$ 0,49 kgf/cm² $<$ 1,5 kgf/cm²
OK

7.2 Cálculo das Armaduras:

$l_y =$ 5,35 m
 $l_x =$ 5,35 m



Cargas:

$q =$ 1,81 tf/m² $=$ 18,13 kN/m²

Esforços:

$l_x =$ 5,35 m $\rightarrow$ $\lambda =$ 1,00

$\mu_x = 4,41$

$\mu_y = 4,41$

$m_x =$ $(\mu_x \cdot q \cdot l_x^2) / 100$ $=$ 22,89 KN.m/m
 $m_y =$ $(\mu_y \cdot q \cdot l_x^2) / 100$ $=$ 22,89 KN.m/m

Armatura na direção X:

$K_c =$ $(100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot m_x \cdot 100)$ $=$ 7,99
 $K_c =$ 7,99 $\rightarrow$ $K_s =$ 0,024
 $A_s =$ $K_s \cdot 1,40 \cdot m_x / d$ $=$ 4,81 cm²/m **(Ø 10.0 c/12 cm)**

Armatura na direção Y:

$K_c =$ $(100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot m_y \cdot 100)$ $=$ 7,99
 $K_c =$ 7,99 $\rightarrow$ $K_s =$ 0,024
 $A_s =$ $K_s \cdot 1,40 \cdot m_y / d$ $=$ 4,81 cm²/m **(Ø 10.0 c/12 cm)**

7.3 Verificação Quanto ao Cisalhamento:

$$V_{m\acute{a}x.} = 3,85 \text{ tf/m}$$

$$V_d = 5390,0 \text{ Kg/m}$$

$$f_{ct,m} = 0,3 * f_{ck}^{2/3} \quad f_{ct,m} = 2,56 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk,inf} = 0,7 * f_{ct,m} \quad f_{ctk,inf} = 1,80 \text{ MPa}$$

Cálculo da resistência de projeto ao cisalhamento:

$$V_{Rd1} = [\tau_{Rd} * k * (1,2 + 40 * \rho_1) + 0,15 * \sigma_{cd}] * b_w * d$$

Onde:

$$\tau_{Rd} = 0,25 * f_{ctd} \quad \tau_{Rd} = 3,21 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk,inf}}{\gamma_c} \quad f_{ctd} = 12,82 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w * d} \quad \rho_1 = 0,0045 < 0,02 \quad \text{OK}$$

$$\sigma_{cd} = \frac{N_{sd}}{A_c} \quad \sigma_{cd} = 1,25 \text{ Kg/cm}^2$$

$$N_{sd} = 2502,5 \text{ Kg}$$

$$k = 1,6 - d \quad k = 1,44$$

Logo,

$$V_{Rd1} = 10483,41 \text{ Kg} > V_d$$

(Não há necessidade de armadura transversal)

8. POÇO DE SUÇÃO

$$\text{Espessura: } 0,2 \text{ m}$$

Será adotada armadura mínima na referida estrutura:

$$A_{s,mín} = 3,00 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{Ø } 10.0 \text{ c/15 cm})$$

9. APOIO PARA O TELHADO

$$\text{Espessura média: } 0,18 \text{ m}$$

Será adotada armadura mínima na referida estrutura:

$$A_{s,mín} = 2,70 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{Ø } 8.0 \text{ c/15 cm})$$

10. PILARES

$$\text{Dimensões: } 20 \text{ cm} \quad \times \quad 20 \text{ cm}$$

Serão adotadas armaduras mínimas construtivas.

$$A_{s,mín.} = 1,60 \text{ cm}^2 \quad \text{Adotar: } (4 \text{ Ø } 10.0)$$

Estribos: Adotar: **Ø 6.3**

Espaçamento: Adotar: 15 cm

11. CINTAS

Serão adotadas armaduras mínimas construtivas.

Armadura Longitudinal: **(4 Ø 8.0)**

Estribos: **(Ø 6.3 c/ 15)**

RESERVATÓRIO DE RETROLAVAGEM (40 m³)

Memória de Cálculo

1. INTRODUÇÃO

Este memorial de cálculo tem por objetivo o dimensionamento estrutural de um Reservatório apoiado de 40 m³ para retrolavagem.

Para fins de liberação das fundações, na cota de assentamento, o solo deverá apresentar uma taxa de 1,5 kgf/cm².

2. BIBLIOGRAFIA

NBR 6118/2014 (Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado)

3. MATERIAIS UTILIZADOS

Concreto fck = 25 MPa

Aço CA-50A

4. DETERMINAÇÃO DOS ESFORÇOS INTERNOS SOLICITANTES NAS PAREDES

Dimensões:

Altura de cálculo (soma da altura do reservatório com a metade da espessura da laje de fundo):

hr(altura do reservatório) = 2,05 m

A altura de água máxima considera o nível máximo de água no reservatório:

ha(altura da água) = 1,50 m

Dimensões do reservatório:

Comprimento de cálculo = 5,30 m

Largura de cálculo = 5,30 m

Espessura das Paredes = 0,15 m

Espessura da laje de fundo = 0,15 m

Espessura da laje de tampa = 0,15 m

Cobrimento das armaduras = 4,00 cm

4.1 Reservatório Cheio

Pressão máxima na base devido a água:

Peso Específico (γ_a): = 1,00 tf/m³

$P_a = \gamma_a \cdot h_a$ = 1,50 tf/m²

Momento máximo na base:

$M_{máx} = (P_a \cdot h_r^2) / 15$ = 0,42 tf*m/m

Momento horizontal nos cantos:

$M_h = 0,083 \cdot \gamma_a \cdot h_a^3$ = 0,28 tf*m/m

Força horizontal de tração nas paredes:

$T = 0,30 \cdot \gamma_a \cdot h_a^2$ = 0,68 tf/m

5. CÁLCULO DAS ARMADURAS DAS PAREDES

5.1 Reservatório Cheio

Armadura Vertical

$K_c = (100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot M_{máx})$ = 20,57

$$K_c = \frac{20,57}{1,40 \cdot M_{\max}/d} \rightarrow K_s = 0,024$$

$$A_s = \frac{K_s \cdot 1,40 \cdot M_{\max}/d}{f_{ctd}} = 1,28 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Armadura Horizontal de Canto

$$K_c = \frac{(100 \cdot d^2)/(1,4 \cdot M_h)}{1,40 \cdot M_h/d} \rightarrow K_s = 0,024$$

$$A_s = \frac{K_s \cdot 1,40 \cdot M_h/d}{f_{ctd}} = 0,86 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s,\min} = 2,25 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{Ø } 8.0 \text{ c/15 cm})$$

5.1.1 Cálculo do comprimento da armadura horizontal de canto:

Distância do canto ao ponto de momento horizontal nulo

$$a = \frac{0,8 \cdot T/1,00 \cdot h_r}{2} = 0,26 \text{ m} \quad 26 \text{ cm}$$

Comprimento de ancoragem:

$$f_{ctd} = 1,282 \text{ MPa}$$

$$f_{bd} = 2,886 \text{ MPa}$$

$$l_b = \frac{301,35 \text{ mm}}{30,13 \text{ cm}} = 30,13 \text{ cm}$$

Comprimento total:

$$a_t = a + l_b$$

$$a_t = 56,48 \text{ cm} \quad \text{Adotar: } 0,80 \text{ m}$$

5.2 Reservatório Vazio

Por se tratar de uma estrutura apoiada, para esse caso será adotada armadura mínima.

Armadura Vertical

Para essa situação será adotada armadura mínima.

$$A_{s,\min} = 2,25 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{Ø } 8.0 \text{ c/15 cm})$$

Armadura Horizontal de Canto:

$$A_{s,\min} = 2,25 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{Ø } 6.3 \text{ c/15 cm})$$

5.2.1 Cálculo do comprimento da armadura horizontal de canto:

Comprimento de armadura horizontal de canto:

$$a_t = 0,80 \text{ m}$$

5.3 Cálculo do comprimento da armadura vertical:

Comprimento da armadura vertical:

$$\text{Tensão} = 1,88 \text{ tf/m}^2$$

$$b = 0,95 \text{ m} \quad \text{Adotar: } 1,30 \text{ m}$$

Armadura horizontal das paredes:

$$A_{s,\min} = 2,25 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{Ø } 8.0 \text{ c/15 cm})$$

6. DIMENSIONAMENTO DA LAJE DE TAMPA

Cargas:

Peso Próprio:	3,75 kN/m ²
Revestimento:	0,57 kN/m ²
Sobrecarga:	2,00 kN/m ²
TOTAL:	6,32 kN/m²

Largura: 5,30 m
 Comprimento: 5,30 m

Caso 1: $\alpha = 4,67$

Esforços:

$$l_x = 5,30 \text{ m} \rightarrow \lambda = 1,00$$

$$\mu_x = 4,41$$

$$\mu_y = 4,41$$

$$m_x = (\mu_x \cdot q \cdot l_x^2) / 100 = 7,83 \text{ KN.m/m}$$

$$m_y = (\mu_y \cdot q \cdot l_x^2) / 100 = 7,83 \text{ KN.m/m}$$

Armadura na direção X:

$$K_c = (100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot m_x \cdot 100) = 11,04$$

$$K_c = 11,04 \rightarrow K_s = 0,024$$

$$A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot m_x / d = 2,39 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{Ø } 8.0 \text{ c/15 cm})$$

Armadura na direção Y:

$$K_c = (100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot m_y \cdot 100) = 11,04$$

$$K_c = 11,04 \rightarrow K_s = 0,024$$

$$A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot m_y / d = 2,39 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{Ø } 8.0 \text{ c/15 cm})$$

Cálculo da flecha elástica:

$$E_{cs} = 23800 \text{ MPa} = 23800000 \text{ kN/m}^2$$

Flecha para carga total:

$$f_{g+q} = 0,0029 \text{ m} = 2,90 \text{ mm}$$

$$f_{lim} = 2,12 \text{ cm} = 21,20 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Flecha para carga acidental:

$$f_q = 0,0009 \text{ m} = 0,92 \text{ mm}$$

$$f_{lim} = 1,51 \text{ cm} = 15,14 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

6.1 Dimensionamento da abertura para manutenção:

Dimensão da abertura:

$$a_x = 0,53 \text{ m} \quad \text{Adotar: } 60 \text{ cm}$$

Armadura da abertura:

$$f_{ctd} = 1,282 \text{ MPa}$$

$$f_{bd} = 2,886 \text{ MPa}$$

$$l_b = 237,31 \text{ mm} \quad \text{Adotar: } 30,00 \text{ cm}$$

Comprimento total da ancoragem da armadura:

$l =$ 60 cm Adotar: 65 cm

7. DIMENSIONAMENTO DA LAJE DE FUNDO

7.1 Tensão Máxima no Solo

Comprimento da base: 5,45 m
 Largura da base: 5,45 m

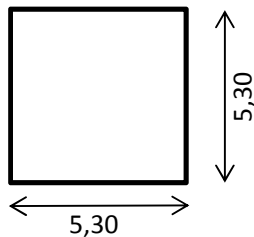
Laje de tampa: 11,1 tf
 Sobrecarga: 7,6 tf
 Paredes: 7,8 tf
 Paredes: 7,3 tf
TOTAL: 33,9 tf

Laje de fundo: 11,1 tf
 Água: 39,8 tf
TOTAL: 50,9 tf

$\sigma_{\text{solo}} =$ 2,85 tf/m² $=$ 0,29 kgf/cm² $<$ 1,5 kgf/cm²
OK

7.2 Cálculo das Armaduras:

$l_y =$ 5,30 m
 $l_x =$ 5,30 m



Cargas:

$q =$ 1,14 tf/m² $=$ 11,41 kN/m²

Esforços:

$l_x =$ 5,30 m $\rightarrow$ $\lambda =$ 1,00

$\mu_x = 4,41$
 $\mu_y = 4,41$

$m_x = (\mu_x \cdot q \cdot l_x^2) / 100 =$ 14,13 kN.m/m
 $m_y = (\mu_y \cdot q \cdot l_x^2) / 100 =$ 14,13 kN.m/m

Armatura na direção X:

$K_c = (100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot m_x \cdot 100) =$ 6,12
 $K_c =$ 6,12 $\rightarrow$ $K_s =$ 0,024
 $A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot m_x / d =$ 4,32 cm²/m **(Ø 10.0 c/15 cm)**

Armatura na direção Y:

$K_c = (100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot m_y \cdot 100) =$ 6,12
 $K_c =$ 6,12 $\rightarrow$ $K_s =$ 0,024
 $A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot m_y / d =$ 4,32 cm²/m **(Ø 10.0 c/15 cm)**

7.3 Verificação Quanto ao Cisalhamento:

$$V_{m\acute{a}x.} = 1,05 \text{ tf/m}$$

$$V_d = 1470,0 \text{ Kg/m}$$

$$f_{ct,m} = 0,3 * f_{ck}^{2/3} \quad f_{ct,m} = 2,56 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk,inf} = 0,7 * f_{ct,m} \quad f_{ctk,inf} = 1,80 \text{ MPa}$$

Cálculo da resistência de projeto ao cisalhamento:

$$V_{Rd1} = [\tau_{Rd} * k * (1,2 + 40 * \rho_1) + 0,15 * \sigma_{cd}] * b_w * d$$

Onde:

$$\tau_{Rd} = 0,25 * f_{ctd} \quad \tau_{Rd} = 3,21 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk,inf}}{\gamma_c} \quad f_{ctd} = 12,82 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w * d} \quad \rho_1 = 0,0048 < 0,02 \quad \text{OK}$$

$$\sigma_{cd} = \frac{N_{sd}}{A_c} \quad \sigma_{cd} = 0,72 \text{ Kg/cm}^2$$

$$N_{sd} = 1076,25 \text{ Kgf}$$

$$k = 1,6 - d \quad k = 1,49$$

Logo,

$$V_{Rd1} = 7423,75 \text{ Kgf} > V_d$$

(Não há necessidade de armadura transversal)

8. PILARES

P1 = P3

$$\text{Dimensões:} \quad 20 \text{ cm} \quad \times \quad 20 \text{ cm}$$

Serão adotadas armaduras mínimas construtivas.

$$A_{s,mín.} = 1,60 \text{ cm}^2 \quad \text{Adotar: } (4 \text{ } \varnothing 10,0)$$

$$\text{Estritos:} \quad \text{Adotar: } \varnothing 6,3$$

$$\text{Espaçamento:} \quad \text{Adotar: } 15 \text{ cm}$$

P2 = P4

$$\text{Dimensões:} \quad 15 \text{ cm} \quad \times \quad 25 \text{ cm}$$

Serão adotadas armaduras mínimas construtivas.

$$A_{s,mín.} = 1,50 \text{ cm}^2 \quad \text{Adotar: } (4 \text{ } \varnothing 10,0)$$

$$\text{Estritos:} \quad \text{Adotar: } \varnothing 6,3$$

$$\text{Espaçamento:} \quad \text{Adotar: } 15 \text{ cm}$$

9. CINTAS

Serão adotadas armaduras mínimas construtivas.

Armadura Longitudinal: **(4 Ø 8.0)**
Estribos: **(Ø 6.3 c/ 15)**

LEITO DE SECAGEM

Memória de Cálculo

1. INTRODUÇÃO

Este memorial de cálculo tem por objetivo o dimensionamento estrutural de um Leito de Secagem. Para fins de liberação das fundações, na cota de assentamento, o solo deverá apresentar uma taxa de 1,5 kgf/cm².

2. BIBLIOGRAFIA

NBR 6118/2014 (Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado)

3. MATERIAIS UTILIZADOS

Concreto fck = 25 MPa

Aço CA-50A

4. DETERMINAÇÃO DOS ESFORÇOS INTERNOS SOLICITANTES NAS PAREDES

Dimensões:

Altura de cálculo (soma da altura do leito com a metade da espessura da laje de fundo):

hr(altura do Tanque) = 0,98 m

A altura de água máxima considera o nível máximo de água no leito:

ha(altura da água) = 0,90 m

Dimensões do leito:

Comprimento de cálculo = 4,15 m

Largura de cálculo = 3,15 m

Espessura das Paredes = 0,15 m

Espessura da laje de fundo = 0,15 m

Cobrimento das armaduras = 4,00 cm

Pressões:

Coefficiente de empuxo (K): = 0,45

Peso Específico (γ_s): = 1,50 tf/m³

Pressão máxima na base devido ao terreno:

$P_s = K \cdot \gamma_s \cdot h_r = 0,66 \text{ tf/m}^2$

Peso Específico (γ_a): = 1,00 tf/m³

Pressão máxima na base devido a água:

$P_a = \gamma_a \cdot h_a = 0,90 \text{ tf/m}^2$

4.1 Reservatório Cheio

Momento máximo na base:

$M_{\text{máx}} = (P_a \cdot h_a^2) / 6 = 0,12 \text{ tf} \cdot \text{m/m}$

Momento horizontal nos cantos:

$M_h = 0,083 \cdot \gamma_a \cdot h_a^3 = 0,06 \text{ tf} \cdot \text{m/m}$

Força horizontal de tração nas paredes:

$$T = 0,30 \cdot Y_a \cdot h_a^2 = 0,24 \text{ tf/m}$$

4.2 Reservatório Vazio

Momento máximo na base:

$$M_{\text{máx}} = (P_s \cdot h^2)/6 = 0,104 \text{ tf} \cdot \text{m/m}$$

Momento horizontal nos cantos:

$$M_h = 0,083 \cdot P_s \cdot h^2 = 0,052 \text{ tf} \cdot \text{m/m}$$

Força horizontal de tração nas paredes:

$$T = 0,30 \cdot P_s \cdot h = 0,19 \text{ tf/m}$$

5. CÁLCULO DAS ARMADURAS DAS PAREDES

5.1 Reservatório Cheio

Armadura Vertical

$$K_c = (100 \cdot d^2)/(1,4 \cdot M_{\text{máx}}) = 71,13$$

$$K_c = 71,13 \rightarrow K_s = 0,023$$

$$A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot M_{\text{máx}}/d = 0,36 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Armadura Horizontal de Canto

$$K_c = (100 \cdot d^2)/(1,4 \cdot M_h) = 142,84$$

$$K_c = 142,84 \rightarrow K_s = 0,023$$

$$A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot M_h/d = 0,18 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Adotar armadura mínima:

$$A_{s,\text{mín}} = 2,25 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{Ø } 8.0 \text{ c/15 cm})$$

5.1.1 Cálculo do comprimento da armadura horizontal de canto:

Distância do canto ao ponto de momento horizontal nulo

$$a = 0,8 \cdot T/P_a = 0,20 \text{ m} \quad 20 \text{ cm}$$

Comprimento de ancoragem:

$$f_{\text{ctd}} = 1,282 \text{ MPa}$$

$$f_{\text{bd}} = 2,886 \text{ MPa}$$

$$l_b = 301,35 \text{ mm} \quad 30,13 \text{ cm}$$

Comprimento da armadura horizontal de canto:

$$a_t = a + l_b$$

$$a_t = 50,07 \text{ cm} \quad \text{Adotar: } 0,50 \text{ m}$$

5.2 Reservatório Vazio

Armadura Vertical

$$K_c = (100 \cdot d^2)/(1,4 \cdot M_{\text{máx}}) = 82,89$$

$$K_c = 82,89 \rightarrow K_s = 0,023$$

$$A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot M_{\text{máx}}/d = 0,31 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Armadura Horizontal de Canto

$$K_c = (100 \cdot d^2)/(1,4 \cdot M_h) = 166,44$$

$$K_c = 166,44 \rightarrow K_s = 0,023$$

$$A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot M_h/d = 0,15 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Adotar armadura mínima:

$$A_{s,mín} = 2,25 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\varnothing 8.0 \text{ c}/15 \text{ cm})$$

5.2.1 Cálculo do comprimento da armadura horizontal de canto:

Distância do canto ao ponto de momento horizontal nulo

$$a = 0,8 \cdot T/P_s = 0,16 \text{ m} \quad 16 \text{ cm}$$

Comprimento de ancoragem:

$$f_{ctd} = 1,282 \text{ MPa}$$

$$f_{bd} = 2,886 \text{ MPa}$$

$$l_b = 301,35 \text{ mm} \quad 30,13 \text{ cm}$$

Comprimento da armadura horizontal de canto:

$$a_t = a + l_b$$

$$a_t = 45,93 \text{ cm} \quad \text{Adotar: } 0,50 \text{ m}$$

5.3 Cálculo do comprimento da armadura vertical:

Comprimento da armadura vertical:

$$\text{Tensão} = 1,28 \text{ tf}/\text{m}^2$$

$$b = 0,62 \text{ m} \quad \text{Adotar: } 0,70 \text{ m}$$

5.4 Cálculo da armadura horizontal:

Armadura horizontal das paredes:

$$A_{s,mín} = 2,25 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\varnothing 8.0 \text{ c}/15 \text{ cm})$$

6. DIMENSIONAMENTO DA LAJE DE FUNDO

6.1 Tensão Máxima no Solo

$$\text{Comprimento da base: } 4,30 \text{ m}$$

$$\text{Largura da base: } 3,30 \text{ m}$$

Cálculo das cargas:

$$\text{Paredes: } 2,9 \text{ tf}$$

$$\text{Paredes: } 2,0 \text{ tf}$$

$$\text{TOTAL: } 4,9 \text{ tf}$$

$$\text{Laje de fundo: } 5,3 \text{ tf}$$

$$\text{Água: } 9,6 \text{ tf}$$

$$\text{Camada de brita: } 5,8 \text{ tf}$$

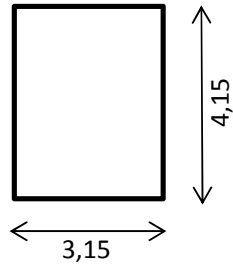
$$\text{TOTAL: } 20,7 \text{ tf}$$

$$\sigma_{\text{solo}} = 1,80 \text{ tf}/\text{m}^2 = 0,18 \text{ kgf}/\text{cm}^2 < 1,5 \text{ kgf}/\text{cm}^2 \quad \text{OK}$$

6.2 Cálculo das Armaduras:

$$l_y = 4,15 \text{ m}$$

$$l_x = 3,15 \text{ m}$$



Cargas:

$$q = 0,35 \text{ tf/m}^2 = 3,47 \text{ kN/m}^2$$

Esforços:

$$l_x = 3,15 \text{ m} \rightarrow \lambda = 1,32$$

$$\mu_x = 6,93$$

$$\mu_y = 4,37$$

$$m_x = (\mu_x \cdot q \cdot l_x^2) / 100 = 2,39 \text{ KN.m/m}$$

$$m_y = (\mu_y \cdot q \cdot l_x^2) / 100 = 1,51 \text{ KN.m/m}$$

Armadura na direção X:

$$K_c = (100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot m_x \cdot 100) = 36,20$$

$$K_c = 36,20 \rightarrow K_s = 0,023$$

$$A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot m_x / d = 0,70 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Adotar armadura mínima:

$$A_{s,\min} = 2,25 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Adotar: **(Ø 8.0 c/15 cm)**

Armadura na direção Y:

$$K_c = (100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot m_y \cdot 100) = 57,40$$

$$K_c = 57,40 \rightarrow K_s = 0,023$$

$$A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot m_y / d = 0,44 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Adotar armadura mínima:

$$A_{s,\min} = 2,25 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Adotar: **(Ø 8.0 c/15 cm)**

Laje dos Filtros

Memória de Cálculo

1. INTRODUÇÃO

Este memorial de cálculo tem por objetivo o dimensionamento estrutural da Laje de fundação dos filtros referente ao Projeto do sistema de abastecimento de água.

Para fins de liberação das fundações, na cota de assentamento, o solo deverá apresentar uma taxa de 1,5 kgf/cm².

2. BIBLIOGRAFIA

NBR 6118/2014 (Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado)

3. MATERIAIS UTILIZADOS

Concreto fck = 25 MPa
 Aço CA-50A

4. LAJE DE FUNDO

Espessura da laje de fundo = 0,20 m
 Comprimento = 1,20 m
 Largura = 1,20 m

4.1 Tensão Máxima no Solo

Área da base: 1,44 m²

Peso do Filtro: 1,8 tf

TOTAL: 1,8 tf

Laje de fundo: 0,7 tf

TOTAL: 0,7 tf

$\sigma_{\text{solo}} = 1,75 \text{ tf/m}^2 = 0,18 \text{ kgf/cm}^2 < 1,5 \text{ kgf/cm}^2$
OK

4.2 Cálculo das Armaduras Laje:

Cargas:

$q = 1,25 \text{ tf/m}^2 = 12,50 \text{ kN/m}^2$

$l_x = 1,20 \text{ m} \rightarrow \lambda = 1,00$

$\mu_x = 4,41$

$\mu_y = 4,41$

$m_x = (\mu_x \cdot q \cdot l_x^2) / 100 = 0,79 \text{ KN.m/m}$

$m_y = (\mu_y \cdot q \cdot l_x^2) / 100 = 0,79 \text{ KN.m/m}$

Armadura na direção X:

$K_c = (100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot m_x \cdot 100) = 260,05$

$K_c = 260,05 \rightarrow K_s = 0,023$

$A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot m_x / d = 0,15 \text{ cm}^2/\text{m}$

Armadura na direção Y:

$K_c = (100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot m_y \cdot 100) = 260,05$

$K_c = 260,05 \rightarrow K_s = 0,023$

$A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot m_y / d = 0,15 \text{ cm}^2/\text{m}$

Adotar armadura mínima:

$A_{s,\text{min}} = 3,00 \text{ cm}^2/\text{m}$

Adotar: **(Ø 8.0 c/12 cm)**

4.3 Verificação da punção:

Carga Aplicada:

$$F_d = 0,63 \text{ tf} \quad (\text{Carga aplicada por apoio})$$

$$d = 17,00 \text{ cm}$$

$$\text{Seção do Apoio: } 15,00 \text{ cm} \quad \times \quad 15,00 \text{ cm}$$

Perímetro da Superfície c':

$$\mu = 273,63 \text{ cm}$$

Tensão resistente na superfície c':

$$\tau_{sd} = 0,46 \text{ MPa} = 4,61 \text{ kgf/cm}^2$$

Tensão de cálculo atuante:

$$\tau_{sda} = 0,14 \text{ kgf/cm}^2 < \tau_{sd}$$

Ok (não precisa armar à punção)

5. CAIXA DE VÁLVULAS

Serão adotadas armaduras mínimas construtivas.

Armadura mínima:

$$A_{\min.} = 2,25 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\varnothing 6.3 \text{ c/12 cm})$$

Laje do Claripetra

Memória de Cálculo

1. INTRODUÇÃO

Este memorial de cálculo tem por objetivo o dimensionamento estrutural da Laje de fundação do decantador referente ao Projeto do sistema de abastecimento de água.

Para fins de liberação das fundações, na cota de assentamento, o solo deverá apresentar uma taxa de 1,5 kgf/cm².

2. BIBLIOGRAFIA

NBR 6118/2014 (Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado)

3. MATERIAIS UTILIZADOS

Concreto fck = 25 MPa
 Aço CA-50A

4. LAJE DE FUNDO

Dimensões:
 Espessura da laje de fundo = 0,20 m
 Comprimento = 2,00 m
 Largura = 2,00 m

4.1 Tensão Máxima no Solo

Área da base: 4,00 m²

Peso do Decantador: 7,5 tf

TOTAL: 7,5 tf

Laje de fundo: 2,0 tf

TOTAL: 2,0 tf

$\sigma_{\text{solo}} = 2,38 \text{ tf/m}^2 = 0,24 \text{ kgf/cm}^2 < 1,5 \text{ kgf/cm}^2$
OK

4.2 Cálculo das Armaduras Laje:

Cargas:

$q = 1,88 \text{ tf/m}^2 = 18,75 \text{ kN/m}^2$

$l_x = 2,00 \text{ m} \rightarrow \lambda = 1,00$

$\mu_x = 4,41$
 $\mu_y = 4,41$

$m_x = (\mu_x \cdot q \cdot l_x^2) / 100 = 3,31 \text{ KN.m/m}$
 $m_y = (\mu_y \cdot q \cdot l_x^2) / 100 = 3,31 \text{ KN.m/m}$

Armadura na direção X:

$K_c = (100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot m_x \cdot 100) = 62,41$
 $K_c = 62,41 \rightarrow K_s = 0,023$
 $A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot m_x / d = 0,63 \text{ cm}^2/\text{m}$

Armadura na direção Y:

$K_c = (100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot m_y \cdot 100) = 62,41$
 $K_c = 62,41 \rightarrow K_s = 0,023$
 $A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot m_y / d = 0,63 \text{ cm}^2/\text{m}$

Adotar armadura mínima:

$A_{s,\text{min}} = 3,00 \text{ cm}^2/\text{m}$ Adotar: **(Ø 8.0 c/12 cm)**

4.3 Verificação da punção:

Carga Aplicada:

$$F_d = 2,63 \text{ tf} \quad (\text{Carga aplicada por apoio})$$

$$d = 17,00 \text{ cm}$$

$$\text{Seção do apoio: } 15,00 \text{ cm} \quad \times \quad 15,00 \text{ cm}$$

Perímetro da Superfície c':

$$\mu = 273,63 \text{ cm}$$

Tensão resistente na superfície c':

$$\tau_{sd} = 0,46 \text{ MPa} = 4,61 \text{ kgf/cm}^2$$

Tensão de cálculo atuante:

$$\tau_{sda} = 0,56 \text{ kgf/cm}^2 < \tau_{sd}$$

Ok (não precisa armar à punção)

5. CAIXA DE VÁLVULAS

Serão adotadas armaduras mínimas construtivas.

Armadura mínima:

$$A_{\min.} = 2,25 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{Ø 6.3 c/12 cm})$$

Casa de Química

Memória de Cálculo

1. INTRODUÇÃO

Este memorial de cálculo tem por objetivo o dimensionamento estrutural da Casa de Química referente ao Projeto do sistema de abastecimento de água.

Para fins de liberação das fundações, na cota de assentamento, o solo deverá apresentar uma taxa de 1,5 kgf/cm².

2. BIBLIOGRAFIA

NBR 6118/2014 (Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado)

3. MATERIAIS UTILIZADOS

Concreto fck = 25 MPa
Aço CA-50A

4. PILARES

Dimensões: 20 cm X 20 cm

Serão adotadas armaduras mínimas construtivas.

$A_{s,min.}$ = 1,60 cm² Adotar: **(4 Ø 10.0)**

Estribos: Adotar: **Ø 6.3**

Espaçamento: Adotar: 15 cm

5. CINTAS

Serão adotadas armaduras mínimas construtivas.

Armadura Longitudinal: **(4 Ø 10.0)**
Estribos: **(Ø 6.3 c/ 15)**

RESERVATÓRIO DE RETROLAVAGEM (40 m³)

Memória de Cálculo

1. INTRODUÇÃO

Este memorial de cálculo tem por objetivo o dimensionamento estrutural de um Reservatório apoiado de 40 m³ para retrolavagem.

Para fins de liberação das fundações, na cota de assentamento, o solo deverá apresentar uma taxa de 1,5 kgf/cm².

2. BIBLIOGRAFIA

NBR 6118/2014 (Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado)

3. MATERIAIS UTILIZADOS

Concreto fck = 25 MPa

Aço CA-50A

4. DETERMINAÇÃO DOS ESFORÇOS INTERNOS SOLICITANTES NAS PAREDES

Dimensões:

Altura de cálculo (soma da altura do reservatório com a metade da espessura da laje de fundo):

hr(altura do reservatório) = 2,05 m

A altura de água máxima considera o nível máximo de água no reservatório:

ha(altura da água) = 1,50 m

Dimensões do reservatório:

Comprimento de cálculo = 5,30 m

Largura de cálculo = 5,30 m

Espessura das Paredes = 0,15 m

Espessura da laje de fundo = 0,15 m

Espessura da laje de tampa = 0,15 m

Cobrimento das armaduras = 4,00 cm

4.1 Reservatório Cheio

Pressão máxima na base devido a água:

Peso Específico (γ_a): = 1,00 tf/m³

$P_a = \gamma_a \cdot h_a$ = 1,50 tf/m²

Momento máximo na base:

$M_{máx} = (P_a \cdot h_r^2) / 15$ = 0,42 tf*m/m

Momento horizontal nos cantos:

$M_h = 0,083 \cdot \gamma_a \cdot h_a^3$ = 0,28 tf*m/m

Força horizontal de tração nas paredes:

$T = 0,30 \cdot \gamma_a \cdot h_a^2$ = 0,68 tf/m

5. CÁLCULO DAS ARMADURAS DAS PAREDES

5.1 Reservatório Cheio

Armadura Vertical

$K_c = (100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot M_{máx})$ = 20,57

$$K_c = \frac{20,57}{1,40 \cdot M_{\max}/d} \rightarrow K_s = 0,024$$

$$A_s = \frac{K_s \cdot 1,40 \cdot M_{\max}/d}{f_{ctd}} = 1,28 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Armadura Horizontal de Canto

$$K_c = \frac{(100 \cdot d^2)/(1,4 \cdot M_h)}{1,40 \cdot M_h/d} \rightarrow K_s = 0,024$$

$$A_s = \frac{K_s \cdot 1,40 \cdot M_h/d}{f_{ctd}} = 0,86 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s,\min} = 2,25 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{Ø } 8.0 \text{ c/15 cm})$$

5.1.1 Cálculo do comprimento da armadura horizontal de canto:

Distância do canto ao ponto de momento horizontal nulo

$$a = \frac{0,8 \cdot T/1,00 \cdot h_r}{2} = 0,26 \text{ m} \quad 26 \text{ cm}$$

Comprimento de ancoragem:

$$f_{ctd} = 1,282 \text{ MPa}$$

$$f_{bd} = 2,886 \text{ MPa}$$

$$l_b = \frac{301,35 \text{ mm}}{30,13 \text{ cm}} = 30,13 \text{ cm}$$

Comprimento total:

$$a_t = a + l_b$$

$$a_t = 56,48 \text{ cm} \quad \text{Adotar: } 0,80 \text{ m}$$

5.2 Reservatório Vazio

Por se tratar de uma estrutura apoiada, para esse caso será adotada armadura mínima.

Armadura Vertical

Para essa situação será adotada armadura mínima.

$$A_{s,\min} = 2,25 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{Ø } 8.0 \text{ c/15 cm})$$

Armadura Horizontal de Canto:

$$A_{s,\min} = 2,25 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{Ø } 6.3 \text{ c/15 cm})$$

5.2.1 Cálculo do comprimento da armadura horizontal de canto:

Comprimento de armadura horizontal de canto:

$$a_t = 0,80 \text{ m}$$

5.3 Cálculo do comprimento da armadura vertical:

Comprimento da armadura vertical:

$$\text{Tensão} = 1,88 \text{ tf/m}^2$$

$$b = 0,95 \text{ m} \quad \text{Adotar: } 1,30 \text{ m}$$

Armadura horizontal das paredes:

$$A_{s,\min} = 2,25 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{Ø } 8.0 \text{ c/15 cm})$$

6. DIMENSIONAMENTO DA LAJE DE TAMPA

Cargas:

Peso Próprio:	3,75 kN/m ²
Revestimento:	0,57 kN/m ²
Sobrecarga:	2,00 kN/m ²
TOTAL:	6,32 kN/m²

Largura: 5,30 m
 Comprimento: 5,30 m

Caso 1: $\alpha = 4,67$

Esforços:

$$l_x = 5,30 \text{ m} \rightarrow \lambda = 1,00$$

$$\mu_x = 4,41$$

$$\mu_y = 4,41$$

$$m_x = (\mu_x \cdot q \cdot l_x^2) / 100 = 7,83 \text{ KN.m/m}$$

$$m_y = (\mu_y \cdot q \cdot l_x^2) / 100 = 7,83 \text{ KN.m/m}$$

Armadura na direção X:

$$K_c = (100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot m_x \cdot 100) = 11,04$$

$$K_c = 11,04 \rightarrow K_s = 0,024$$

$$A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot m_x / d = 2,39 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{Ø } 8.0 \text{ c/15 cm})$$

Armadura na direção Y:

$$K_c = (100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot m_y \cdot 100) = 11,04$$

$$K_c = 11,04 \rightarrow K_s = 0,024$$

$$A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot m_y / d = 2,39 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{Ø } 8.0 \text{ c/15 cm})$$

Cálculo da flecha elástica:

$$E_{cs} = 23800 \text{ MPa} = 23800000 \text{ kN/m}^2$$

Flecha para carga total:

$$f_{g+q} = 0,0029 \text{ m} = 2,90 \text{ mm}$$

$$f_{lim} = 2,12 \text{ cm} = 21,20 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Flecha para carga acidental:

$$f_q = 0,0009 \text{ m} = 0,92 \text{ mm}$$

$$f_{lim} = 1,51 \text{ cm} = 15,14 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

6.1 Dimensionamento da abertura para manutenção:

Dimensão da abertura:

$$a_x = 0,53 \text{ m} \quad \text{Adotar: } 60 \text{ cm}$$

Armadura da abertura:

$$f_{ctd} = 1,282 \text{ MPa}$$

$$f_{bd} = 2,886 \text{ MPa}$$

$$l_b = 237,31 \text{ mm} \quad \text{Adotar: } 30,00 \text{ cm}$$

Comprimento total da ancoragem da armadura:

l = 60 cm Adotar: 65 cm

7. DIMENSIONAMENTO DA LAJE DE FUNDO

7.1 Tensão Máxima no Solo

Comprimento da base: 5,45 m
 Largura da base: 5,45 m

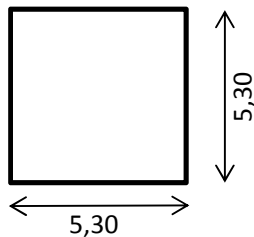
Laje de tampa: 11,1 tf
 Sobrecarga: 7,6 tf
 Paredes: 7,8 tf
 Paredes: 7,3 tf
TOTAL: 33,9 tf

Laje de fundo: 11,1 tf
 Água: 39,8 tf
TOTAL: 50,9 tf

$\sigma_{\text{solo}} = 2,85 \text{ tf/m}^2 = 0,29 \text{ kgf/cm}^2 < 1,5 \text{ kgf/cm}^2$
OK

7.2 Cálculo das Armaduras:

ly = 5,30 m
 lx = 5,30 m



Cargas:

q = 1,14 tf/m² = 11,41 kN/m²

Esforços:

lx = 5,30 m → λ = 1,00

μx = 4,41
 μy = 4,41

mx = (μx*q*lx²)/100 = 14,13 kN.m/m
 my = (μy*q*lx²)/100 = 14,13 kN.m/m

Armatura na direção X:

Kc = (100*d²)/(1,4*mx*100) = 6,12
 Kc = 6,12 → Ks = 0,024
 As = Ks*1,40*mx/d = 4,32 cm²/m **(Ø 10.0 c/15 cm)**

Armatura na direção Y:

Kc = (100*d²)/(1,4*my*100) = 6,12
 Kc = 6,12 → Ks = 0,024
 As = Ks*1,40*my/d = 4,32 cm²/m **(Ø 10.0 c/15 cm)**

7.3 Verificação Quanto ao Cisalhamento:

$$V_{m\acute{a}x.} = 1,05 \text{ tf/m}$$

$$V_d = 1470,0 \text{ Kgf/m}$$

$$f_{ct,m} = 0,3 * f_{ck}^{2/3} \quad f_{ct,m} = 2,56 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk,inf} = 0,7 * f_{ct,m} \quad f_{ctk,inf} = 1,80 \text{ MPa}$$

Cálculo da resistência de projeto ao cisalhamento:

$$V_{Rd1} = [\tau_{Rd} * k * (1,2 + 40 * \rho_1) + 0,15 * \sigma_{cd}] * b_w * d$$

Onde:

$$\tau_{Rd} = 0,25 * f_{ctd} \quad \tau_{Rd} = 3,21 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk,inf}}{\gamma_c} \quad f_{ctd} = 12,82 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w * d} \quad \rho_1 = 0,0048 < 0,02 \quad \text{OK}$$

$$\sigma_{cd} = \frac{N_{sd}}{A_c} \quad \sigma_{cd} = 0,72 \text{ Kg/cm}^2$$

$$N_{sd} = 1076,25 \text{ Kgf}$$

$$k = 1,6 - d \quad k = 1,49$$

Logo,

$$V_{Rd1} = 7423,75 \text{ Kgf} > V_d$$

(Não há necessidade de armadura transversal)

8. PILARES

P1 = P3

$$\text{Dimensões:} \quad 20 \text{ cm} \quad \times \quad 20 \text{ cm}$$

Serão adotadas armaduras mínimas construtivas.

$$A_{s,min.} = 1,60 \text{ cm}^2 \quad \text{Adotar: } (4 \text{ } \varnothing 10,0)$$

$$\text{Estritos:} \quad \text{Adotar: } \varnothing 6,3$$

$$\text{Espaçamento:} \quad \text{Adotar: } 15 \text{ cm}$$

P2 = P4

$$\text{Dimensões:} \quad 15 \text{ cm} \quad \times \quad 25 \text{ cm}$$

Serão adotadas armaduras mínimas construtivas.

$$A_{s,min.} = 1,50 \text{ cm}^2 \quad \text{Adotar: } (4 \text{ } \varnothing 10,0)$$

$$\text{Estritos:} \quad \text{Adotar: } \varnothing 6,3$$

$$\text{Espaçamento:} \quad \text{Adotar: } 15 \text{ cm}$$

9. CINTAS

Serão adotadas armaduras mínimas construtivas.

Armadura Longitudinal: **(4 Ø 8.0)**
Estribos: **(Ø 6.3 c/ 15)**

RESERVATÓRIO APOIADO (150 m³)

Memória de Cálculo

1. INTRODUÇÃO

Este memorial de cálculo tem por objetivo o dimensionamento estrutural de um Reservatório apoiado de 150 m³.

Para fins de liberação das fundações, na cota de assentamento, o solo deverá apresentar uma taxa de 1,5 kgf/cm².

2. BIBLIOGRAFIA

NBR 6118/2014 (Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado)

3. MATERIAIS UTILIZADOS

Concreto fck = 25 MPa
 Aço CA-50A

4. DETERMINAÇÃO DOS ESFORÇOS INTERNOS SOLICITANTES NAS PAREDES

Dimensões:

Altura de cálculo (soma da altura do reservatório com a metade da espessura da laje de fundo):

hr(altura do reservatório) = 3,00 m

A altura de água máxima considera o nível máximo de água no reservatório:

ha(altura da água) = 2,50 m

Dimensões do reservatório:

Comprimento de cálculo = 9,00 m

Largura de cálculo = 7,25 m

Espessura das Paredes = 0,25 m

Espessura da laje de fundo = 0,25 m

Espessura da laje de tampa = 0,15 m

Cobrimento das armaduras = 4,00 cm

4.1 Reservatório Cheio

Pressão máxima na base devido a água:

Peso Específico (γ_a): = 1,00 tf/m³

$P_a = \gamma_a \cdot h_a$ = 2,50 tf/m²

Momento máximo na base:

$M_{máx} = (P_a \cdot h_r^2) / 15$ = 1,20 tf*m/m

Momento horizontal nos cantos:

$M_h = 0,083 \cdot \gamma_a \cdot h_a^3$ = 1,30 tf*m/m

Força horizontal de tração nas paredes:

$T = 0,30 \cdot \gamma_a \cdot h_a^2$ = 1,88 tf/m

5. CÁLCULO DAS ARMADURAS DAS PAREDES

5.1 Reservatório Cheio

Armadura Vertical

$K_c = (100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot M_{máx})$ = 26,25

$$K_c = \frac{26,25}{K_s \cdot 1,40 \cdot M_{\max}/d} \rightarrow K_s = 0,023$$

$$A_s = \frac{26,25}{K_s \cdot 1,40 \cdot M_{\max}/d} = 1,84 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Armadura Horizontal de Canto

$$K_c = \frac{(100 \cdot d^2)/(1,4 \cdot M_h)}{K_s \cdot 1,40 \cdot M_h/d} = 24,29$$

$$K_s = 0,023$$

$$A_s = \frac{24,29}{K_s \cdot 1,40 \cdot M_h/d} = 1,99 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s,\min} = 3,75 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\varnothing 10.0 \text{ c}/15 \text{ cm})$$

5.1.1 Cálculo do comprimento da armadura horizontal de canto:

Distância do canto ao ponto de momento horizontal nulo

$$a = \frac{0,8 \cdot T}{1,00 \cdot h_r} = 0,50 \text{ m} \quad 50 \text{ cm}$$

Comprimento de ancoragem:

$$f_{ctd} = 1,282 \text{ MPa}$$

$$f_{bd} = 2,886 \text{ MPa}$$

$$l_b = \frac{301,35 \text{ mm}}{30,13 \text{ cm}} = 30,13 \text{ cm}$$

Comprimento total:

$$a_t = a + l_b$$

$$a_t = 80,13 \text{ cm} \quad \text{Adotar: } 0,90 \text{ m}$$

5.2 Reservatório Vazio

Por se tratar de uma estrutura apoiada, para esse caso será adotada armadura mínima.

Armadura Vertical

Para essa situação será adotada armadura mínima.

$$A_{s,\min} = 3,75 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\varnothing 10.0 \text{ c}/15 \text{ cm})$$

Armadura Horizontal de Canto:

$$A_{s,\min} = 3,75 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\varnothing 10.0 \text{ c}/15 \text{ cm})$$

5.2.1 Cálculo do comprimento da armadura horizontal de canto:

Comprimento de armadura horizontal de canto:

$$a_t = 0,90 \text{ m}$$

5.3 Cálculo do comprimento da armadura vertical:

Comprimento da armadura vertical:

$$\text{Tensão} = 3,13 \text{ tf}/\text{m}^2$$

$$b = 1,24 \text{ m} \quad \text{Adotar: } 1,40 \text{ m}$$

Armadura horizontal das paredes:

$$A_{s,\min} = 3,75 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\varnothing 10.0 \text{ c}/15 \text{ cm})$$

6. DIMENSIONAMENTO DA LAJE DE TAMPA

Cargas:

Peso Próprio:	3,75 kN/m ²
Revestimento:	0,57 kN/m ²
Sobrecarga:	2,00 kN/m ²
TOTAL:	6,32 kN/m²

Largura: 7,25 m
 Comprimento: 9,00 m

Caso 1: $\alpha =$ 6,95

Esforços:

$$l_x = 7,25 \text{ m} \rightarrow \lambda = 1,24$$

$$\mu_x = 6,27$$

$$\mu_y = 4,45$$

$$m_x = (\mu_x \cdot q \cdot l_x^2) / 100 = 20,83 \text{ KN.m/m}$$

$$m_y = (\mu_y \cdot q \cdot l_x^2) / 100 = 14,78 \text{ KN.m/m}$$

Armadura na direção X:

$$K_c = (100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot m_x \cdot 100) = 4,15$$

$$K_c = 4,15 \rightarrow K_s = 0,025$$

$$A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot m_x / d = 6,63 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{Ø } 10.0 \text{ c}/10 \text{ cm})$$

Armadura na direção Y:

$$K_c = (100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot m_y \cdot 100) = 5,85$$

$$K_c = 5,85 \rightarrow K_s = 0,025$$

$$A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot m_y / d = 4,70 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{Ø } 10.0 \text{ c}/14 \text{ cm})$$

Cálculo da flecha elástica:

$$E_{cs} = 23800 \text{ MPa} = 23800000 \text{ kN/m}^2$$

Flecha para carga total:

$$f_{g+q} = 0,0151 \text{ m} = 15,11 \text{ mm}$$

$$f_{lim} = 2,9 \text{ cm} = 29,00 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Flecha para carga acidental:

$$f_q = 0,0048 \text{ m} = 4,78 \text{ mm}$$

$$f_{lim} = 2,07 \text{ cm} = 20,71 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

6.1 Dimensionamento da abertura para manutenção:

Dimensão da abertura:

$$a_x = 0,80 \text{ m} \quad \text{Adotar: } 80 \text{ cm}$$

Armadura da abertura:

$$f_{ctd} = 1,282 \text{ MPa}$$

$$f_{bd} = 2,886 \text{ MPa}$$

$$l_b = 237,31 \text{ mm} \quad \text{Adotar: } 30,00 \text{ cm}$$

Comprimento total da ancoragem da armadura:

$l =$ 60 cm Adotar: 60 cm

7. DIMENSIONAMENTO DA LAJE DE FUNDO

7.1 Tensão Máxima no Solo

Comprimento da base: 9,25 m
 Largura da base: 7,5 m

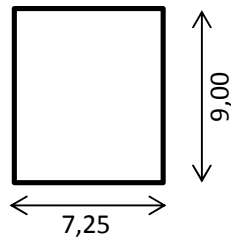
Laje de tampa: 26,0 tf
 Sobrecarga: 17,8 tf
 Paredes: 32,4 tf
 Paredes: 24,5 tf
TOTAL: 100,7 tf

Laje de fundo: 43,4 tf
 Água: 147,0 tf
TOTAL: 190,4 tf

$\sigma_{\text{solo}} =$ 4,20 tf/m² $=$ 0,42 kgf/cm² $<$ 1,5 kgf/cm²
OK

7.2 Cálculo das Armaduras:

$l_y =$ 9,00 m
 $l_x =$ 7,25 m



Cargas:

$q =$ 1,45 tf/m² $=$ 14,52 kN/m²

Esforços:

$l_x =$ 7,25 m $\rightarrow$ $\lambda =$ 1,24

$\mu_x = 6,27$
 $\mu_y = 4,45$

$m_x =$ $(\mu_x \cdot q \cdot l_x^2) / 100$ $=$ 47,85 kN.m/m
 $m_y =$ $(\mu_y \cdot q \cdot l_x^2) / 100$ $=$ 33,96 kN.m/m

Armatura na direção X:

$K_c =$ $(100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot m_x \cdot 100)$ $=$ 6,58
 $K_c =$ 6,58 $\rightarrow$ $K_s =$ 0,024
 $A_s =$ $K_s \cdot 1,40 \cdot m_x / d$ $=$ 7,66 cm²/m **(Ø 12.5 c/14 cm)**

Armatura na direção Y:

$K_c =$ $(100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot m_y \cdot 100)$ $=$ 9,28
 $K_c =$ 9,28 $\rightarrow$ $K_s =$ 0,024
 $A_s =$ $K_s \cdot 1,40 \cdot m_y / d$ $=$ 5,43 cm²/m **(Ø 10.0 c/12 cm)**

7.3 Verificação Quanto ao Cisalhamento:

$$V_{m\acute{a}x.} = 2,60 \text{ tf/m}$$

$$V_d = 3640,0 \text{ Kg/m}$$

$$f_{ct,m} = 0,3 * f_{ck}^{2/3} \quad f_{ct,m} = 2,56 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk,inf} = 0,7 * f_{ct,m} \quad f_{ctk,inf} = 1,80 \text{ MPa}$$

Cálculo da resistência de projeto ao cisalhamento:

$$V_{Rd1} = [\tau_{Rd} * k * (1,2 + 40 * \rho_1) + 0,15 * \sigma_{cd}] * b_w * d$$

Onde:

$$\tau_{Rd} = 0,25 * f_{ctd} \quad \tau_{Rd} = 3,21 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk,inf}}{\gamma_c} \quad f_{ctd} = 12,82 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w * d} \quad \rho_1 = 0,0025 < 0,02 \quad \text{OK}$$

$$\sigma_{cd} = \frac{N_{sd}}{A_c} \quad \sigma_{cd} = 1,05 \text{ Kg/cm}^2$$

$$N_{sd} = 2625 \text{ Kgf}$$

$$k = 1,6 - d \quad k = 1,39$$

Logo,

$$V_{Rd1} = 12493,77 \text{ Kgf} > V_d$$

(Não há necessidade de armadura transversal)

8. POÇO DE SUÇÃO

$$\text{Espessura: } 0,25 \text{ m}$$

Será adotada armadura mínima na referida estrutura:

$$A_{s,mín} = 3,75 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{Ø } 10.0 \text{ c/15 cm})$$

9. APOIO PARA O TELHADO

$$\text{Espessura média: } 0,18 \text{ m}$$

Será adotada armadura mínima na referida estrutura:

$$A_{s,mín} = 2,70 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{Ø } 8.0 \text{ c/15 cm})$$

10. PILARES

$$\text{Dimensões: } 20 \text{ cm} \quad \times \quad 20 \text{ cm}$$

Serão adotadas armaduras mínimas construtivas.

$$A_{s,mín.} = 1,60 \text{ cm}^2 \quad \text{Adotar: } (4 \text{ Ø } 10.0)$$

Estribos: Adotar: **Ø 6.3**

Espaçamento: Adotar: 15 cm

11. CINTAS

Serão adotadas armaduras mínimas construtivas.

Armadura Longitudinal: **(4 Ø 8.0)**

Estribos: **(Ø 6.3 c/ 15)**

RESERVATÓRIO APOIADO (80 m³)

Memória de Cálculo

1. INTRODUÇÃO

Este memorial de cálculo tem por objetivo o dimensionamento estrutural de um Reservatório apoiado de 80 m³.

Para fins de liberação das fundações, na cota de assentamento, o solo deverá apresentar uma taxa de 1,5 kgf/cm².

2. BIBLIOGRAFIA

NBR 6118/2014 (Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado)

3. MATERIAIS UTILIZADOS

Concreto fck = 25 MPa

Aço CA-50A

4. DETERMINAÇÃO DOS ESFORÇOS INTERNOS SOLICITANTES NAS PAREDES

Dimensões:

Altura de cálculo (soma da altura do reservatório com a metade da espessura da laje de fundo):

hr(altura do reservatório) = 3,58 m

A altura de água máxima considera o nível máximo de água no reservatório:

ha(altura da água) = 3,00 m

Dimensões do reservatório:

Comprimento = 5,35 m

Largura = 5,35 m

Espessura das Paredes = 0,20 m

Espessura da laje de fundo = 0,20 m

Espessura da laje de tampa = 0,15 m

Cobrimento das armaduras = 4,00 cm

4.1 Reservatório Cheio

Pressão máxima na base devido a água:

Peso Específico (γ_a): = 1,00 tf/m³

$P_a = \gamma_a \cdot h_a$ = 3,00 tf/m²

Momento máximo na base:

$M_{\max} = (P_a \cdot h_r^2) / 15$ = 2,56 tf*m/m

Momento horizontal nos cantos:

$M_h = 0,083 \cdot \gamma_a \cdot h_a^3$ = 2,24 tf*m/m

Força horizontal de tração nas paredes:

$T = 0,30 \cdot \gamma_a \cdot h_a^2$ = 2,70 tf/m

5. CÁLCULO DAS ARMADURAS DAS PAREDES

5.1 Reservatório Cheio

Armadura Vertical

$K_c = (100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot M_{\max})$ = 7,15

$$K_c = 7,15 \rightarrow K_s = 0,024$$

$$A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot M_{\max} / d = 5,37 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\varnothing 10.0 \text{ c}/11 \text{ cm})$$

Armadura Horizontal de Canto

$$K_c = (100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot M_h) = 8,16$$

$$K_c = 8,16 \rightarrow K_s = 0,024$$

$$A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot M_h / d = 4,71 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\varnothing 8.0 \text{ c}/10 \text{ cm})$$

$$A_{s,\min} = 3,00 \text{ cm}^2/\text{m}$$

5.1.1 Cálculo do comprimento da armadura horizontal de canto:

Distância do canto ao ponto de momento horizontal nulo

$$a = 0,8 \cdot T / 1,00 \cdot h_r = 0,60 \text{ m} \quad 60 \text{ cm}$$

Comprimento de ancoragem:

$$f_{ctd} = 1,282 \text{ MPa}$$

$$f_{bd} = 2,886 \text{ MPa}$$

$$l_b = 301,35 \text{ mm} \quad 30,13 \text{ cm}$$

Comprimento total:

$$a_t = a + l_b$$

$$a_t = 90,55 \text{ cm} \quad \text{Adotar: } 1,10 \text{ m}$$

5.2 Reservatório Vazio

Por se tratar de uma estrutura apoiada, para esse caso será adotada armadura mínima.

Armadura Vertical

Para essa situação será adotada armadura mínima.

$$A_{s,\min} = 3,00 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\varnothing 8.0 \text{ c}/11 \text{ cm})$$

Armadura Horizontal de Canto:

$$A_{s,\min} = 3,00 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\varnothing 6.3 \text{ c}/10 \text{ cm})$$

5.2.1 Cálculo do comprimento da armadura horizontal de canto:

Comprimento de armadura horizontal de canto:

$$a_t = 1,10 \text{ m}$$

5.3 Cálculo do comprimento da armadura vertical:

Comprimento da armadura vertical:

$$\text{Tensão} = 3,50 \text{ tf}/\text{m}^2$$

$$b = 1,71 \text{ m} \quad \text{Adotar: } 1,90 \text{ m}$$

Armadura horizontal das paredes:

$$A_{s,\min} = 3,00 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\varnothing 10.0 \text{ c}/15 \text{ cm})$$

6. DIMENSIONAMENTO DA LAJE DE TAMPA

Cargas:

Peso Próprio:	3,75 kN/m ²
Revestimento:	0,57 kN/m ²
Sobrecarga:	2,00 kN/m ²
TOTAL:	6,32 kN/m²

Largura: 5,35 m
 Comprimento: 5,35 m

Caso 1: $\alpha = 4,67$

Esforços:

$$l_x = 5,35 \text{ m} \rightarrow \lambda = 1,00$$

$$\mu_x = 4,41$$

$$\mu_y = 4,41$$

$$m_x = (\mu_x \cdot q \cdot l_x^2) / 100 = 7,98 \text{ KN.m/m}$$

$$m_y = (\mu_y \cdot q \cdot l_x^2) / 100 = 7,98 \text{ KN.m/m}$$

Armadura na direção X:

$$K_c = (100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot m_x \cdot 100) = 10,83$$

$$K_c = 10,83 \rightarrow K_s = 0,024$$

$$A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot m_x / d = 2,44 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{Ø } 8.0 \text{ c/15 cm})$$

Armadura na direção Y:

$$K_c = (100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot m_y \cdot 100) = 10,83$$

$$K_c = 10,83 \rightarrow K_s = 0,024$$

$$A_s = K_s \cdot 1,40 \cdot m_y / d = 2,44 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{Ø } 8.0 \text{ c/15 cm})$$

Cálculo da flecha elástica:

$$E_{cs} = 23800 \text{ MPa} = 23800000 \text{ kN/m}^2$$

Flecha para carga total:

$$f_{g+q} = 0,0030 \text{ m} = 3,01 \text{ mm}$$

$$f_{lim} = 2,14 \text{ cm} = 21,40 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Flecha para carga acidental:

$$f_q = 0,0010 \text{ m} = 0,95 \text{ mm}$$

$$f_{lim} = 1,53 \text{ cm} = 15,29 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

6.1 Dimensionamento da abertura para manutenção:

Dimensão da abertura:

$$a_x = 0,80 \text{ m} \quad \text{Adotar: } 80 \text{ cm}$$

Armadura da abertura:

$$f_{ctd} = 1,282 \text{ MPa}$$

$$f_{bd} = 2,886 \text{ MPa}$$

$$l_b = 237,31 \text{ mm} \quad \text{Adotar: } 30,00 \text{ cm}$$

Comprimento total da ancoragem da armadura:

$l =$ 60 cm Adotar: 65 cm

7. DIMENSIONAMENTO DA LAJE DE FUNDO

7.1 Tensão Máxima no Solo

Comprimento da base: 5,55 m
 Largura da base: 5,55 m

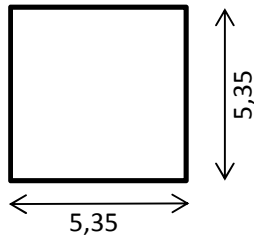
Laje de tampa: 11,6 tf
 Sobrecarga: 7,9 tf
 Paredes: 18,9 tf
 Paredes: 17,5 tf
TOTAL: 55,8 tf

Laje de fundo: 15,4 tf
 Água: 79,6 tf
TOTAL: 95,0 tf

$\sigma_{\text{solo}} =$ 4,90 tf/m² $=$ 0,49 kgf/cm² $<$ 1,5 kgf/cm²
OK

7.2 Cálculo das Armaduras:

$l_y =$ 5,35 m
 $l_x =$ 5,35 m



Cargas:

$q =$ 1,81 tf/m² $=$ 18,13 kN/m²

Esforços:

$l_x =$ 5,35 m $\rightarrow$ $\lambda =$ 1,00

$\mu_x = 4,41$

$\mu_y = 4,41$

$m_x =$ $(\mu_x \cdot q \cdot l_x^2) / 100$ $=$ 22,89 KN.m/m
 $m_y =$ $(\mu_y \cdot q \cdot l_x^2) / 100$ $=$ 22,89 KN.m/m

Armatura na direção X:

$K_c =$ $(100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot m_x \cdot 100)$ $=$ 7,99
 $K_c =$ 7,99 $\rightarrow$ $K_s =$ 0,024
 $A_s =$ $K_s \cdot 1,40 \cdot m_x / d$ $=$ 4,81 cm²/m **(Ø 10.0 c/12 cm)**

Armatura na direção Y:

$K_c =$ $(100 \cdot d^2) / (1,4 \cdot m_y \cdot 100)$ $=$ 7,99
 $K_c =$ 7,99 $\rightarrow$ $K_s =$ 0,024
 $A_s =$ $K_s \cdot 1,40 \cdot m_y / d$ $=$ 4,81 cm²/m **(Ø 10.0 c/12 cm)**

7.3 Verificação Quanto ao Cisalhamento:

$$V_{m\acute{a}x.} = 3,85 \text{ tf/m}$$

$$V_d = 5390,0 \text{ Kg/m}$$

$$f_{ct,m} = 0,3 * f_{ck}^{2/3} \quad f_{ct,m} = 2,56 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk,inf} = 0,7 * f_{ct,m} \quad f_{ctk,inf} = 1,80 \text{ MPa}$$

Cálculo da resistência de projeto ao cisalhamento:

$$V_{Rd1} = [\tau_{Rd} * k * (1,2 + 40 * \rho_1) + 0,15 * \sigma_{cd}] * b_w * d$$

Onde:

$$\tau_{Rd} = 0,25 * f_{ctd} \quad \tau_{Rd} = 3,21 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk,inf}}{\gamma_c} \quad f_{ctd} = 12,82 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w * d} \quad \rho_1 = 0,0045 < 0,02 \quad \text{OK}$$

$$\sigma_{cd} = \frac{N_{sd}}{A_c} \quad \sigma_{cd} = 1,25 \text{ Kg/cm}^2$$

$$N_{sd} = 2502,5 \text{ Kgf}$$

$$k = 1,6 - d \quad k = 1,44$$

Logo,

$$V_{Rd1} = 10483,41 \text{ Kgf} > V_d$$

(Não há necessidade de armadura transversal)

8. POÇO DE SUÇÃO

$$\text{Espessura: } 0,2 \text{ m}$$

Será adotada armadura mínima na referida estrutura:

$$A_{s,mín} = 3,00 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{Ø } 10.0 \text{ c/15 cm})$$

9. APOIO PARA O TELHADO

$$\text{Espessura média: } 0,18 \text{ m}$$

Será adotada armadura mínima na referida estrutura:

$$A_{s,mín} = 2,70 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{Ø } 8.0 \text{ c/15 cm})$$

10. PILARES

$$\text{Dimensões: } 20 \text{ cm} \quad \text{X} \quad 20 \text{ cm}$$

Serão adotadas armaduras mínimas construtivas.

$$A_{s,mín.} = 1,60 \text{ cm}^2 \quad \text{Adotar: } (4 \text{ Ø } 10.0)$$

Estribos: Adotar: **Ø 6.3**

Espaçamento: Adotar: 15 cm

11. CINTAS

Serão adotadas armaduras mínimas construtivas.

Armadura Longitudinal: **(4 Ø 8.0)**

Estribos: **(Ø 6.3 c/ 15)**

ÍNDICE GERAL

- VOLUME 1 - RELATÓRIO SÍNTESE DO PROJETO
- VOLUME 2 - SERVIÇOS DE CAMPO
 - TOMO I - CARTOGRAFIA
 - TOMO II - GEOTECNIA
 - TOMO III - PEDOLOGIA
- VOLUME 3 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
 - TOMO I - OBRAS CIVIS
 - TOMO II - EQUIPAMENTOS HIDROMECAÑICOS
 - TOMO III - EQUIPAMENTOS ELETROMECAÑICOS
 - TOMO IV - EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS
 - TOMO V - SISTEMA DE AUTOMAÇÃO
- VOLUME 4 - PEÇAS GRÁFICAS
- VOLUME 5 - MEMORIAL DE CÁLCULO E DIMENSIONAMENTOS
- VOLUME 6 - ORÇAMENTO DO PROJETO
 - TOMO I - MEMORIAL DESCRITIVO E QUANTITATIVOS
 - TOMO II - COMPOSIÇÕES DE CUSTOS
 - TOMO III - PLANILHAS ORÇAMENTÁRIAS
 - TOMO IV – CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO DA OBRA
 - TOMO V- PROPOSTA DOS FORNECEDORES
- VOLUME 7 - ESTUDOS AMBIENTAIS
- VOLUME 8 - PROJETOS COMPLEMENTARES
 - TOMO I – PROJETO ELETRICO
 - TOMO II – PROJETO AUTOMAÇÃO/COMUNICAÇÃO
 - TOMO III – PROJETO ESTRUTURAL
 - TOMO IV – INSTALAÇÕES HIDROSANITARIA
- VOLUME 9 - RELATÓRIO DE DESAPROPIAÇÃO
- VOLUME 10 - MANUAL DE OPERAÇÃO DO SISTEMA

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	II
APRESENTAÇÃO	3
1. MEMORIAL DE CÁLCULO HIDRÁULICO	4
1.1 REDE DE DISTRIBUIÇÃO	4
1.2 SIMULAÇÃO HIDRÁULICA	6
1.3 ESTAÇÃO ELEVATÓRIA	10
1.3.1 Aspectos gerais	10
1.3.2 Expressões utilizadas no dimensionamento.....	10
1.4 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	13
1.4.1 Equipamentos.....	13
1.4.2 Dimensionamento das estruturas de concreto armado	22
ANEXO A	23
ANEXO B	24
ANEXO C	25
ANEXO D	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - fórmulas para o cálculo da perda de carga contínua.	7
tabela 2 - coeficientes das fórmulas de perda de carga para tubulações novas.	8
tabela 3 – velocidade e vazões máximas em redes de abastecimento.	9
tabela 4 - bombas dimensionadas do recalque	12

APRESENTAÇÃO

O Canal do Sertão Alagoano se consolida como a principal obra estruturante em andamento no estado, com objetivo de garantir o abastecimento de água aos municípios da bacia do rio São Francisco, zonas do sertão, transição e agreste alagoano, passando a viabilizar projetos tradicionais ligados à agricultura e pecuária, pois eliminará boa parte dos problemas que eram fatores limitantes na captação da calha do rio São Francisco.

Desta forma, as populações rurais difusas tradicionais, poderão ser atendidas em suas demandas de água. Principalmente as relativas ao abastecimento humano, pois sistemas de adução poderão agora ser propostos e efetivados e esta água então distribuída para as comunidades, através de subsistemas e redes de distribuição, além de possibilitar acesso aos perímetros irrigados, quintais, lotes e demais áreas rurais difusas.

Este sistema de distribuição de água para abastecimento, irrigação e dessedentação animal, além de promover o planejamento de ações territoriais para o desenvolvimento dos arranjos produtivos, demonstra também que poderá aliviar a sobrecarga de demanda e desperdícios de água tratada dos sistemas de abastecimento coletivos locais.

O objeto do Contrato de Prestação de Serviços nº5.045.000/2013 firmado entre a empresa COHIDRO Consultoria Estudos e Projetos, Ltda. e a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba - CODEVASF (doravante denominada CODEVASF) é o desenvolvimento dos serviços técnicos para elaboração do Projeto Básico de Sistemas de Abastecimento de Água para consumo humano e aproveitamento hidroagrícola em comunidades rurais difusas localizadas nos municípios de Pariconha, Delmiro Gouveia e Água Branca, no Estado de Alagoas, com suprimento hídrico pelo Canal do Sertão Alagoano.

O objetivo principal deste relatório é apresentar MEMORIAL DE CÁLCULO E DIMENSIONAMENTOS do sistema de água tratada do SUBSISTEMA XI – Barragem Leste, Jardim Cordeiro, Vila Zebu, Alto Novo, São José, Porto da Barra, São Sebastião, Jua, Canafistula, Gangorra.

1. MEMORIAL DE CÁLCULO HIDRÁULICO

1.1 REDE DE DISTRIBUIÇÃO

Entende-se por rede de distribuição o conjunto de peças especiais destinadas a conduzir a água até os pontos de tomada das instalações prediais, ou os pontos de consumo público, sempre de forma contínua e segura.

O dimensionamento da rede foi realizado utilizando o Método do Seccionamento Fictício (MSF), considerando a altura do reservatório como carga de pressão de montante.

As redes foram projetadas como sendo do tipo ramificada, e quando necessário utilizando o MSF. O MSF é considerado ideal para comunidades de pequeno e médio porte e é usualmente utilizado no Brasil para este tipo de projeto. Esta forma de rede se adequa mais ao objetivo do projeto, que visa a menor perda de água por meio de ligações clandestinas.

As redes são consideradas pelo sentido de escoamento da água nas tubulações secundárias (ramificadas ou malhadas). Podem distribuir exclusivamente água potável (rede única) ou também água imprópria para beber (rede dupla). Podem situar-se em níveis diferentes nas cidades acidentadas, bem como possuir duas tubulações nas ruas largas ou tráfego intenso.

As profundidades das tubulações de distribuição foram determinadas de acordo com as condições de cada trecho projetado, levando-se em consideração o recobrimento mínimo da geratriz superior necessário (adotado 0,90 m).

A localização da rede de distribuição baseou-se nos seguintes princípios:

- a) **Topografia:** Utiliza-se para traçado da rede, planta baixa com levantamento planialtimétrico (curvas de nível de metro em metro) e semi-cadastral, com locação dos lotes e áreas de expansão, incluindo loteamentos aprovados ou previstos, indicação dos consumidores especiais e singulares, localização de estradas, estradas de ferro, e dos outros obstáculos naturais que necessitarão de obras especiais de travessia ou locação;

- b) **Zonas de pressão:** A rede de distribuição poderá ser subdividida em tantas zonas de pressão quanto for necessário para atender as condições de pressão impostas pela Norma;
- c) **Diâmetro das tubulações:** O diâmetro mínimo das tubulações principais das redes calculadas como malhada será em 50 mm;
- d) **Diâmetro dos condutos secundários:** O diâmetro interno mínimo dos condutos secundários da rede de distribuição será de 50 mm;
- e) **Análise do escoamento:** A análise do escoamento nas redes de distribuição, deverá ser feita com o emprego da fórmula universal da perda de carga:

$$J = f \cdot \frac{1}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Onde:

J = perda de carga uniformemente distribuída (m/m);

f = coeficiente de perda de carga distribuída (adimensional);

D = diâmetro hidráulico (m);

V = velocidade média na seção (m/s);

g = aceleração da gravidade (m/s²).

Uma vez estabelecido o consumo por lote, foram calculadas as tubulações de distribuição para funcionamento da rede de distribuição. Foi adotada como pressão mínima 6 m para garantir a eficácia do sistema.

A rede de distribuição pressurizada dimensionada tem como função conduzir a água de abastecimento desde a ETA até os lotes, com vazão e pressão adequadas ao perfeito funcionamento do sistema.

O "layout" da rede de distribuição obedeceu ao menor caminhamento possível, procurando evitar travessias de talwegues ou outros acidentes topográficos que implicassem em obras onerosas.

Nos pontos estratégicos da rede projetada, devem ser implantados registros de manobra de forma a seccionar o fluxo dos ramais avariados e efetuar eventuais reparos sem interromper o funcionamento do restante do sistema.

1.2 SIMULAÇÃO HIDRÁULICA

Para o cálculo de cada rede pressurizada observou-se o seguinte procedimento:

- a) A partir do "layout" otimizado concebido para a rede, estabeleceu-se uma subdivisão em trechos. Os trechos são segmentos limitados por nós, que, por sua vez, representam lotes ou derivações;
- b) Para cada nó, foi verificada a sua área de influência, definindo quais os lotes que cada nó abrangia. Feita essa divisão, calculou-se então o consumo de cada nó com o somatório dos consumos dos seus respectivos lotes;
- c) Em todos os nós são especificadas também as pressões necessárias ao atendimento otimizado do sistema. A pressão estabelecida considera a pressão mínima adotada para abastecer a casa de cada lote, levando em consideração a cota da propriedade mais desfavorável e as perdas, localizadas e distribuídas, em todo o sistema.

As tubulações são trechos que transportam água entre os vários pontos da rede. O EPANET é um software que considera que o escoamento ocorre sob pressão em todas as tubulações. O escoamento ocorre dos pontos com carga hidráulica mais elevada (energia interna por unidade de peso de fluido) para os pontos com carga hidráulica mais baixa.

O EPANET atribui como principais parâmetros a serem inseridos nas propriedades das tubulações:

- a) Nó inicial e final;
- b) Diâmetro;
- c) Comprimento;
- d) Coeficiente de rugosidade (para determinar a perda de carga);

e) Estado (aberto, fechado ou contendo uma válvula de retenção).

A perda de carga hidráulica na tubulação, em consequência do trabalho realizado pelas forças resistentes, pode ser determinada de acordo com uma das seguintes fórmulas:

- a) Fórmula de Hazen-Williams;
- b) Fórmula de Darcy-Weisbach;
- c) Fórmula de Chezy-Manning.

As fórmulas para o cálculo da perda de carga contínua em escoamentos pressurizado e seus coeficientes podem ser vistas nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1 - Fórmulas para o cálculo da perda de carga contínua.

Fórmula	Termo de Perda de Carga (A)	Expoente da Vazão (B)
Hazen-Williams	$10.674 \cdot C^{-1.852} \cdot d^{-4.871} \cdot L$	1.852
Darcy-Weisbach	$0.0827 \cdot f(\epsilon, d, q) \cdot d^{-5} \cdot L$	2
Chezy-Manning	$10.29 \cdot n^2 \cdot d^{-5.33} \cdot L$	2

Onde:

C = coeficiente da fórmula de Hazen-Williams

ϵ = rugosidade absoluta (ou rugosidade de Darcy-Weisbach) (mm)

f = fator de Darcy-Weisbach (depende de ϵ , d e q)

n = coeficiente de rugosidade de Manning

d = diâmetro da tubulação (m)

L = comprimento da tubulação (m)

q = vazão (m³/s).

Tabela 2 - Coeficientes das fórmulas de perda de carga para tubulações novas.

Material	C, Hazen-Williams (adimensional)	ϵ , Darcy-Weisbach (mm)	n, Manning (adimensional)
Ferrofundido	130–140	0.25	0.012–0.015
Concreto	120–140	0.3–3	0.012–0.017
Ferrogalvanizado	120	0.15	0.015–0.017
Plástico	140–150	0.0015	0.011–0.015
Aço	140–150	0.03	0.015–0.017
“Grés”	110	0.3	0.013–0.015

A análise hidráulica das redes está baseada na utilização da equação da continuidade, que estabelece, na condição de equilíbrio, ser nula a soma algébrica das vazões em cada nó da rede, e na aplicação de uma equação de resistência na forma $\Delta H = KQ^n$ aos vários trechos. Como objetivo, deve-se determinar as vazões nos trechos de cotas piezométricas nos nós, a partir do conhecimento da vazão de distribuição para o sistema. Normalmente, as cargas cinéticas e as perdas de carga localizadas são negligenciadas no cálculo da rede.

Dois tipos de problemas podem ser analisados:

- Problema de verificação, que consiste em determinar as vazões nos trechos e as cotas piezométricas nos nós, para uma rede com diâmetros e comprimentos conhecidos. Este problema é determinado e tem solução única.
- Problema de determinação dos diâmetros, vazões nos trechos e cotas piezométricas nos nós, com condicionamento nas velocidades e pressões. Este problema admite várias soluções, podendo, porém, procurar-se a solução de mínimo custo.

Em relação às velocidades mínimas nos projetos, a NBR 12218/94 preconiza que devem ser de 0,6 m/s, e a máxima, de 3,5 m/s; estes limites referem-se às demandas máximas diárias no início e no final da etapa de execução da rede.

Existe uma tendência em aumentar os valores recomendados, baseados em critérios empíricos adquiridos através da experiência dos autores que os recomendam, no qual justificam que os limites são muito baixos e, objetivando compatibilizar o custo da tubulação com a segurança do sistema, estabelecem novos limites para as velocidades máximas do fluxo nas tubulações em função dos seus diâmetros, dos custos dos tubos e do risco de danos.

Em sistemas de distribuição de água, Granados (1990) admite valores de velocidades máximas até 2,0 m/s para diâmetros menores iguais a 250 mm, para os diâmetros entre 300 e 1000 mm recomenda velocidades entre 2,1 e 3,0 m/s e para diâmetros acima de 1000 mm ele propõem que $V_{\text{máx}} \text{ (m/s)} = 2 + D(\text{m})$ para $V_{\text{max}} \geq 2,0$ m/s. e $D \geq 1000$

Esta relação é usada para o pré-dimensionamento dos diâmetros em redes ramificadas e malhadas. Considerando os estudos empíricos e, buscando otimizar o sistema, foram adotadas os seguintes limites de velocidade:

Tabela 3 – Velocidade e vazões máximas em redes de abastecimento.

D (mm)	$V_{\text{máx}}$ (m/s)	$Q_{\text{máx}}$ (l/s)
≤ 100	0,75	5,89
125	0,79	9,69
150	0,83	14,67
200	0,90	28,27
250	0,98	48,11
300	1,05	74,22
350	1,13	108,72
400	1,20	150,80
500	1,35	265,07
600	1,50	424,12
800	1,80	904,78

Na simulação hidráulica buscou-se atender as V_{max} referentes aos diâmetros correspondentes, entretanto, por diversas vezes foi necessário buscar uma otimização entre os diâmetros mínimos dos condutos, a velocidade mínima e a velocidade máxima dos tubos

Utilizando os critérios estabelecidos, simula-se o comportamento da rede verificando-se em cada nó o valor de pressão. Os resultados podem ser vistos no Anexo A.

1.3 ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

1.3.1 Aspectos gerais

Na definição do tipo de instalação elevatória e na localização dos reservatórios e bombas hidráulicas, deve-se considerar o uso mais eficaz da pressão disponível, tendo em vista a conservação de energia.

Nas instalações elevatórias por recalque de água, deverá ser utilizado um comando liga/desliga automático, condicionado ao nível de água nos reservatórios. Neste caso, este comando deve permitir também o acionamento manual para operações de manutenção.

Padronizou-se também a escolha de bombas de um mesmo fabricante como referência, o que levou à definição do número de unidades em cada elevatória, considerando sempre uma unidade de reserva, com capacidade percentual de reserva variável dependendo do número de conjuntos moto-bomba selecionados.

1.3.2 Expressões utilizadas no dimensionamento

O dimensionamento hidráulico das estações elevatórias considerou as seguintes expressões:

a) Altura Manométrica de Recalque

$$H_{man} = H_g + h_b + h_a$$

Onde:

H_{man} = altura manométrica, em m;

H_g = desnível geométrico, em m;

h_b = perdas de carga no barrilete de recalque, em m;

h_a = perdas de carga na linha de recalque, em m;

b) Perdas de Carga no Barrilete de Recalque

$$J_i = \frac{\Delta G}{L}$$

Onde:

J = perda de carga, em m;

K = valor adimensional, característico de cada peça;

V = velocidade de escoamento, em m/s;

g = aceleração da gravidade, em m/s².

c) Perdas de Carga na Linha de Recalque (Fórmula de Hazen-Williams)

$$J = 10,643 C^{-1,852} Q^{1,852} D^{-4,87}$$

Onde:

J = perda de carga unitária, em m/m;

C = coeficiente característico da tubulação;

Q = vazão, em m³/s;

D = diâmetro, em m.

O diâmetro em cada linha de recalque foi determinado a partir da fórmula de Bresse.

- i. Para adução contínua: $D = 1,2.Q^{1/2}$ (fórmula de Bresse)
- ii. Para adução descontínua: $D = 1,3.(X/24)^{1/4}. Q^{1/2}$, sendo X menor que 24 horas (fórmula de Forchheimer)

Onde:

K = coeficiente que varia com os aspectos econômicos vigentes (adotado K=1);

D = diâmetro econômico em metros e Q a vazão em m³/s.

d) Curva Característica do Sistema de Recalque

A curva característica do sistema de recalque pode ser expressa por:

$$H_{\text{man}} = H_g + a Q^2 + b Q^{1,852}, \text{ onde:}$$

H_{man} = altura manométrica, em m;

H_g = desnível geométrico, em m;

aQ^2 = perdas de carga localizadas = h_1 , em m;

$bQ^{1,852}$ = perdas de carga contínuas = h_2 , em m;

Q = descarga, em m³/h.

e) Potência dos Motores

$$P_B = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_{\text{man}}}{75 \cdot \eta_B}$$

Onde:

P = potência da bomba, em CV;

Q = vazão, em m³/s;

H_{man} = altura manométrica total, em m;

η = rendimento do conjunto moto-bomba, igual ao produto de:

η_b = rendimento da bomba

η_m = rendimento do motor

Tabela 4 - Bombas dimensionadas do recalque

Sistema	Potência (CV)	Vazão (m ³ /h)	Altura Manométrica (m.c.a)	Recalque DN (mm)
APOIADO/ELEVADO	3,0	20,00	10,06	75
RETROLAVAGEM	3,0	19,60	9,98	75

1.4 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

1.4.1 Equipamentos

No caso em questão, será implantada uma ETA com essa finalidade. Esta consistirá em:

- a) Medidor de vazão, tipo hidrômetro Woltmam;
- b) Kits de dosagem e soluções químicas;
- c) Câmara de carga;
- d) Filtro ascendente do tipo floco decantador vertical;
- e) Filtro descendente do tipo filtro de areia;
- f) Tanque de Contato de 10 m³;
- g) Tanque de sedimentação para reutilização das águas de lavagem de 20 m³;
- h) Leitos de secagem.

Vale ressaltar que a ETA terá um sistema de retrolavagem por inversão de fluxo, utilizando a água do reservatório elevado.

1.4.1.1 Capacidade das unidades

A ETA é apta para tratar a Demanda Máxima Diária ($Q_{max,dia} = 2,38$ L/s).

Foi adotado, de acordo com os módulos existentes em diversos fabricantes, a estação de tratamento compacta de 2,5 L/s.

1.4.1.2 Medição de vazão

A vazão da água bruta afluente à ETA será medida intercalando na adutora de água bruta, um equipamento de medição com intervalo de medição (hidrômetro Woltmam) para até 50 m³/h, antes da câmara de carga.

1.4.1.3 Kit de Dosagem e Soluções Químicas

Adição de Policloreto de Alumínio ou Coagulante Orgânico e Hipoclorito de Sódio como agentes coagulantes e desinfetantes, respectivamente, dosados antes do Clarificador de Contato, através de Kit de Preparação e Dosagem.

1.4.1.4 Kit de Preparação e Dosagem de Produtos Químicos

- a) 03 unid. - Bomba Dosadora do tipo Diafragma, com acionamento elétrico e caixa em ABS, 1 cabeçote, niples, válvulas e mangueiras em Polietileno, anéis de vedação em Viton, diafragma em Teflon e filtro em Polipropileno.
- i. Vazão Máxima Regulável/Cabeçote = 10 litros/h.
 - ii. N.º de Cabeçotes = 01.
 - iii. Pressão máxima de trabalho = 4,0 kgf /cm².
 - iv. Tensão de Alimentação = 220 VAC – 50/60 Hz.
 - v. Potência = 140 watts.
- b) 01 unid. - Bomba Dosadora do tipo Diafragma, com acionamento elétrico e caixa em ABS, 1 cabeçote, niples, válvulas e mangueiras em Polietileno, anéis de vedação em Viton, diafragma em Teflon e filtro em Polipropileno.

Vazão Máxima Regulável/Cabeçote = 0 a 20 litros/h.

- i. N.º de Cabeçotes = 01.
- ii. Pressão máxima de trabalho = 4,0 kgf /cm².
- iii. Tensão de Alimentação = 220 VAC – 50/60 Hz.
- iv. Potência = 140 watts.

O fabricante deverá fornecer ainda os seguintes acessórios:

- a) 04 unid. - Tanque de Preparação e Dosagem de Produtos Químicos com capacidade nominal de 100 litros, fabricado totalmente em Fibra de Vidro com resina específica para cada produto químico a ser dosado.

- b) 02 unid. - Agitador Rápido Vertical, destinado à dissolução e suspensão do Sulfato de Alumínio ou Coagulante Orgânico, com eixo, hélice e luva de acoplamento em aço inox AISI 304.

1.4.1.5 Mistura Rápida e Câmara de Carga

A câmara de carga é o dispositivo pelo qual a água bruta vai ter a ETA, nela o nível de água irá variar em função do grau de retenção de impurezas nos filtros. Da Câmara de Carga a água vai ao Filtro Ascendente.

Será instalado um medidor de nível na câmara de carga, para aferir a carga sobre o leito filtrante, carga hidráulica disponível e da perda de carga no processo. Sua principal função é indicar a posição do NA na câmara, com o uso o filtro vai retendo impurezas, e os vazios do meio poroso sofrem um estreitamento, aumentando assim a resistência ao fluxo da água (perda de carga), ocasionando a elevação do NA no interior da câmara. A perda de carga será restrita a 1,0 m.

Na face externa da Câmara, se destaca uma faixa, na qual deve se fixar o nível limite, que ao ser atingido se tem o limite de tolerância máxima (onde é colocado um TÊ); a água verte pelo TÊ indicando a necessidade de efetuar a lavagem do Filtro. As características da câmara de carga são:

1.4.1.5.1 Sistema de Filtração

Cada filtro ascendente será composto de uma célula que terá forma cilíndrica vertical, com fundo formado por troncos cônicos e em cada tronco será instalado um difusor especial, que será interligado ao sistema tubular de distribuição de água de lavagem e coleta do lodo no momento da descarga de fundo. Internamente, cada filtro constará de tubulações em sistema de malha para introdução de água na interface areia/pedregulho, calhas coletoras providas de orifícios, destinadas à coleta de água filtrada e/ou de lavagem, que conduz à caixa coletora externa onde será distribuída a água de lavagem para o sistema de drenagem e a filtrada para o reservatório.

O meio filtrante será composto por três camadas de areia apoiadas em oito camadas de pedregulho, que funcionarão como leito de contato para floculação, dispostos sobre os troncos cônicos. Cada filtro descendente será composto de uma célula que terá forma cilíndrica vertical, com fundo plano. Internamente, cada filtro constará de

sistema tubular de coleta de água filtrada (e distribuição de água de lavagem), calha coletora provida de orifícios, destinada à coleta de água filtrada (proveniente do filtro ascendente) e/ou de lavagem, que conduz à caixa coletora externa onde será distribuída a água de lavagem para o sistema de drenagem. Acompanhando o filtro descendente, temos a caixa niveladora.

A unidade de filtração rápida terá com taxa declinante variável e fluxo descendente com taxa média de filtração de $360 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$ em leito filtrante de areia suportado por camadas de seixos rolados e sistema de autolavagem onde um filtro é lavado utilizando-se a água filtrada.

1.4.1.5.2 Lavagem dos Filtros

A lavagem de um filtro qualquer da bateria, será efetuada quando o nível máximo de água for atingido na câmara de carga ou no piezômetro, com água proveniente do reservatório semienterrado, por meio de conjuntos moto-bombas.

Como existe apenas um conjunto filtrante que irá trabalhar apenas durante 12 horas, os filtros serão lavados quando a adução não estiver operando, ou seja, os filtros estiverem fora de operação.

a) Filtro Ascendente

A lavagem do filtro será realizada por meio da aplicação de água filtrada em contracorrente, com velocidade ascensional de $0,80 \text{ m/min}$ durante 10 minutos. A água para lavagem será proveniente de reservatório com capacidade prevista para tal finalidade.

Serão também realizadas descargas de fundo intermediárias. Esta operação será realizada algumas vezes ao longo das carreiras de filtração, isto é, entre lavagens sucessivas em um mesmo filtro, consistindo basicamente em abrir-se a descarga de fundo do filtro.

Filtro Ascendente

Nº de Filtros	1
Diâmetro do Filtro	1,5 m
Área de cada Filtro	1,77 m ²
Velocidade ascensional de lavagem	0,8 m/min
Duração da Lavagem	10 min
Vazão de lavagem	1,42 m ³ /min
Volume de lavagem	14,2 m ³
Volume total de lavagem	14,20 m³

b) Filtro Descendente

A lavagem de um meio filtrante deve ser feita por água em fluxo ascensional para se ter a expansão do meio poroso entre 30 e 50%.

Neste caso optou-se por lavagem do filtro descendente a ser realizada por aplicação de água filtrada em contracorrente, com velocidade ascensional de 0,79 m/min, durante 8 minutos.

Filtro Descendente

Nº de Filtros	2
Diâmetro do Filtro	0,9 m
Área de cada Filtro	0,64 m ²
Velocidade ascensional de lavagem	0,65 m/min
Duração da Lavagem	8 min
Vazão de lavagem	0,42 m ³ /min
Volume de lavagem	3,36 m ³
Volume total de lavagem	6,70 m³

1.4.1.6 Reservatório de Água para Lavagem

A água para a lavagem de cada filtro será proveniente do reservatório elevado existente.

1.4.1.7 Recuperação de Água de Lavagem dos Filtros

As águas de lavagem dos filtros são os resíduos gerados na ETA, formados a partir das impurezas retiradas das águas brutas e dos produtos químicos utilizados no processo de tratamento, representando cerca de 2% a 5% do total da água tratada na ETA. Esses resíduos são comumente chamados de “despejos líquidos” e sua

composição é função das características da água bruta e dos produtos químicos empregados na ETA.

Após o tratamento na estação, há necessidade de dispor adequadamente os despejos gerados. Esta tarefa exige quase sempre um novo projeto de equipamentos ou sistemas capazes de remover a água excedente desse material para adequá-lo à disposição. Desta forma foi projetada um sistema de recuperação das águas de lavagem dos filtros composto de:

- a) Tanque de sedimentação dos despejos de lavagem com aplicação de polímero;
- b) Recalque do sobrenadante (água clarificada) para a câmara de carga;
- c) Descarte do lodo para sedimentado para leito de secagem, com posterior descarte do lodo seco para o sistema de limpeza urbana.

Neste sistema a água de lavagem dos filtros chegará ao tanque de sedimentação, com uma concentração média de SST da ordem de 1.200 mg/L (0,114%), onde receberá polímero e passará por um período de repouso para que os sólidos presentes sejam sedimentados.

Após o período de sedimentação, o lodo decantado no fundo do tanque de clarificação será removido por meio de descarga de fundo para o leito de secagem, e a água clarificada será bombeada retornando a caixa de chegada de água bruta. O lodo seco será removido e encaminhado ao sistema de limpeza urbana.

O volume de água de lavagem gerado durante o dia depende da duração da carreira de filtração a qual por sua vez é função da qualidade da água bruta.

Desta forma, foi considerada uma situação crítica de carreiras de filtração com duração de 24 horas. Para essa situação, ocorrerá a lavagem dos filtros em um dia.

Para o dimensionamento do tanque de sedimentação foi considerado o volume de despejo referente às descargas de fundo e a lavagem dos filtros, assim calculado:

d) Dimensões do tanque:

O tanque será construído dentro do reservatório existente com dimensões de:

Dimensões	
Altura:	1,51 m
Comprimento	5,15 m
Largura:	5,15 m

O tanque de recuperação de água de lavagem, e inclinação do fundo (10%) para direcionar o escoamento do lodo.

Supondo-se que 2% do volume de água descartada sedimenta em forma de lodo, o volume destinado ao acúmulo de lodo dentro de tanque de recuperação deve ser de aproximadamente 0,80 m³. A descarga de lodo, do tanque de recuperação aos leitos de secagem, se dará por meio de descarga hidráulica, utilizando-se tubulação perfurada colocada no fundo do tanque de recuperação, acionada por meio de registro manual. Considerando que as águas de lavagens decantarão durante 2,0 horas e que o resíduo clarificado (sobrenadante) retornará a câmara de carga por bombeamento durante 2,0 horas, a vazão de bombeamento será de:

RECUPERAÇÃO DE ÁGUA DE LAVAGEM DOS FILTROS

TANQUE DE SEDIMENTAÇÃO

$$V_{asc} = 14,20 \text{ m}^3$$

$$V_{desc} = 6,70 \text{ m}^3$$

Descarga de fundo

$$VF_d = Q_d \times T_d \times N =$$

$$Q_d = \text{Vazão de descarga de fundo} = 80 \text{ l/s}$$

$$T_d = \text{tempo da descarga} = 30 \text{ s}$$

$$N = \text{número de descargas de fundo} = 4$$

$$VF_d = 9,6 \text{ m}^3$$

$$V_{sed} = V_{asc} + V_{desc} + VF_d = 30,50 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume adotado para a lavagem dos filtros} = 40,00 \text{ m}^3$$

Dimensões

Altura:	1,51 m
Comprimento	5,15 m
Largura:	5,15 m

CÁLCULO DO BOMBEAMENTO DA ÁGUA DA RETROLAVAGEM

® para adução contínua: $D = 1,2 \cdot Q^{1/2}$ (fórmula de Bresse)

® para adução descontinua: $D = 1,3 \cdot (X/24)^{1/4} \cdot Q^{1/2}$, X menor que 24 horas (fórmula de Forchheimer)

Tempo de funcionamento da bomba (X): 2,0 horas

Q requerida	19,60 m ³ /h	5,44 l/s
D calculado	0,052 m	
D adotado	0,075 m	

CÁLCULO DAS PERDAS DE CARGA

Cálculo da perdas de carga longitudinais (Hf) - Hazen Williams

Dado :

C= 130

$$J = \frac{10,64}{D^{4,87}} \cdot x \left(\frac{Q}{C} \right)^{1,852}$$

J= 0,0249664

CÁLCULO DA VELOCIDADE (v)

$$V = 0,355 \cdot C \cdot x D^{0,63} \cdot x J^{0,54}$$

V= 1,23

m/s

DESNÍVEL GEOMÉTRICO (hg):

L = 14,00 m

Hg = Cma-Cme

Hg = 9,00 m

HgT= Hg+Hr= 9,35 m

Cmen =

311,00

Cmaior =

302,00

CÁLCULO DE PERDAS DE CARGA LOCALIZADAS

Recalque		75	mm	0,075 m
Peças	k	D	V	(K*V)²/2g
Ligação de pressão	0,70	75	1,232	0,054
Ampliação gradual	0,30	75	1,232	0,023
Curva de 90o.	0,40	75	1,232	0,031
Registro gaveta	0,20	75	1,232	0,015
Válvula retenção	2,50	75	1,232	0,194
Barrilete				
Ampliação gradual	0,30	75	1,232	0,023
Registro de gaveta	0,20	75	1,232	0,015
Saída de canalização	1,00	75	1,232	0,077
Total - Hr(hlocalizada)				0,433
H sucção=		0,5	mca	

ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL :

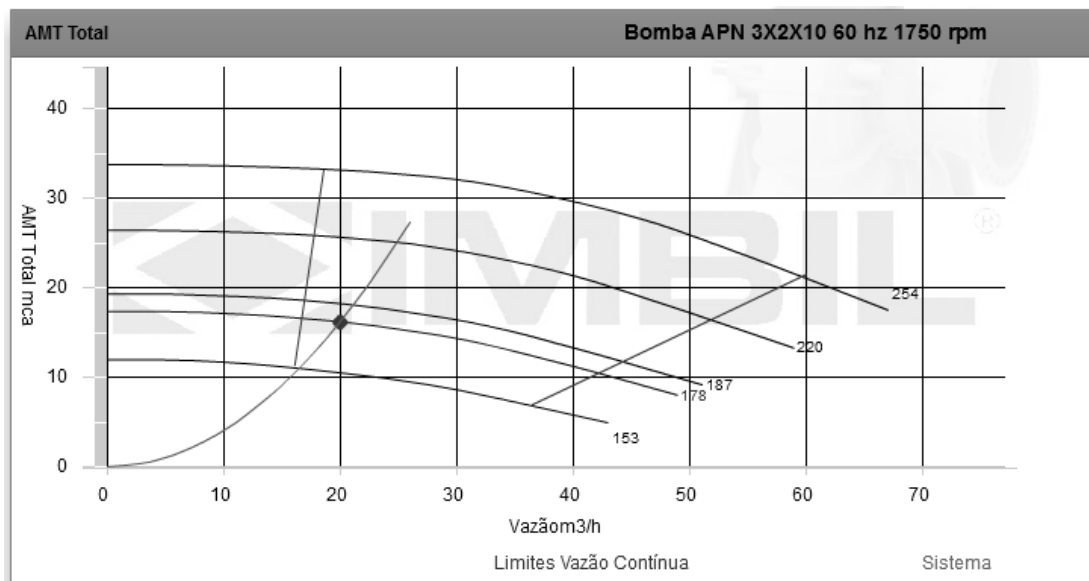
$$\begin{aligned}
 hf &= 0,35 \\
 hg &= 9,00 \\
 h_{localizada} &= 0,433 \\
 H_{sucção} &= 0,20 \\
 AMT &= hf + h_{acid} + hg + ND + h_{local} + h_{filtro} + h_{reserv.} \\
 AMT &= 9,98 \quad m.c.a
 \end{aligned}$$

POTÊNCIA EXIGIDA NO EIXO DA BOMBA

$$P = \frac{Q(l/s) \times AMT}{75 \times \eta}$$

Nº de bombas: 1
Rendimento estimado: 0,4992

Pot. bomba =	1,45 C.V.
Pot. motor =	2,18 C.V.
Potência comercial	3,00 C.V.



1.4.1.8 Leito de Secagem

As dimensões para o leito de secagem foram adotadas em função do volume de lodo descartado durante 5 dias, conforme cálculo abaixo:

Efluentes Gerados nos descartes do decantador

Dosagem do sulfato de alumínio: 40,00 mg/l (adotado)
Turbidez da água bruta 5,12 uT
Tempo e lavagem adotado: 10,00 m³/mim
Volume de água para lavagem de um filtro: 51,20 m³

$T_s = 18,08 \text{ gSST/m}^3 \text{ água tratada}$

Para volume diário de água tratada: 216,00 m³/dia

$T_s \text{ diária} = 3905,28 \text{ gSST/m}^3$ **3,91 kgSST/dia**

SS retido nos filtros: 3,91 kgSST/dia

Estimativo volume de lodo descartado dos decantadores

Adota-se o valor de 5,00 kgSS/m³ para concentração dos lodos sedimentados

Volume diário de lodo descartado: 0,78 m³

DIMENSIONAMENTO DOS LEITOS DE SECAGEM

Volume de lodo desaguado por ciclo 7,81 m³/ciclo
Duração do ciclo de operação do leito de secagem $\Rightarrow T = T_s + T_L = 10,00 \text{ dias}$

Altura do leito de secagem: 0,35 m
Área necessária ao leito de secagem: 22,32 m²

iv) Geometria das células de secagem

Nº de células adotados 2
Área por célula 11,16 m²
Largura 3,00 m
Comprimento 4,00 m

1.4.2 Dimensionamento das estruturas de concreto armado

As memórias de cálculo do dimensionamento das estruturas de concreto pertencentes a ETA está localizadas no Anexo C.

ANEXO A

-DIMENSIONAMENTO DAS BOMBAS E RETROLAVAGEM DOS FILTROS-

ANEXO B

-RESULTADOS DA SIMULAÇÃO HIDRÁULICA-

ANEXO C

-MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL-

ANEXO D

- MEMORIAL DE CÁLCULO E DESCRITIVO DO PROJETO ELÉTRICO/AUTOMAÇÃO -

ÍNDICE GERAL

- VOLUME 1 - RELATÓRIO SÍNTESE DO PROJETO
- VOLUME 2 - SERVIÇOS DE CAMPO
 - TOMO I - CARTOGRAFIA
 - TOMO II - GEOTECNIA
 - TOMO III - PEDOLOGIA
- VOLUME 3 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
 - TOMO I - OBRAS CIVIS
 - TOMO II - EQUIPAMENTOS HIDROMECAÑICOS
 - TOMO III - EQUIPAMENTOS ELETROMECAÑICOS
 - TOMO IV - EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS
 - TOMO V - SISTEMA DE AUTOMAÇÃO
- VOLUME 4 - PEÇAS GRÁFICAS
- VOLUME 5 - MEMORIAL DE CÁLCULO E DIMENSIONAMENTOS
- VOLUME 6 - ORÇAMENTO DO PROJETO
 - TOMO I - MEMORIAL DESCRITIVO E QUANTITATIVOS
 - TOMO II - COMPOSIÇÕES DE CUSTOS
 - TOMO III - PLANILHAS ORÇAMENTÁRIAS
 - TOMO IV – CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO DA OBRA
 - TOMO V- PROPOSTA DOS FORNECEDORES
- VOLUME 7 - ESTUDOS AMBIENTAIS
- VOLUME 8 - PROJETOS COMPLEMENTARES
 - TOMO I – PROJETO ELETRICO
 - TOMO II – PROJETO AUTOMAÇÃO/COMUNICAÇÃO
 - TOMO III – PROJETO ESTRUTURAL
 - TOMO IV – INSTALAÇÕES HIDROSANITARIA
- VOLUME 9 - RELATÓRIO DE DESAPROPIAÇÃO
- VOLUME 10 - MANUAL DE OPERAÇÃO DO SISTEMA

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	II
APRESENTAÇÃO	3
1. MEMORIAL DE CÁLCULO HIDRÁULICO	4
1.1 REDE DE DISTRIBUIÇÃO	4
1.2 SIMULAÇÃO HIDRÁULICA	6
1.3 ESTAÇÃO ELEVATÓRIA	9
1.3.1 Aspectos gerais.....	9
1.3.2 Expressões utilizadas no dimensionamento	10
1.4 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	11
1.4.1 Equipamentos.....	11
1.4.2 Dimensionamento das estruturas de concreto armado	20
ANEXO A	21
ANEXO B	22
ANEXO C	23
ANEXO D	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fórmulas para o cálculo da perda de carga contínua.....	7
Tabela 2 - Coeficientes das fórmulas de perda de carga para tubulações novas.....	7
Tabela 3 – Velocidade e vazões máximas em redes de abastecimento.....	8
Tabela 4 - Bombas dimensionadas do recalque.....	11

APRESENTAÇÃO

O Canal do Sertão Alagoano se consolida como a principal obra estruturante em andamento no estado, com objetivo de garantir o abastecimento de água aos municípios da bacia do rio São Francisco, zonas do sertão, transição e agreste alagoano, passando a viabilizar projetos tradicionais ligados à agricultura e pecuária, pois eliminará boa parte dos problemas que eram fatores limitantes na captação da calha do rio São Francisco.

Desta forma, as populações rurais difusas tradicionais, poderão ser atendidas em suas demandas de água. Principalmente as relativas ao abastecimento humano, pois sistemas de adução poderão agora ser propostos e efetivados e esta água então distribuída para as comunidades, através de subsistemas e redes de distribuição, além de possibilitar acesso aos perímetros irrigados, quintais, lotes e demais áreas rurais difusas.

Este sistema de distribuição de água para abastecimento, irrigação e dessedentação animal, além de promover o planejamento de ações territoriais para o desenvolvimento dos arranjos produtivos, demonstra também que poderá aliviar a sobrecarga de demanda e desperdícios de água tratada dos sistemas de abastecimento coletivos locais.

O objeto do Contrato de Prestação de Serviços nº5.045.000/2013 firmado entre a empresa COHIDRO Consultoria Estudos e Projetos, Ltda. e a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba - CODEVASF (doravante denominada CODEVASF) é o desenvolvimento dos serviços técnicos para elaboração do Projeto Básico de Sistemas de Abastecimento de Água para consumo humano e aproveitamento hidroagrícola em comunidades rurais difusas localizadas nos municípios de Pariconha, Delmiro Gouveia e Água Branca, no Estado de Alagoas, com suprimento hídrico pelo Canal do Sertão Alagoano.

O objetivo principal deste relatório é apresentar MEMORIAL DE CÁLCULO E DIMENSIONAMENTOS do sistema de água tratada do SUBSISTEMA VII – Boa Vista, Alto do Bonito, Cruz, Genivaldo Moura – Craibeirinha, Genivaldo Moura – Maxixe, Genivaldo Moura – Rabeca, Rabeca, Sinimbú e Caraíbas Do Lino.

1. MEMORIAL DE CÁLCULO HIDRÁULICO

1.1 REDE DE DISTRIBUIÇÃO

Entende-se por rede de distribuição o conjunto de peças especiais destinadas a conduzir a água até os pontos de tomada das instalações prediais, ou os pontos de consumo público, sempre de forma contínua e segura.

O dimensionamento da rede foi realizado utilizando o Método do Seccionamento Fictício (MSF), considerando a altura do reservatório como carga de pressão de montante.

As redes foram projetadas como sendo do tipo ramificada, e quando necessário utilizando o MSF. O MSF é considerado ideal para comunidades de pequeno e médio porte e é usualmente utilizado no Brasil para este tipo de projeto. Esta forma de rede se adéqua mais ao objetivo do projeto, que visa a menor perda de água por meio de ligações clandestinas.

As redes são consideradas pelo sentido de escoamento da água nas tubulações secundárias (ramificadas ou malhadas). Podem distribuir exclusivamente água potável (rede única) ou também água imprópria para beber (rede dupla). Podem situar-se em níveis diferentes nas cidades acidentadas, bem como possuir duas tubulações nas ruas largas ou tráfego intenso.

As profundidades das tubulações de distribuição foram determinadas de acordo com as condições de cada trecho projetado, levando-se em consideração o recobrimento mínimo da geratriz superior necessário (adotado 0,90 m).

A localização da rede de distribuição baseou-se nos seguintes princípios:

- a) **Topografia:** Utiliza-se para traçado da rede, planta baixa com levantamento planialtimétrico (curvas de nível de metro em metro) e semi-cadastral, com locação dos lotes e áreas de expansão, incluindo loteamentos aprovados ou previstos, indicação dos consumidores especiais e singulares, localização de estradas, estradas de ferro, e dos outros obstáculos naturais que necessitarão de obras especiais de travessia ou locação;

- b) **Zonas de pressão:** A rede de distribuição poderá ser subdividida em tantas zonas de pressão quanto for necessário para atender as condições de pressão impostas pela Norma;
- c) **Diâmetro das tubulações:** O diâmetro mínimo das tubulações principais das redes calculadas como malhada será em 50 mm;
- d) **Diâmetro dos condutos secundários:** O diâmetro interno mínimo dos condutos secundários da rede de distribuição será de 50 mm;
- e) **Análise do escoamento:** A análise do escoamento nas redes de distribuição, deverá ser feita com o emprego da fórmula universal da perda de carga:

$$J = f \cdot \frac{1}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Onde:

J = perda de carga uniformemente distribuída (m/m);

f = coeficiente de perda de carga distribuída (adimensional);

D = diâmetro hidráulico (m);

V = velocidade média na seção (m/s);

g = aceleração da gravidade (m/s²).

Uma vez estabelecido o consumo por lote, foram calculadas as tubulações de distribuição para funcionamento da rede de distribuição. Foi adotada como pressão mínima 6 m para garantir a eficácia do sistema.

A rede de distribuição pressurizada dimensionada tem como função conduzir a água de abastecimento desde a ETA até os lotes, com vazão e pressão adequadas ao perfeito funcionamento do sistema.

O "layout" da rede de distribuição obedeceu ao menor caminhamento possível, procurando evitar travessias de talwegues ou outros acidentes topográficos que implicassem em obras onerosas.

Nos pontos estratégicos da rede projetada, devem ser implantados registros de manobra de forma a seccionar o fluxo dos ramais avariados e efetuar eventuais reparos sem interromper o funcionamento do restante do sistema.

1.2 SIMULAÇÃO HIDRÁULICA

Para o cálculo de cada rede pressurizada observou-se o seguinte procedimento:

- a) A partir do "layout" otimizado concebido para a rede, estabeleceu-se uma subdivisão em trechos. Os trechos são segmentos limitados por nós, que, por sua vez, representam lotes ou derivações;
- b) Para cada nó, foi verificada a sua área de influência, definindo quais os lotes que cada nó abrangia. Feita essa divisão, calculou-se então o consumo de cada nó com o somatório dos consumos dos seus respectivos lotes;
- c) Em todos os nós são especificadas também as pressões necessárias ao atendimento otimizado do sistema. A pressão estabelecida considera a pressão mínima adotada para abastecer a casa de cada lote, levando em consideração a cota da propriedade mais desfavorável e as perdas, localizadas e distribuídas, em todo o sistema.

As tubulações são trechos que transportam água entre os vários pontos da rede. O EPANET é um software que considera que o escoamento ocorre sob pressão em todas as tubulações. O escoamento ocorre dos pontos com carga hidráulica mais elevada (energia interna por unidade de peso de fluido) para os pontos com carga hidráulica mais baixa.

O EPANET atribui como principais parâmetros a serem inseridos nas propriedades das tubulações:

- a) Nó inicial e final;
- b) Diâmetro;
- c) Comprimento;
- d) Coeficiente de rugosidade (para determinar a perda de carga);

e) Estado (aberto, fechado ou contendo uma válvula de retenção).

A perda de carga hidráulica na tubulação, em consequência do trabalho realizado pelas forças resistentes, pode ser determinada de acordo com uma das seguintes fórmulas:

- a) Fórmula de Hazen-Williams;
- b) Fórmula de Darcy-Weisbach;
- c) Fórmula de Chezy-Manning.

As fórmulas para o cálculo da perda de carga contínua em escoamentos pressurizado e seus coeficientes podem ser vistas nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1 - Fórmulas para o cálculo da perda de carga contínua.

Fórmula	Termo de Perda de Carga (A)	Expoente da Vazão (B)
Hazen-Williams	$10.674 \cdot C^{-1.852} \cdot d^{-4.871} \cdot L$	1.852
Darcy-Weisbach	$0.0827 \cdot f(\epsilon, d, q) \cdot d^{-5} \cdot L$	2
Chezy-Manning	$10.29 n^2 \cdot d^{-5.33} \cdot L$	2

Onde:

C = coeficiente da fórmula de Hazen-Williams

ϵ = rugosidade absoluta (ou rugosidade de Darcy-Weisbach) (mm)

f = fator de Darcy-Weisbach (depende de ϵ , d e q)

n = coeficiente de rugosidade de Manning

d = diâmetro da tubulação (m)

L = comprimento da tubulação (m)

q = vazão (m³/s).

Tabela 2 - Coeficientes das fórmulas de perda de carga para tubulações novas.

Material	C, Hazen-Williams (adimensional)	ϵ , Darcy-Weisbach (mm)	n, Manning (adimensional)
Ferrofundido	130–140	0.25	0.012–0.015
Concreto	120–140	0.3–3	0.012–0.017
Ferrogalvanizado	120	0.15	0.015–0.017
Plástico	140–150	0.0015	0.011–0.015
Aço	140–150	0.03	0.015–0.017
“Grés”	110	0.3	0.013–0.015

A análise hidráulica das redes está baseada na utilização da equação da continuidade, que estabelece, na condição de equilíbrio, ser nula a soma algébrica das vazões em cada nó da rede, e na aplicação de uma equação de resistência na

forma $\Delta H = KQ^n$ aos vários trechos. Como objetivo, deve-se determinar as vazões nos trechos de cotas piezométricas nos nós, a partir do conhecimento da vazão de distribuição para o sistema. Normalmente, as cargas cinéticas e as perdas de carga localizadas são negligenciadas no cálculo da rede.

Dois tipos de problemas podem ser analisados:

- Problema de verificação, que consiste em determinar as vazões nos trechos e as cotas piezométricas nos nós, para uma rede com diâmetros e comprimentos conhecidos. Este problema é determinado e tem solução única.
- Problema de determinação dos diâmetros, vazões nos trechos e cotas piezométricas nos nós, com condicionamento nas velocidades e pressões. Este problema admite várias soluções, podendo, porém, procurar-se a solução de mínimo custo.

Em relação às velocidades mínimas nos projetos, a NBR 12218/94 preconiza que devem ser de 0,6 m/s, e a máxima, de 3,5 m/s; estes limites referem-se às demandas máximas diárias no início e no final da etapa de execução da rede.

Existe uma tendência em aumentar os valores recomendados, baseados em critérios empíricos adquiridos através da experiência dos autores que os recomendam, no qual justificam que os limites são muito baixos e, objetivando compatibilizar o custo da tubulação com a segurança do sistema, estabelecem novos limites para as velocidades máximas do fluxo nas tubulações em função dos seus diâmetros, dos custos dos tubos e do risco de danos.

Em sistemas de distribuição de água, Granados (1990) admite valores de velocidades máximas até 2,0 m/s para diâmetros menores iguais a 250 mm, para os diâmetros entre 300 e 1000 mm recomenda velocidades entre 2,1 e 3,0 m/s e para diâmetros acima de 1000 mm ele propõem que $V_{\text{máx}} \text{ (m/s)} = 2 + D(\text{m})$ para $V_{\text{máx}} \geq 2,0$ m/s. e $D \geq 1000$

Esta relação é usada para o pré-dimensionamento dos diâmetros em redes ramificadas e malhadas. Considerando os estudos empíricos e, buscando otimizar o sistema, foram adotadas os seguintes limites de velocidade:

Tabela 3 – Velocidade e vazões máximas em redes de abastecimento.

D (mm)	$V_{\text{máx}}$ (m/s)	$Q_{\text{máx}}$ (l/s)
--------	------------------------	------------------------

≤ 100	0,75	5,89
125	0,79	9,69
150	0,83	14,67
200	0,90	28,27
250	0,98	48,11
300	1,05	74,22
350	1,13	108,72
400	1,20	150,80
500	1,35	265,07
600	1,50	424,12
800	1,80	904,78

Na simulação hidráulica buscou-se atender as $V_{\max}$ referentes aos diâmetros correspondentes, entretanto, por diversas vezes foi necessário buscar uma otimização entre os diâmetros mínimos dos condutos, a velocidade mínima e a velocidade máxima dos tubos

Utilizando os critérios estabelecidos, simula-se o comportamento da rede verificando-se em cada nó o valor de pressão. Os resultados podem ser vistos no Anexo B.

1.3 ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

1.3.1 Aspectos gerais

Na definição do tipo de instalação elevatória e na localização dos reservatórios e bombas hidráulicas, deve-se considerar o uso mais eficaz da pressão disponível, tendo em vista a conservação de energia.

Nas instalações elevatórias por recalque de água, deverá ser utilizado um comando liga/desliga automático, condicionado ao nível de água nos reservatórios. Neste caso, este comando deve permitir também o acionamento manual para operações de manutenção.

Padronizou-se também a escolha de bombas de um mesmo fabricante como referência, o que levou à definição do número de unidades em cada elevatória, considerando sempre uma unidade de reserva, com capacidade percentual de reserva variável dependendo do número de conjuntos moto-bomba selecionados.

1.3.2 Expressões utilizadas no dimensionamento

O dimensionamento hidráulico das estações elevatórias considerou as seguintes expressões:

a) Altura Manométrica de Recalque

$$H_{man} = H_g + h_b + h_a$$

Onde:

H_{man} = altura manométrica, em m;

H_g = desnível geométrico, em m;

h_b = perdas de carga no barrilete de recalque, em m;

h_a = perdas de carga na linha de recalque, em m;

b) Perdas de Carga no Barrilete de Recalque

$$J_i = \frac{\Delta G}{L}$$

Onde:

J = perda de carga, em m;

K = valor adimensional, característico de cada peça;

V = velocidade de escoamento, em m/s;

g = aceleração da gravidade, em m/s².

c) Perdas de Carga na Linha de Recalque (Fórmula de Hazen-Williams)

$$J = 10,643 \ C^{-1,852} \ Q^{1,852} \ D^{-4,87}$$

Onde:

J = perda de carga unitária, em m/m;

C = coeficiente característico da tubulação;

Q = vazão, em m³/s;

D = diâmetro, em m.

O diâmetro em cada linha de recalque foi determinado a partir da fórmula de Bresse.

- i. Para adução contínua: $D = 1,2 \cdot Q^{1/2}$ (fórmula de Bresse)
- ii. Para adução descontínua: $D = 1,3 \cdot (X/24)^{1/4} \cdot Q^{1/2}$, sendo X menor que 24 horas (fórmula de Forchheimer)

Onde:

K = coeficiente que varia com os aspectos econômicos vigentes (adotado K=1);
D = diâmetro econômico em metros e Q a vazão em m³/s.

d) Curva Característica do Sistema de Recalque

A curva característica do sistema de recalque pode ser expressa por:

$$H_{\text{man}} = H_g + a Q^2 + b Q^{1,852}, \text{ onde:}$$

H_{man} = altura manométrica, em m;

H_g = desnível geométrico, em m;

aQ^2 = perdas de carga localizadas = h_1 , em m;

$bQ^{1,852}$ = perdas de carga contínuas = h_2 , em m;

Q = descarga, em m³/h.

e) Potência dos Motores

$$P_B = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_{\text{man}}}{75 \cdot \eta_B}$$

Onde:

P = potência da bomba, em CV;

Q = vazão, em m³/s;

H_{man} = altura manométrica total, em m;

η = rendimento do conjunto moto-bomba, igual ao produto de:

η_b = rendimento da bomba

η_m = rendimento do motor

Tabela 4 - Bombas dimensionadas do recalque

Sistema	Potência (CV)	Vazão (m³/h)	Altura Manométrica (m.c.a)	Recalque DN (mm)
APOIADO/ELEVADO	3,0	40,00	11,17	75
RETROLAVAGEM	3,0	19,60	16,13	75

1.4 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

1.4.1 Equipamentos

No caso em questão, será implantada uma ETA com essa finalidade. Esta consistirá em:

- Medidor de vazão, tipo hidrômetro Woltmam para até 50 m³/h;
- Kits de dosagem e soluções químicas:

- c) Câmara de carga;
- d) Filtro ascendente do tipo floco decantador vertical;
- e) Filtro descendente do tipo filtro de areia;
- f) Tanque de Contato de 10 m³;
- g) Tanque de sedimentação para reutilização das águas de lavagem de 40 m³;
- h) Leitões de secagem.

Vale ressaltar que a ETA terá um sistema de retrolavagem por inversão de fluxo, utilizando a água do reservatório elevado.

1.4.1.1 Capacidade das unidades

A ETA é apta para tratar a Demanda Máxima Diária ($Q_{max,dia} = 2,04$ l/s).

Foi adotado, de acordo com os módulos existentes em diversos fabricantes, a estação de tratamento compacta de 2,5 L/s.

1.4.1.2 Medição de vazão

A vazão da água bruta afluyente à ETA será medida intercalando na adutora de água bruta, um equipamento de medição com intervalo de medição (hidrômetro Woltmam) para até 50 m³/h, antes da câmara de carga.

1.4.1.3 Kit de Dosagem e Soluções Químicas

Adição de Policloreto de Alumínio ou Coagulante Orgânico e Hipoclorito de Sódio como agentes coagulantes e desinfetantes, respectivamente, dosados antes do Clarificador de Contato, através de Kit de Preparação e Dosagem.

1.4.1.4 Kit de Preparação e Dosagem de Produtos Químicos

- a) 03 unid. - Bomba Dosadora do tipo Diafragma, com acionamento elétrico e caixa em ABS, 1 cabeçote, niples, válvulas e mangueiras em Polietileno, anéis de vedação em Viton, diafragma em Teflon e filtro em Polipropileno.
- i. Vazão Máxima Regulável/Cabeçote = 10 litros/h.
- ii. N.º de Cabeçotes = 01.
- iii. Pressão máxima de trabalho = 4,0 kgf /cm².

- iv. Tensão de Alimentação = 220 VAC – 50/60 Hz.
- v. Potência = 140 watts.
- b) 01 unid. - Bomba Dosadora do tipo Diafragma, com acionamento elétrico e caixa em ABS, 1 cabeçote, niples, válvulas e mangueiras em Polietileno, anéis de vedação em Viton, diafragma em Teflon e filtro em Polipropileno.

Vazão Máxima Regulável/Cabeçote = 0 a 20 litros/h.

- i. N.º de Cabeçotes = 01.
- ii. Pressão máxima de trabalho = 4,0 kgf /cm².
- iii. Tensão de Alimentação = 220 VAC – 50/60 Hz.
- iv. Potência = 140 watts.

O fabricante deverá fornecer ainda os seguintes acessórios:

- a) 04 unid. - Tanque de Preparação e Dosagem de Produtos Químicos com capacidade nominal de 100 litros, fabricado totalmente em Fibra de Vidro com resina específica para cada produto químico a ser dosado.
- b) 02 unid. - Agitador Rápido Vertical, destinado à dissolução e suspensão do Sulfato de Alumínio ou Coagulante Orgânico, com eixo, hélice e luva de acoplamento em aço inox AISI 304.

1.4.1.5 Mistura Rápida e Câmara de Carga

A câmara de carga é o dispositivo pelo qual a água bruta vai ter a ETA, nela o nível de água irá variar em função do grau de retenção de impurezas nos filtros. Da Câmara de Carga a água vai ao Filtro Ascendente.

Será instalado um medidor de nível na câmara de carga, para aferir a carga sobre o leito filtrante, carga hidráulica disponível e da perda de carga no processo. Sua principal função é indicar a posição do NA na câmara, com o uso o filtro vai retendo impurezas, e os vazios do meio poroso sofrem um estreitamento, aumentando assim

a resistência ao fluxo da água (perda de carga), ocasionando a elevação do NA no interior da câmara. A perda de carga será restrita a 1,0 m.

Na face externa da Câmara, se destaca uma faixa, na qual deve se fixar o nível limite, que ao ser atingido se tem o limite de tolerância máxima (onde é colocado um TÊ); a água verte pelo TÊ indicando a necessidade de efetuar a lavagem do Filtro. As características da câmara de carga são:

a) Características Principais:

- v. Vazão nominal = 9,00 m³/h.
- vi. Diâmetro nominal = 600 mm.
- vii. Altura Total Aproximada = 6.200 mm.
- viii. Diâmetro da Tubulação de Entrada de Água Bruta = 50 mm.
- ix. Diâmetro da Tubulação de Saída de Água Coagulada = 100 mm.
- x. Diâmetro da Tubulação de Drenagem = 32 mm.

1.4.1.6 Sistema de Filtração

Cada filtro ascendente será composto de uma célula que terá forma cilíndrica vertical, com fundo formado por troncos cônicos e em cada tronco será instalado um difusor especial, que será interligado ao sistema tubular de distribuição de água de lavagem e coleta do lodo no momento da descarga de fundo. Internamente, cada filtro constará de tubulações em sistema de malha para introdução de água na interface areia/pedregulho, calhas coletoras providas de orifícios, destinadas à coleta de água filtrada e/ou de lavagem, que conduz à caixa coletora externa onde será distribuída a água de lavagem para o sistema de drenagem e a filtrada para o reservatório.

O meio filtrante será composto por três camadas de areia apoiadas em oito camadas de pedregulho, que funcionarão como leito de contato para floculação, dispostos sobre os troncos cônicos. Cada filtro descendente será composto de uma célula que terá forma cilíndrica vertical, com fundo plano. Internamente, cada filtro constará de

sistema tubular de coleta de água filtrada (e distribuição de água de lavagem), calha coletora provida de orifícios, destinada à coleta de água filtrada (proveniente do filtro ascendente) e/ou de lavagem, que conduz à caixa coletora externa onde será distribuída a água de lavagem para o sistema de drenagem. Acompanhando o filtro descendente, temos a caixa niveladora.

A unidade de filtração rápida terá com taxa declinante variável e fluxo descendente com taxa média de filtração de 360 m³/m²/dia em leito filtrante de areia suportado por camadas de seixos rolados e sistema de autolavagem onde um filtro é lavado utilizando-se a água filtrada.

a) Características do Filtro Ascendente:

- i. Quantidade de Filtros = 01 unidade
- ii. Vazão Nominal = 9 m³/h
- iii. Diâmetro Nominal = 1.000 mm
- iv. Altura Cilíndrica = 2.000 mm

b) Características do Filtro Descendente:

- i. Quantidade de Filtros = 02 unidades
- ii. Vazão Nominal = 9 m³/h
- iii. Diâmetro Nominal = 1000 mm
- iv. Altura Cilíndrica = 1.200 mm

1.4.1.7 Lavagem dos Filtros

A lavagem de um filtro qualquer da bateria, será efetuada quando o nível máximo de água for atingido na câmara de carga ou no piezômetro, com água proveniente do reservatório semienterrado, por meio de conjuntos moto-bombas.

Como existe apenas um conjunto filtrante que irá trabalhar apenas durante 12 horas, os filtros serão lavados quando a adução não estiver operando, ou seja, os filtros estiverem fora de operação.

a) Filtro Ascendente

A lavagem do filtro será realizada por meio da aplicação de água filtrada em contracorrente, com velocidade ascensional de 0,80 m/min durante 10 minutos. A água para lavagem será proveniente de reservatório com capacidade prevista para tal finalidade.

Serão também realizadas descargas de fundo intermediárias. Esta operação será realizada algumas vezes ao longo das carreiras de filtração, isto é, entre lavagens sucessivas em um mesmo filtro, consistindo basicamente em abrir-se a descarga de fundo do filtro.

Nº de Filtros	1
Diâmetro do Filtro	1,5 m
Área de cada Filtro	1,77 m ²
Velocidade ascensional de lavagem	0,8 m/min
Duração da Lavagem	10 min
Vazão de lavagem	1,42 m ³ /min
Volume de lavagem	14,2 m ³
Volume total de lavagem	14,20 m³

b) Filtro Descendente

A lavagem de um meio filtrante deve ser feita por água em fluxo ascensional para se ter a expansão do meio poroso entre 30 e 50%.

Neste caso optou-se por lavagem do filtro descendente a ser realizada por aplicação de água filtrada em contracorrente, com velocidade ascensional de 0,65 m/min, durante 10 minutos.

Nº de Filtros	1
Diâmetro do Filtro	1 m
Área de cada Filtro	0,79 m ²
Velocidade ascensional de lavagem	0,65 m/min
Duração da Lavagem	8 min
Vazão de lavagem	0,51 m ³ /min

Volume de lavagem	4,08 m ³
Volume total de lavagem	4,10 m³

1.4.1.8 Reservatório de Água para Lavagem

A água para a lavagem de cada filtro será proveniente do reservatório elevado existente.

1.4.1.9 Recuperação de Água de Lavagem dos Filtros

As águas de lavagem dos filtros são os resíduos gerados na ETA, formados a partir das impurezas retiradas das águas brutas e dos produtos químicos utilizados no processo de tratamento, representando cerca de 2% a 5% do total da água tratada na ETA. Esses resíduos são comumente chamados de “despejos líquidos” e sua composição é função das características da água bruta e dos produtos químicos empregados na ETA.

Na maioria das ETAs o descarte desses despejos tem sido efetuado em cursos d'água próximos às ETAs ou em galerias de águas pluviais, como é o caso da ETA de Sacramento. No entanto, segundo a NBR 10.004 esses despejos são classificados como um resíduo sólido, devendo, portanto, ser devidamente tratados e dispostos sem que provoque danos ao meio ambiente.

Após o tratamento na estação, há necessidade de dispor adequadamente os despejos gerados. Esta tarefa exige quase sempre um novo projeto de equipamentos ou sistemas capazes de remover a água excedente desse material para adequá-lo à disposição. Desta forma foi projetada um sistema de recuperação das águas de lavagem dos filtros composto de:

- a) Tanque de sedimentação dos despejos de lavagem com aplicação de polímero;
- b) Recalque do sobrenadante (água clarificada) para a câmara de carga;
- c) Descarte do lodo para sedimentado para leito de secagem, com posterior descarte do lodo seco para o sistema de limpeza urbana.

Neste sistema a água de lavagem dos filtros chegará ao tanque de sedimentação, com uma concentração média de SST da ordem de 1.200 mg/L (0,114%), onde receberá polímero e passará por um período de repouso para que os sólidos presentes sejam sedimentados.

Após o período de sedimentação, o lodo decantado no fundo do tanque de clarificação será removido por meio de descarga de fundo para o leito de secagem, e a água clarificada será bombeada retornando a caixa de chegada de água bruta. O lodo seco será removido e encaminhado ao sistema de limpeza urbana.

O volume de água de lavagem gerado durante o dia depende da duração da carreira de filtração a qual por sua vez é função da qualidade da água bruta.

Desta forma, foi considerada uma situação crítica de carreiras de filtração com duração de 24 horas. Para essa situação, ocorrerá a lavagem dos filtros em um dia.

Para o dimensionamento do tanque de sedimentação foi considerado o volume de despejo referente às descargas de fundo e a lavagem dos filtros, assim calculado:

TANQUE DE SEDIMENTAÇÃO

$$V_{asc} = 14,20 \text{ m}^3$$

$$V_{desc} = 4,10 \text{ m}^3$$

Descarga de fundo

$$VF_d = Q_d \times T_d \times N =$$

$$Q_d = \text{Vazão de descarga de fundo} = 80 \text{ l/s}$$

$$T_d = \text{tempo da descarga} = 30 \text{ s}$$

$$N = \text{número de descargas de fundo} = 4$$

$$VF_d = 9,6 \text{ m}^3$$

$$V_{sed} = V_{asc} + V_{desc} + V_{Fd} = 27,90 \text{ m}^3$$

d) Dimensões do tanque:

O tanque será construído dentro do reservatório existente com dimensões de:

i. Profundidade útil = 1,50 m

ii. Área: $5,15 \times 5,15 = 26,52 \text{ m}^2$

O tanque de recuperação de água de lavagem, e inclinação do fundo (10%) para direcionar o escoamento do lodo.

Sabendo-se que 2% do volume de água descartada sedimenta em forma de lodo, o volume destinado ao acúmulo de lodo dentro de tanque de clarificação deve ser de aproximadamente 0,80 m³. A descarga de lodo, do tanque de recuperação ao poço de lodo, se dará por meio de descarga hidráulica, utilizando-se tubulação perfurada colocada no fundo do tanque de recuperação, acionada por meio de registro manual. Considerando que as águas de lavagens decantarão durante 2 horas e que o resíduo clarificado (sobrenadante) retornará a câmara de carga por bombeamento durante 4 horas.

Considerando que as águas de lavagens decantarão durante 2 horas e que o resíduo clarificado (sobrenadante) retornará a câmara de carga por bombeamento durante 4 horas, a vazão de bombeamento será de:

$$Q_b = (40 - 0,8) / 2 = 19,60 \text{ m}^3/\text{h} = 5,44 \text{ L/s}$$

O diâmetro da linha de recalque será DN75.

O retorno da água clarificada será feito por conjunto moto-bomba com as seguintes características:

- iii. Altura manométrica adotada = 16,13 m
- iv. Vazão = 5,44 L/s
- v. Potência: $P = 3 \text{ cv}$

1.4.1.10 Leito de Secagem

As dimensões para o leito de secagem foram adotadas em função do volume de lodo descartado durante 5 dias ($v = 5 \times 0,8 = 4,0 \text{ m}^3$) com profundidade de 0,35 m. Dessa forma a profundidade do leito de secagem é de:

- a) $H = 3 / 0,35 \approx 8,57 \text{ m}$
- b) $A = 3,0 \times 8,0 = 24,00 \text{ m}^2$

O leito terá fundo inclinado dotado de tubulação de drenagem perfurada, que escoará o percolato ao tanque de clarificação, sobre o qual deverá existir uma camada de brita com espessura de 0,2 m.

1.4.2 Dimensionamento das estruturas de concreto armado

As memórias de cálculo do dimensionamento das estruturas de concreto pertencentes a ETA estão localizadas no Anexo C.

ANEXO A

-DIMENSIONAMENTO DAS BOMBAS E RETROLAVAGEM DOS FILTROS-

ANEXO B

-RESULTADOS DA SIMULAÇÃO HIDRÁULICA-

ANEXO C

-MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL-

ANEXO D

-MEMORIAL DE CÁLCULO E DESCRITIVO DO PROJETO ELÉTRICO/AUTOMAÇÃO-

PLANILHA RESUMO

**SISTEMAS DE ABASTECIMENTO D'ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO E APROVEITAMENTO
HIDROAGRÍCOLA EM COMUNIDADES RURAIS DIFUSAS, LOCALIZADAS NOS MUNICÍPIOS DE
PARICONHA, DELMIRO GOUVEIA E ÁGUA BRANCA, NO ESTADO DE ALAGOAS, COM SUPRIMENTO
HÍDRICO PELO CANAL DO SERTÃO ALAGOANO.**

PROJETO BÁSICO - Sistema Adutor de Água Tratada - 02 - Subsistema VII e XI

BASE: JUNHO/2020 (COM DESONERAÇÃO)

ITEM	DESCRIÇÃO	TOTAL
1.	PROJETO EXECUTIVO / ADMINISTRAÇÃO LOCAL / SERVIÇOS PRELIMINARES	
1.1	PROJETO EXECUTIVO	R\$ 314.719,58
1.2	ADMINISTRAÇÃO LOCAL	R\$ 1.984.889,27
1.3	SERVIÇOS PRELIMINARES	R\$ 1.721.092,61
	SUB-TOTAL	R\$ 4.020.701,46
2.	SISTEMA DE TRATAMENTO E RESERVAÇÃO	
2.1	RESERVATÓRIO APOIADO	R\$ 369.551,83
2.2	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA-ETA	R\$ 316.483,23
2.3	RESERVATÓRIO DE RETROLAVAGEM	R\$ 789.999,49
2.4	CASA DE QUÍMICA	R\$ 84.482,93
2.5	LEITO DE SECAGEM	R\$ 52.707,28
2.6	URBANIZAÇÃO(ETA+RESERVATÓRIO)	R\$ 46.413,04
2.7	CASA DE BOMBAS	R\$ 132.786,64
	SUB-TOTAL	R\$ 1.792.424,44
3.	SISTEMA DE CAPTAÇÃO E RECALQUE	
3.1	CAPTAÇÃO	R\$ 1.505.309,11
3.2	LINHA DE RECALQUE	R\$ 13.144.468,62
3.3	RESERVATÓRIO PULMÃO (APOIADO)	R\$ 403.585,70
3.4	AS BUILT	R\$ 58.565,11
	SUB-TOTAL	R\$ 15.111.928,55
4.	REDE DE DISTRIBUIÇÃO	
4.1	REDE DE DISTRIBUIÇÃO	R\$ 12.125.752,06
	SUB-TOTAL	R\$ 12.125.752,06
5.	REDE ELÉTRICA CAPTAÇÃO	
5.1	EXTENSÃO DA REDE ELÉTRICA EM 13,8 KV	R\$ 404.342,60
5.2	SUBESTAÇÃO	R\$ 34.414,83
5.3	AUTOMAÇÃO / URBANIZAÇÃO ÁREA DO RESERVATÓRIO PULMÃO	R\$ 184.465,63
5.4	CASA DE BOMBAS CAPTAÇÃO	R\$ 474.102,63
	SUB-TOTAL	R\$ 1.097.325,69
6.	REDE ELÉTRICA TRATAMENTO	
6.1	EXTENSÃO DA REDE ELÉTRICA EM 13,8 KV	R\$ 813.591,99
6.2	SUBESTAÇÃO	R\$ 36.602,70
	SUB-TOTAL	R\$ 850.194,69
7.	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS - ETA	
7.1	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS - RESERVATÓRIO APOIADO	R\$ 24.268,10
7.2	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS - RESERVATÓRIO RETRO LAVAGEM	R\$ 23.234,82
7.3	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS - CASA DE QUÍMICA	R\$ 59.366,08
7.4	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS - CASA DE MAQUINA	R\$ 8.350,40
	SUB-TOTAL	R\$ 115.219,40
	TOTAL	R\$ 35.113.546,30