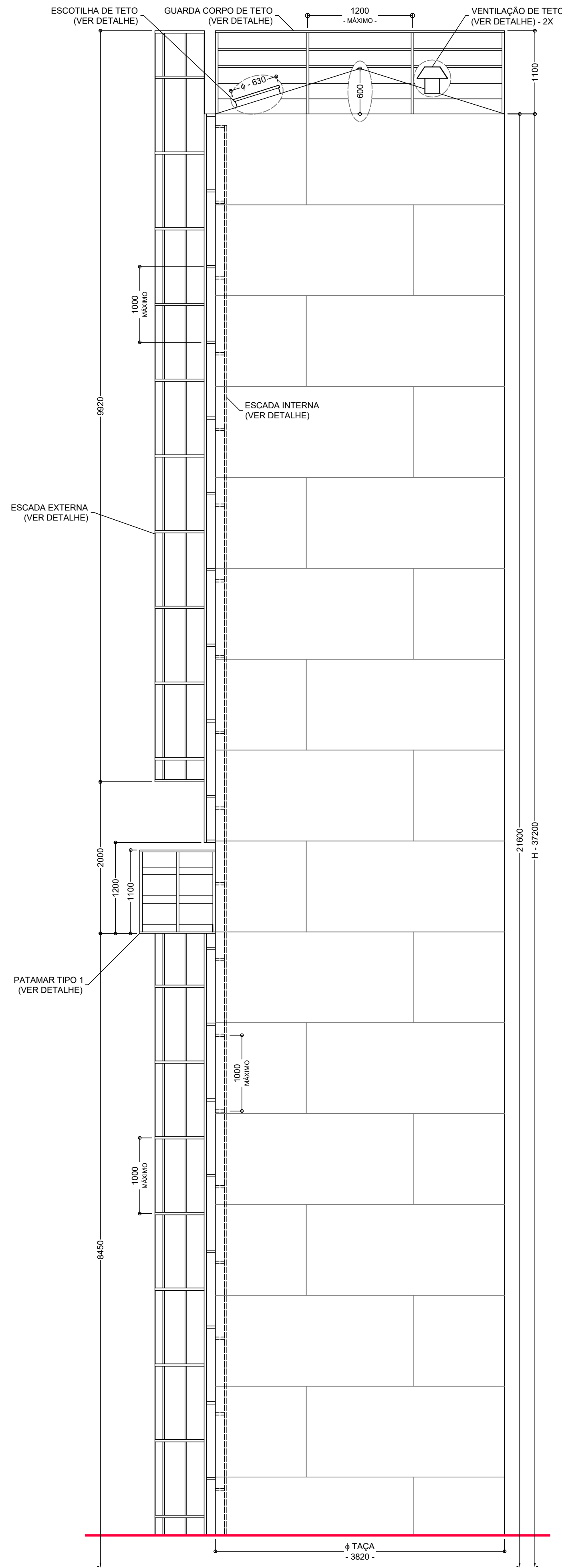
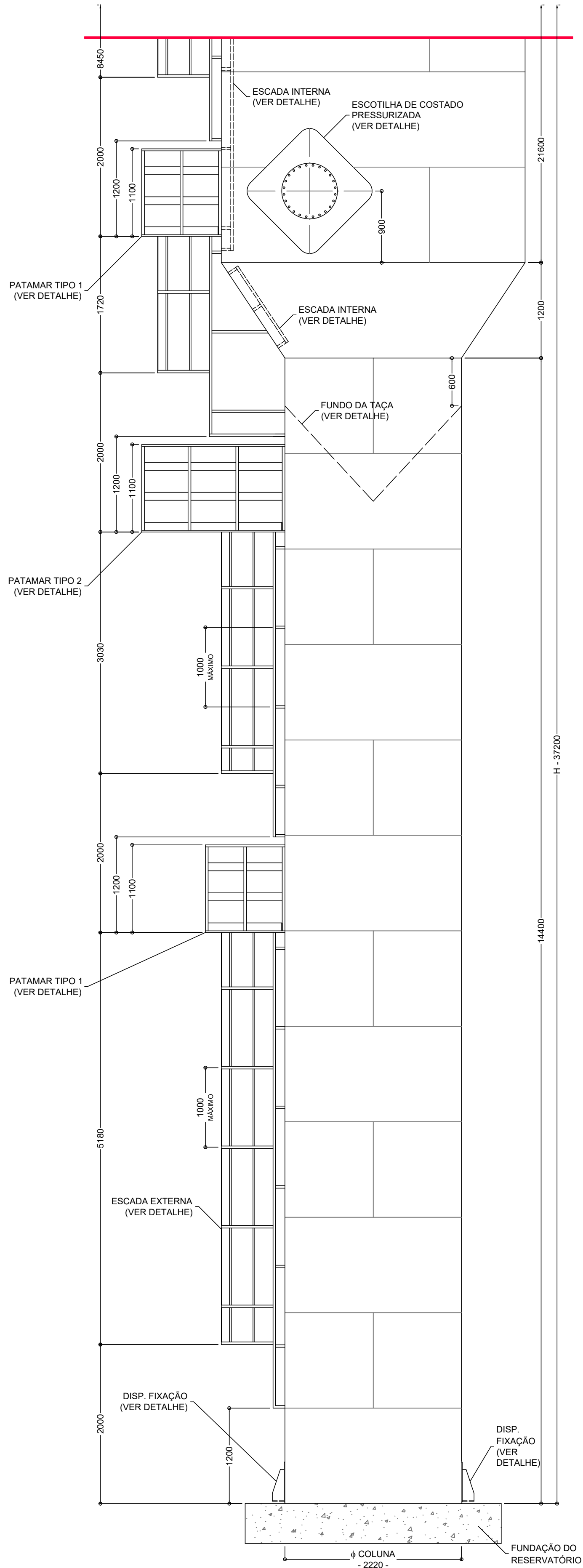


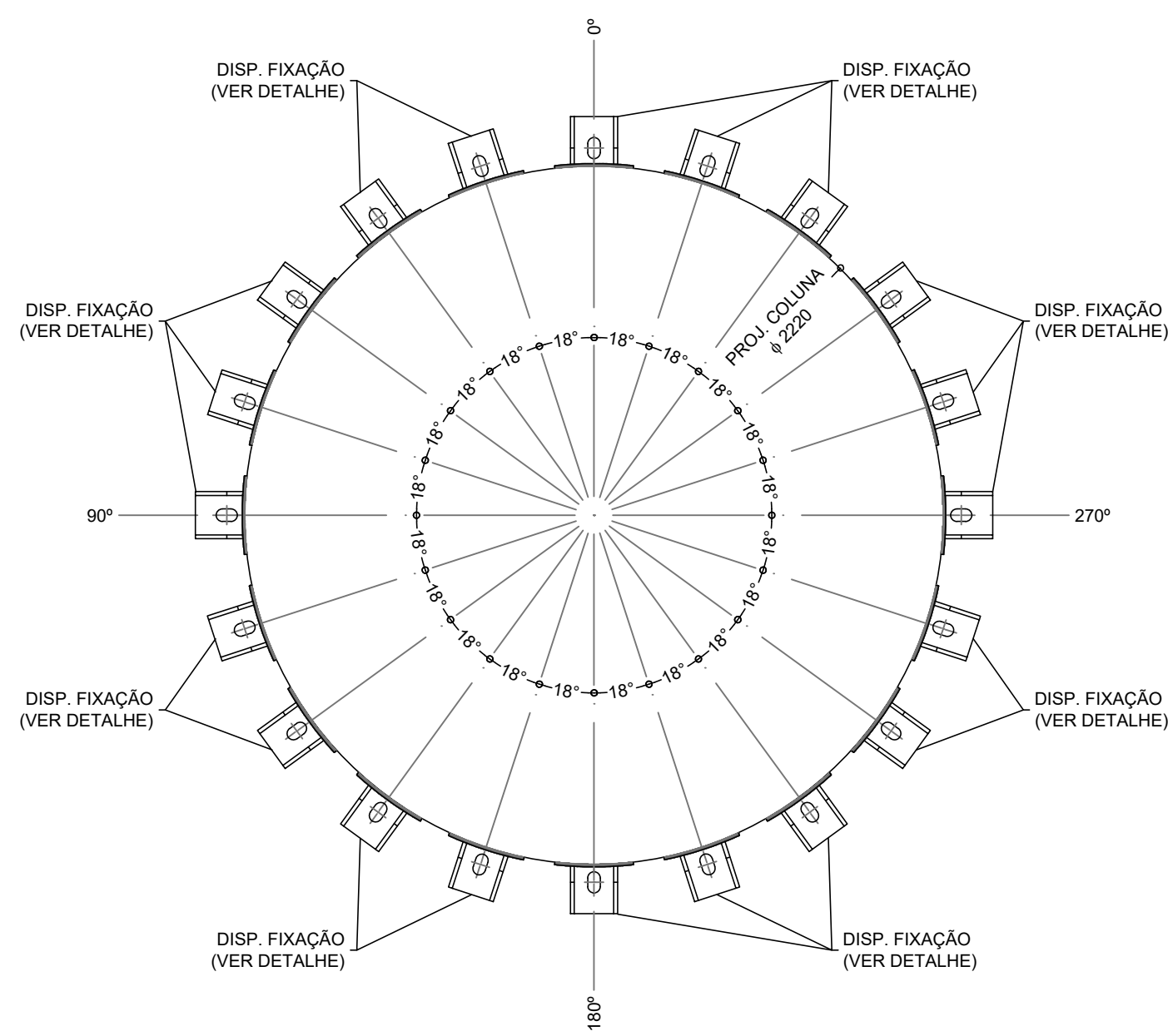
ESQUEMA PARA DETALHES DE ELEVÇÃO  
ESCALA 1:100



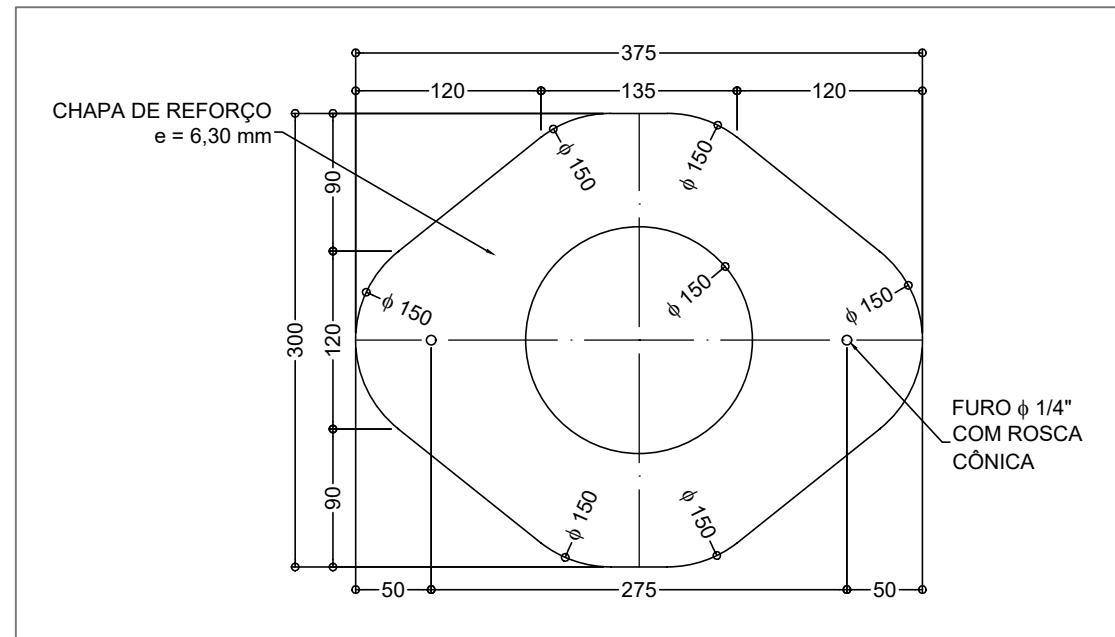
ELEVÇÃO DO RESERVATÓRIO  
(SETOR 1)  
ESCALA 1:40



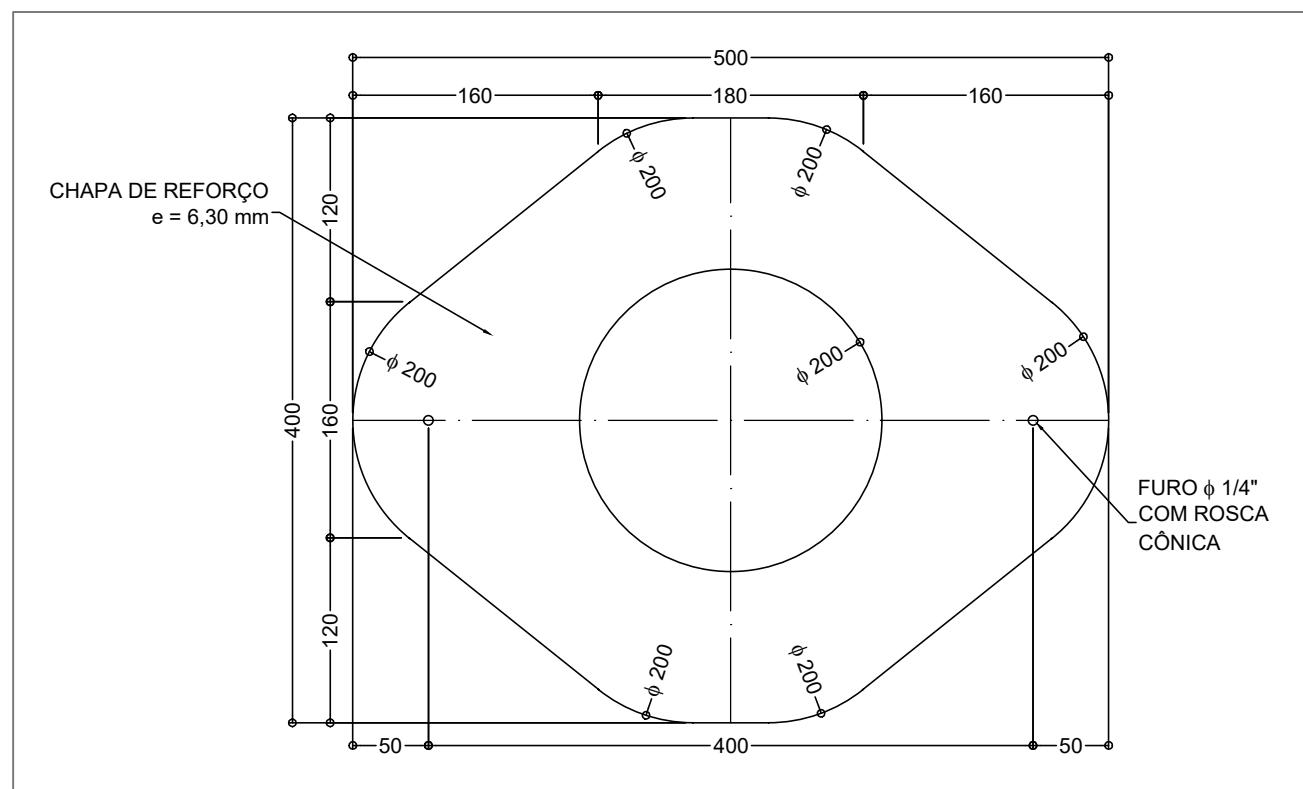
ELEVÇÃO DO RESERVATÓRIO  
(SETOR 2)  
ESCALA 1:40



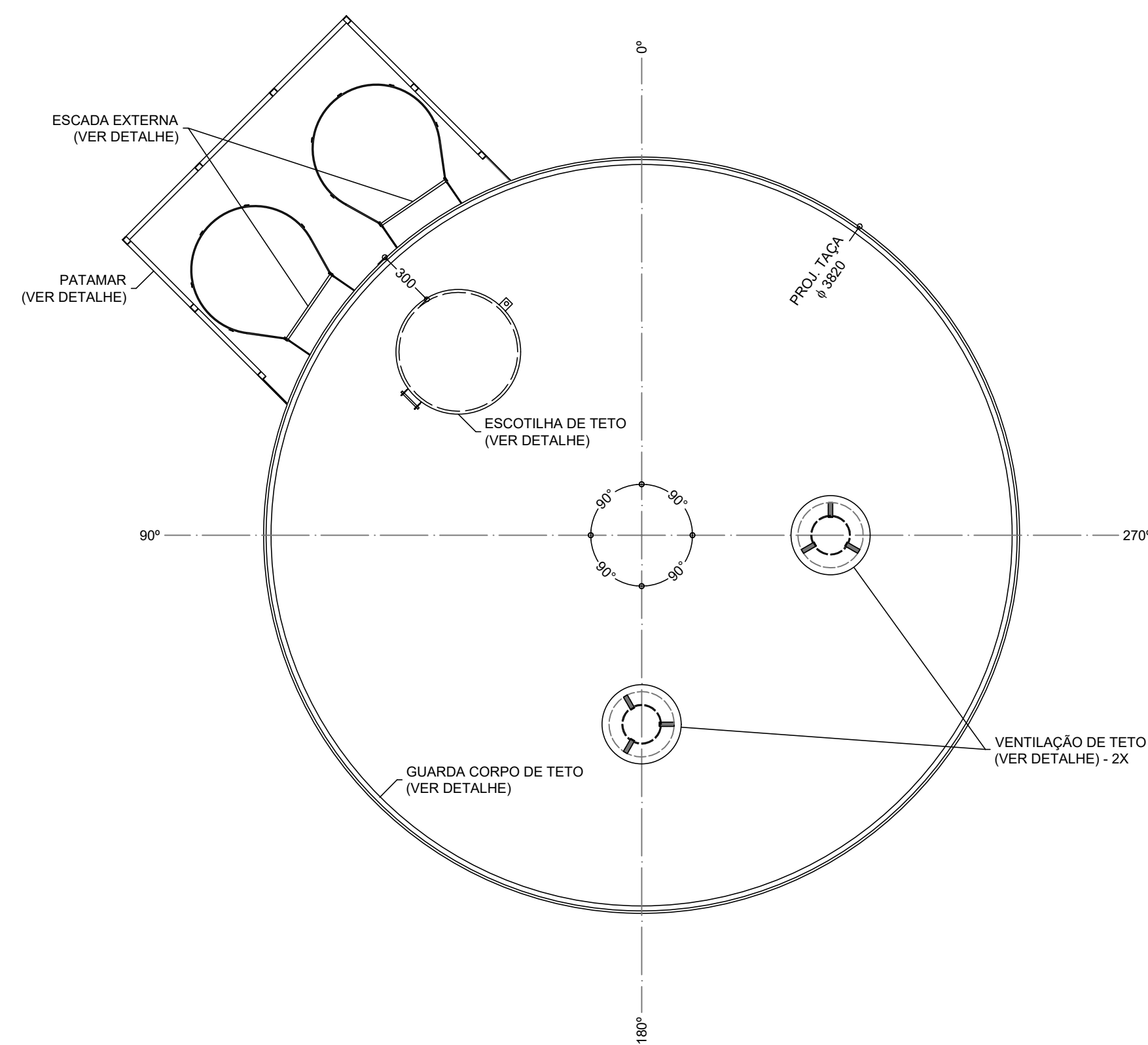
IMPLANTAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE FIXAÇÃO  
(CORTE C-C)  
ESCALA 1:20



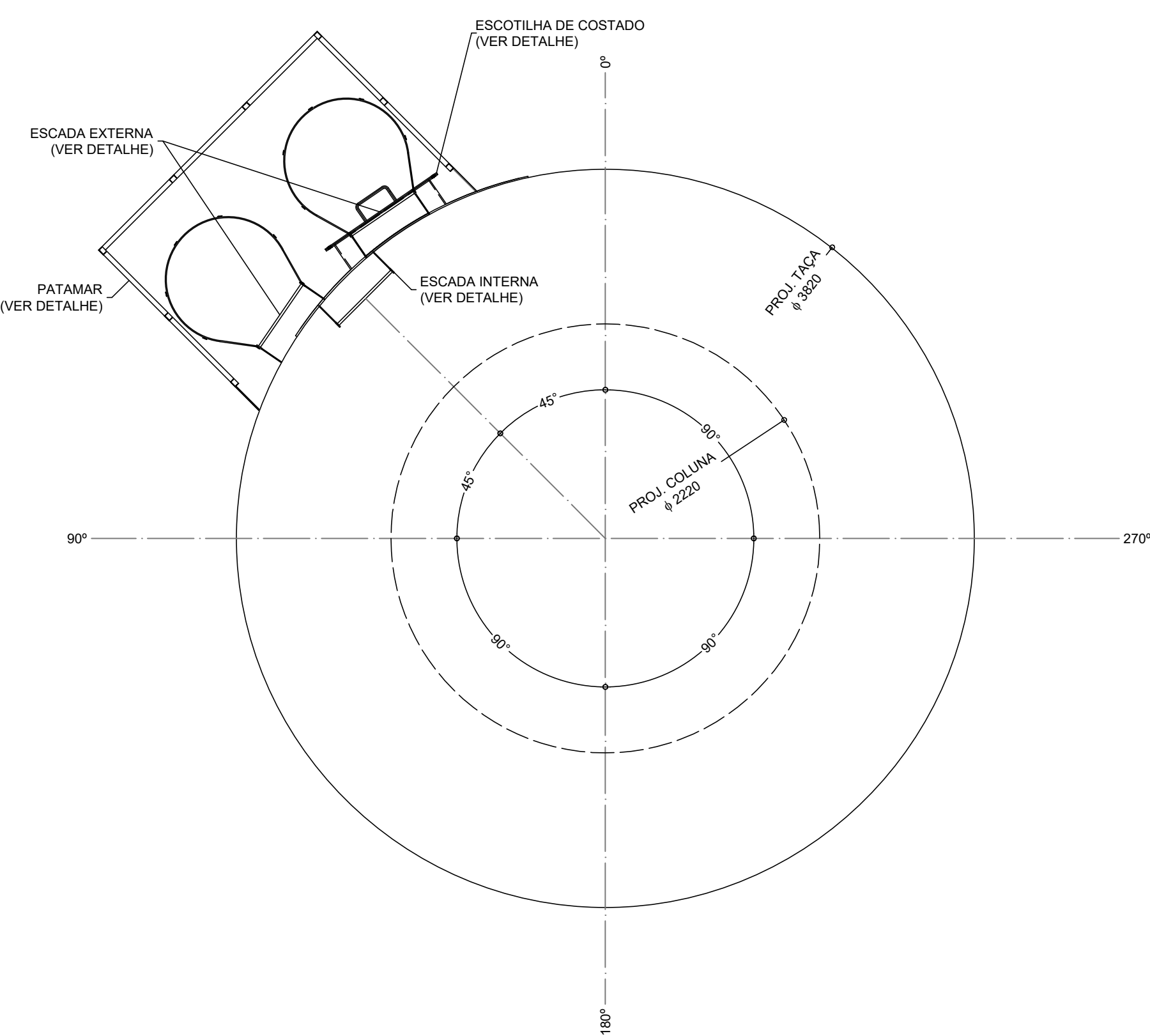
DETALHE DO REFORÇO  
DAS CONEXÕES DE 150 mm  
ESCALA 1:5



DETALHE DO REFORÇO  
DAS CONEXÕES DE 200 mm  
ESCALA 1:5



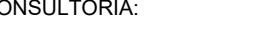
LOCAÇÃO DO TETO DO RESERVATÓRIO  
(CORTE A-A)  
ESCALA 1:25



CORTE B-B  
ESCALA 1:25

LISTA DE MATERIAIS						
MATERIAL	PERFIL	ESPECIFICAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PESO UNIT.	PESO TOTAL
ASTM A-36	FUNDO DO RESERVATÓRIO # 12,50 mm	φ 2320 mm - DESENVOLVIDO	m²	4,23	100,00 Kg/m²	423 Kg
ASTM A-36	PRIMEIRO AO TERCEIRO ANEL DA COLUNA # 12,50 mm	(φ 2220 X 3600) mm	m²	25,20	100,00 Kg/m²	2520 Kg
ASTM A-36	QUARTO AO OITAVO ANEL DA COLUNA # 10,00 mm	(φ 2220 X 6000) mm	m²	42,00	80,00 Kg/m²	3360 Kg
ASTM A-36	NONO AO DÉCIMO PRIMEIRO ANEL DA COLUNA # 8,00 mm	(φ 2220 X 3600) mm	m²	25,20	64,00 Kg/m²	1614 Kg
ASTM A-36	DÉCIMO SEGUNDO ANEL DA COLUNA # 10,00 mm	(φ 2220 X 1200) mm	m²	8,40	80,00 Kg/m²	672 Kg
ASTM A-36	CHAPA DO FUNDO DA TAÇA # 8,00 mm	φ 2320 mm - DESENVOLVIDO H = 1200 mm	m²	5,80	64,00 Kg/m²	372 Kg
ASTM A-36	PERFIL DE REFORÇO DO FUNDO DA TAÇA # 10,00 mm	U 8" X 17,10 Kg/m	m	7,00	17,10 Kg/m	120 Kg
ASTM A-36	CHAPA DO CONE # 10,00 mm	(φ 3820 X φ 2220 X H 1200) mm	m²	13,71	80,00 Kg/m²	1097 Kg
ASTM A-36	PERFIL DE REFORÇO DO CONE # 10,00 mm	U 3" X 6,10 Kg/m	m	12,00	6,10 Kg/m	74 Kg
ASTM A-36	PRIMEIRO E SEGUNDO ANEL DA TAÇA # 6,30 mm	(φ 3820 X 2400) mm	m²	28,80	50,40 Kg/m²	1452 Kg
ASTM A-36	TERCEIRO E QUARTO ANEL DA TAÇA # 4,75 mm	(φ 3820 X 2400) mm	m²	28,80	38,00 Kg/m²	1095 Kg
ASTM A-36	QUINTO E SESTO ANEL DA TAÇA # 4,75 mm	(φ 3820 X 2400) mm	m²	28,80	34,00 Kg/m²	979 Kg
ASTM A-36	SETIMO E OITAVO ANEL DA TAÇA # 3,75 mm	(φ 3820 X 2400) mm	m²	28,80	30,00 Kg/m²	864 Kg
ASTM A-36	NONO E DÉCIMO ANEL DA TAÇA # 3,36 mm	(φ 3820 X 2400) mm	m²	28,80	26,80 Kg/m²	773 Kg
ASTM A-36	DÉCIMO PRIMEIRO AO DÉCIMO TERCEIRO ANEL DA TAÇA # 3,00 mm	(φ 3820 X 3600) mm	m²	43,20	24,00 Kg/m²	1037 Kg
ASTM A-36	DÉCIMO QUARTO AO DÉCIMO PRIMEIRO ANEL DA TAÇA # 2,65 mm	(φ 3820 X 4800) mm	m²	57,60	21,20 Kg/m²	1221 Kg
ASTM A-36	DÉCIMO OITAVO ANEL DA TAÇA # 3,36 mm	(φ 3820 X 1200) mm	m²	14,40	26,80 Kg/m²	387 Kg
ASTM A-36	CHAPA DO TETO DO RESERVATÓRIO # 2,65 mm	φ 4000 mm - DESENVOLVIDO	m²	12,57	21,20 Kg/m²	267 Kg
ASTM A-36	DISPOSITIVOS DE ANCORAGEM	VER DETALHE	PC	20,00	25,44 Kg	508 Kg
PESO TOTAL DA ESTRUTURA:					18835 Kg	
SAE 1008	VENTILAÇÃO DE TETO	VER DETALHE	PC	2	6,37 Kg	13 Kg
SAE 1008	ESCOTILHA DE TETO	VER DETALHE	PC	1	10,00 Kg	10 Kg
SAE 1008	ESCOTILHA DE COSTADO	VER DETALHE	PC	1	113 Kg	113 Kg
SAE 1008	GUARDA CORPO DE TETO	VER DETALHE	m	12,00	12,78 Kg/m	154 Kg
SAE 1008	PATAMAR DE DESCANSO TIPO 1	VER DETALHE	PC	3	78,10 Kg	234 Kg
SAE 1008	PATAMAR DE DESCANSO TIPO 2	VER DETALHE	PC	1	124,47 Kg	125 Kg
SAE 1008	ESCALADA INTERNA	VER DETALHE	m	31,20	5,81 Kg/m	182 Kg
SAE 1008	ESCALADA EXTERNA	VER DETALHE	m	22,45	5,81 Kg/m	131 Kg
SAE 1008	GUARDA CORPO DE ESCADA	VER DETALHE	m	28,30	7,14 Kg/m	203 Kg
PESO TOTAL DOS ACESSÓRIOS:					1165 Kg	
PESO TOTAL DO RESERVATÓRIO:					20000 Kg	

Nº	DATA	REVISÃO	EXECUTADO POR	APROVADO POR	DEAGUA	DESENHOS DE REFERÊNCIA	NÚMEROS	NOTAS GERAIS	NOTAS GERAIS	NOTAS GERAIS	NOTAS GERAIS
0	25/04/24	EMIÇÃO INICIAL	R. A. G.	-	-	-	-	-	-	-	-
								- DIMENSÕES EM MILÍMETRO (mm);	- RESERVATÓRIO DESTINADO A ARMAZENAR ÁGUA LIMPA, PH DE 5 A 9 E TÍPO DE CLORO DE ATÉ 5,00 mg/l;	- SOLDA INTERNA E EXTERNA ATRAVÉS DE PROCESSO SEMIAUTOMÁTICO (GMAW), UTILIZANDO ARAMES COBRADOS, ESPESSURA DE 0,80 mm E CAMADA DE GÁS PROTETORA COMPOSTA POR 75% DE ARGÔNIO E 25% DE DÍÓXIDO DE CARBONO;	- SOLDA DA ENVIDA DE TRANSPORTE POR PROCESSO ELÉTRICO (SMW) UTILIZANDO ELETRODOS E 7018 CONFORME NORMA AWS A5.18 E AWS A5.1;
								- VERIFICAR MEDIDAS NA OBRA;	- O AÇO DESTINADO A ESTRUTURA E BOCAS DO TANQUE SERÁ DO TIPO ASTM A-36 E O AÇO DESTINADO A GUARDA-CORPOS, ESCADAS E OUTROS SERÃO DO TIPO SAE 1008;		
								- NÃO TOMAR MEDIDAS POR ESCALA.			

<div>DEÁGUA</div> <div>DEPARTAMENTO DE ESGOTO E ÁGUA DE GUAIARA</div> <div>VISTO E ACEITO</div>		<div>PROJETO E CONSULTORIA</div> <div></div>		<div>RESERVATÓRIO METÁLICO TIPO</div> <div>TAÇA COLUNA SECA DE 250 m³</div> <div>- COLUNA COM 14,40 m -</div>		<div>CONTRATO:</div> <div>296/2024</div>	
				<div>PROJETO EXECUTIVO DO RESERVATÓRIO</div>		<div>REV. 0</div> <div>FL. 0108</div>	
<div>ANALISADO:</div> <div>/ /</div>		<div>PROJETO: ENG. RENÉ ALEXANDRE GALETTI</div> <div>ABR/2024</div>		<div>LOCAL:</div> <div>ACESSO III, GUAIRA, SP</div>		<div>ARG. DEÁGUA - 003-24</div>	
<div>ACEITO:</div> <div>/ /</div>		<div>CREA: 5081122965</div>				<div>ESCALA:</div>	
<div>VISTO:</div> <div>/ /</div>		<div>A.R.T.: 2620240737618</div> <div>ABR/2024</div>				<div>INDICADA</div>	



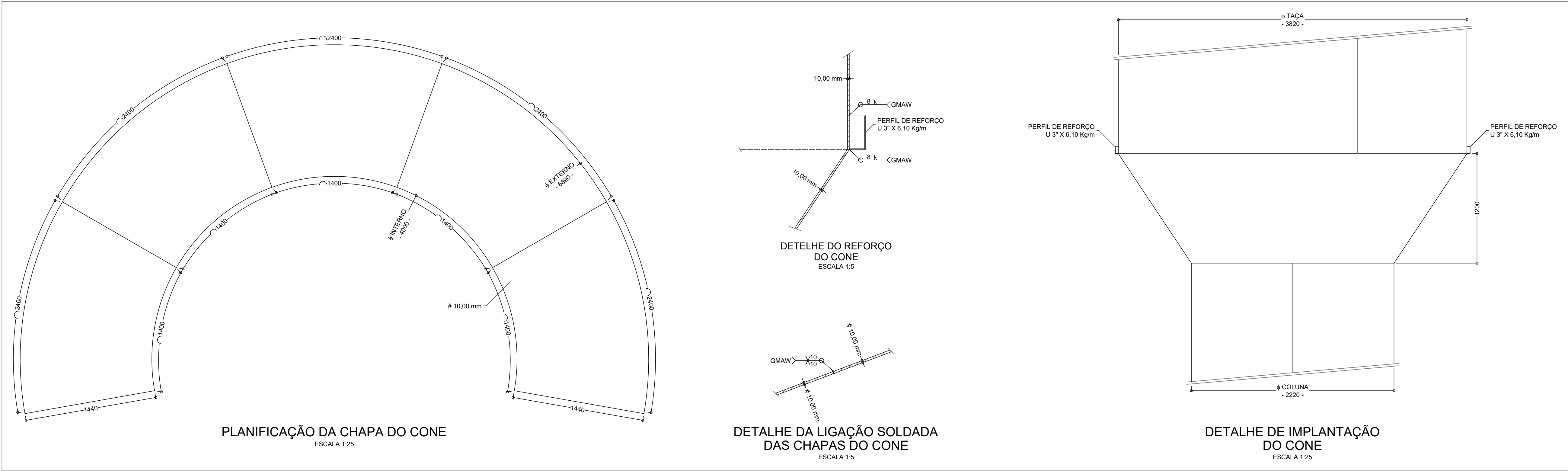
- DEVERÁ SER EXECUTADO, EM CAMPO, SOLDAGEM SMAW, COM ELETRODOS E 1018.



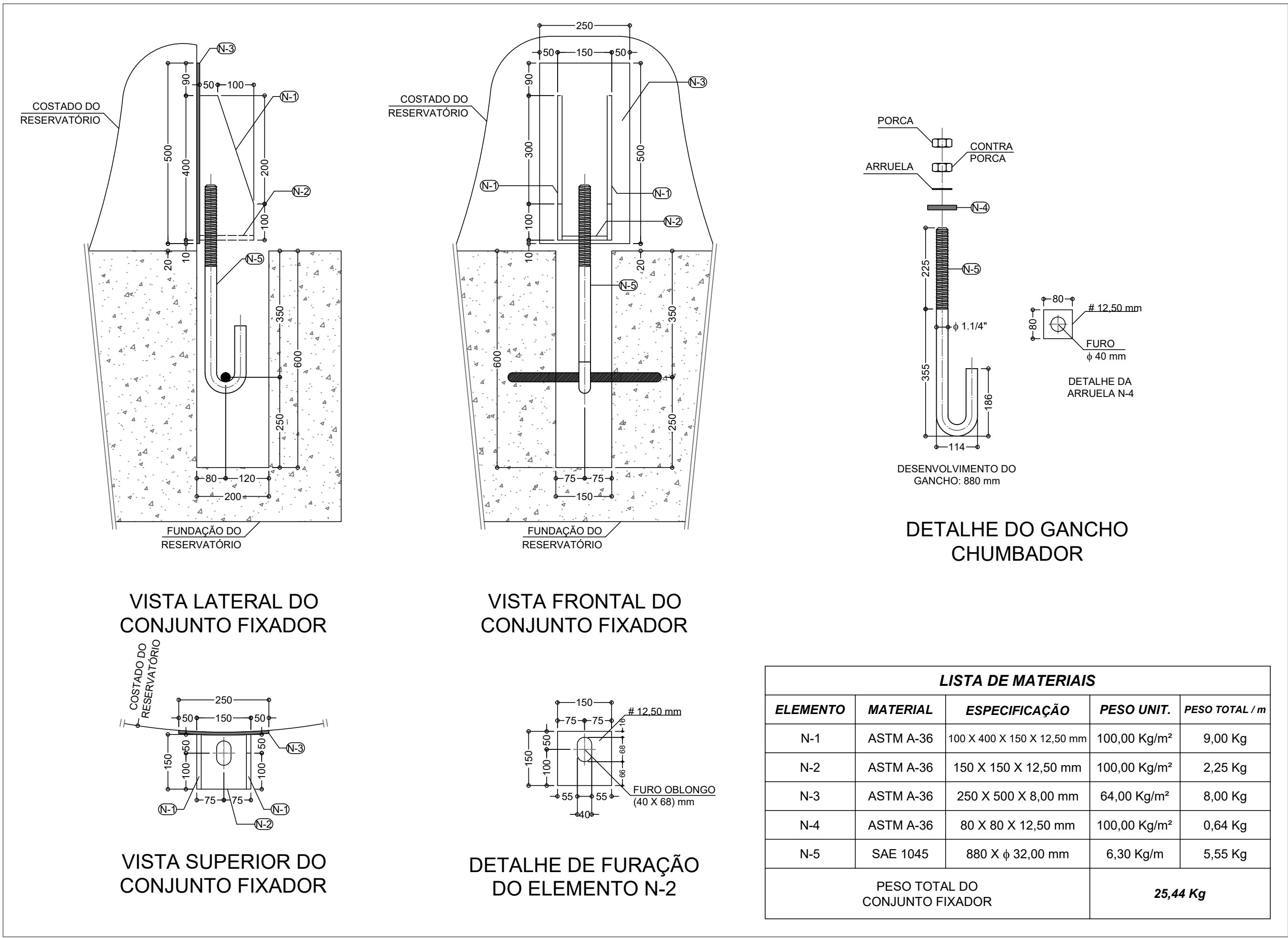
**ENG. RENÉ ALEXANDRE GALETTI**  
**CREA: 5061122995**

FORMATO A0 (118,90 X 84,10) cm

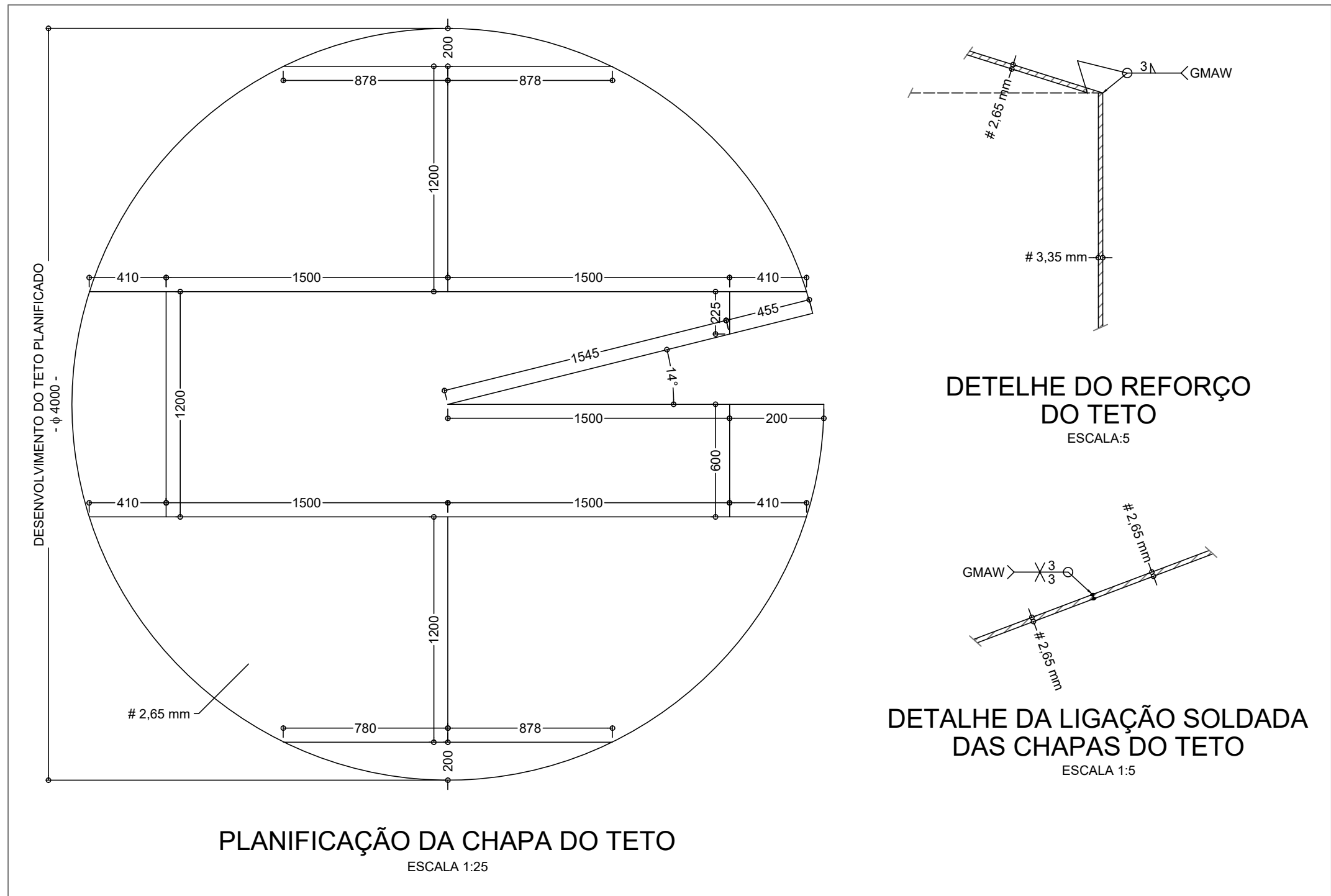




DETALHES DE MONTAGEM DA CHAPA DO CONE  
ESCALA INDICADA




DETALHE DOS DISPOSITIVOS DE FIXAÇÃO  
ESCALA 1:10

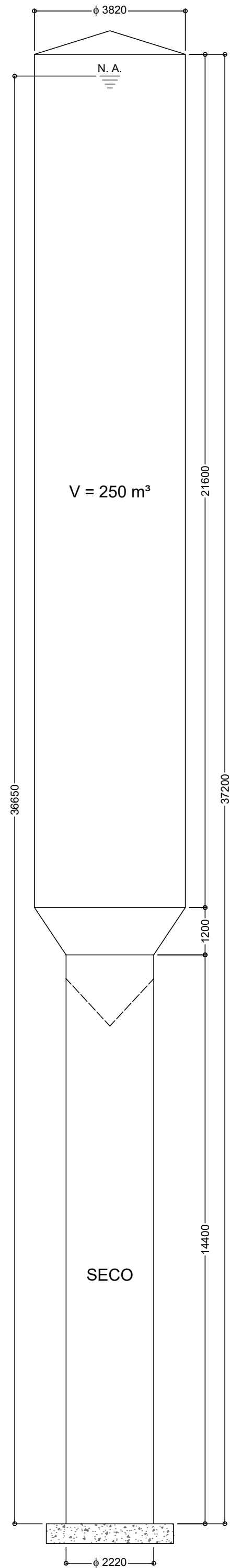


DETALHES DE MONTAGEM DA CHAPA DO TETO  
ESCALA INDICADA

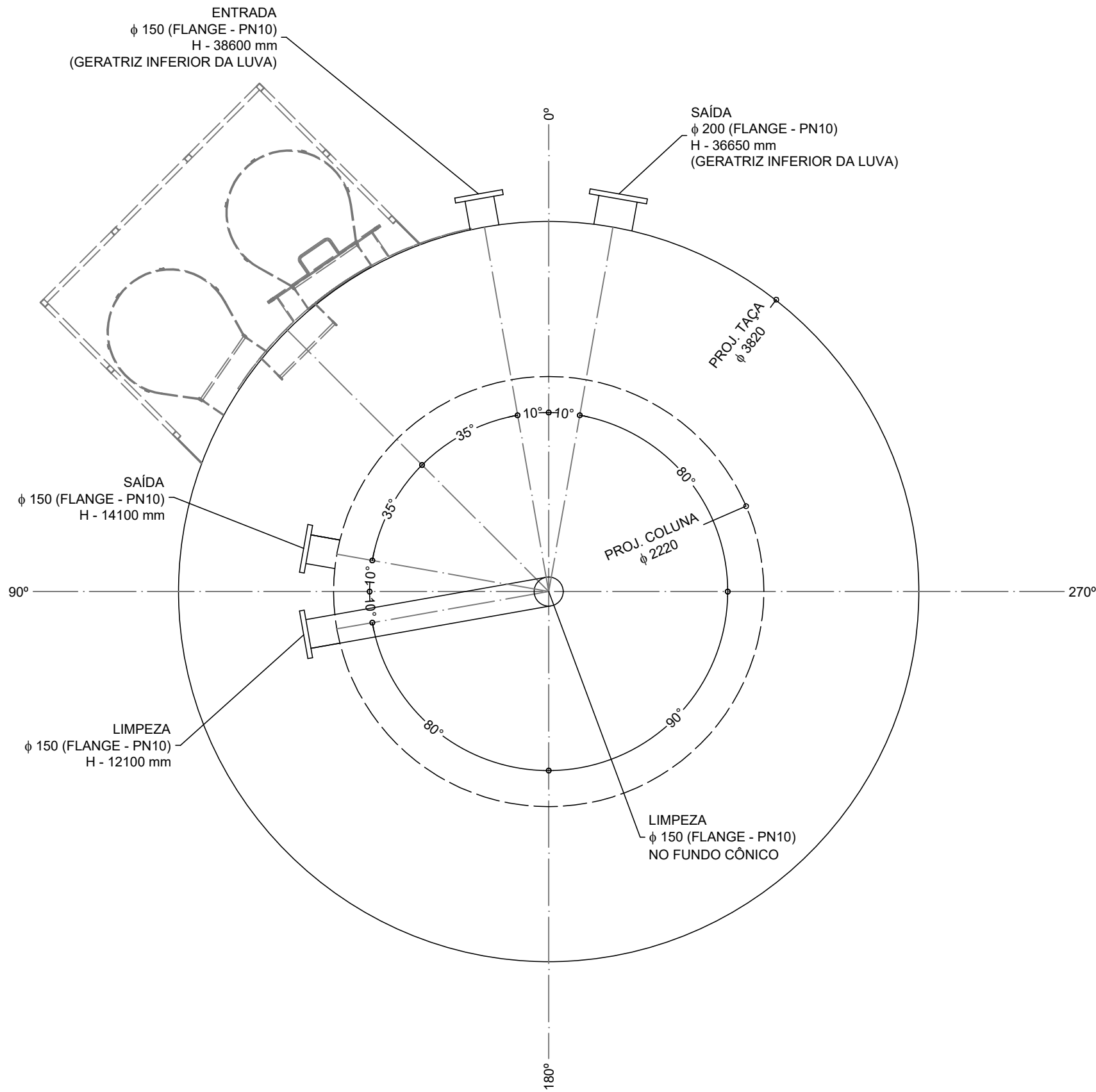
ENG. RENÉ ALEXANDRE GALETTI  
CREA: 506112295

Nº	DATA	REVISÃO	EXECUTADO POR	APROVADO POR	DEÁGUA		DESENHOS DE REFERÊNCIA	NÚMEROS	NOTAS GERAIS	PROJETO E CONSULTORIA:		RESERVATÓRIO METÁLICO TIPO TAÇA COLUNA SECA DE 250 m³ - COLUNA COM 14,40 m -	LOCAL:	ARQ.	CONTRATO:	
					ACEITO	DATA									REV.º	FL.º
0	25/04/24	EMISSION INICIAL	R. A. G.						- DIMENSÕES EM MILÍMETRO (mm); - COTAS EM METRO (m), QUANDO INDICADAS; - VERIFIAR MEDIDAS NA OBRA; - NÃO TOMAR MEDIDAS POR ESCALA.	DEPARTAMENTO DE ESGOTO E ÁGUA DE GUAÍRA		PROJETO EXECUTIVO DO RESERVATÓRIO	ACESSO III, GUAÍRA, SP	DEÁGUA - 003-24	0	03/08
										ANALISADO:	/ /	PROJETO: ENG. RENÉ ALEXANDRE GALETTI	ABR./2024	DEÁGUA		
										ACEITO:	/ /	CREA: 506112295				
										VISTO:	/ /	A.R.T.: 2620240737618	ABR./2024			





COMPARTIMENTAÇÃO DO RESERVATÓRIO  
ESCALA 1:100



LOCAÇÃO DE LUVAS DO RESERVATÓRIO  
ESCALA 1:25

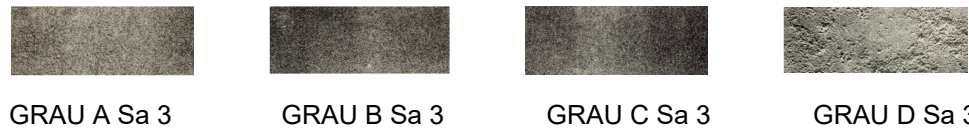
PROCEDIMENTO DE PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIE

- SUPERFÍCIE INTERNA:

- JATEAMENTO ABRASIVO Sa 3 CONFORME NORMA SIS 05 5900/1967: LIMPEZA POR JATEAMENTO ABRASIVO ÚMIDO AO METAL BRANCO. A SUPERFÍCIE DEVE APRESENTAR COLORAÇÃO METÁLICA UNIFORME, CORRESPONDENTE EM APARÊNCIA COM AOS PADRÕES VISUAIS COM DESIGNAÇÃO Sa 3;

- ESTE PREPARO DEVERÁ REMOVER A CAREPA DE LAMINAÇÃO, PRODUTOS DE CORROSÃO E MARETIAL ESTRANHO. A SUPERFÍCIE DEVE APRESENTAR COLORAÇÃO METÁLICA UNIFORME, CORRESPONDENTE EM APARÊNCIA AOS GRAUS DE PREPARO PARA JATEAMENTO ABRASIVO Sa 3.

- OS GRAUS DE PREPARO PARA O JATEAMENTO Sa3 PODERÃO SER EXECUTADOS CONFORME O ESQUEMA ABAIXO.

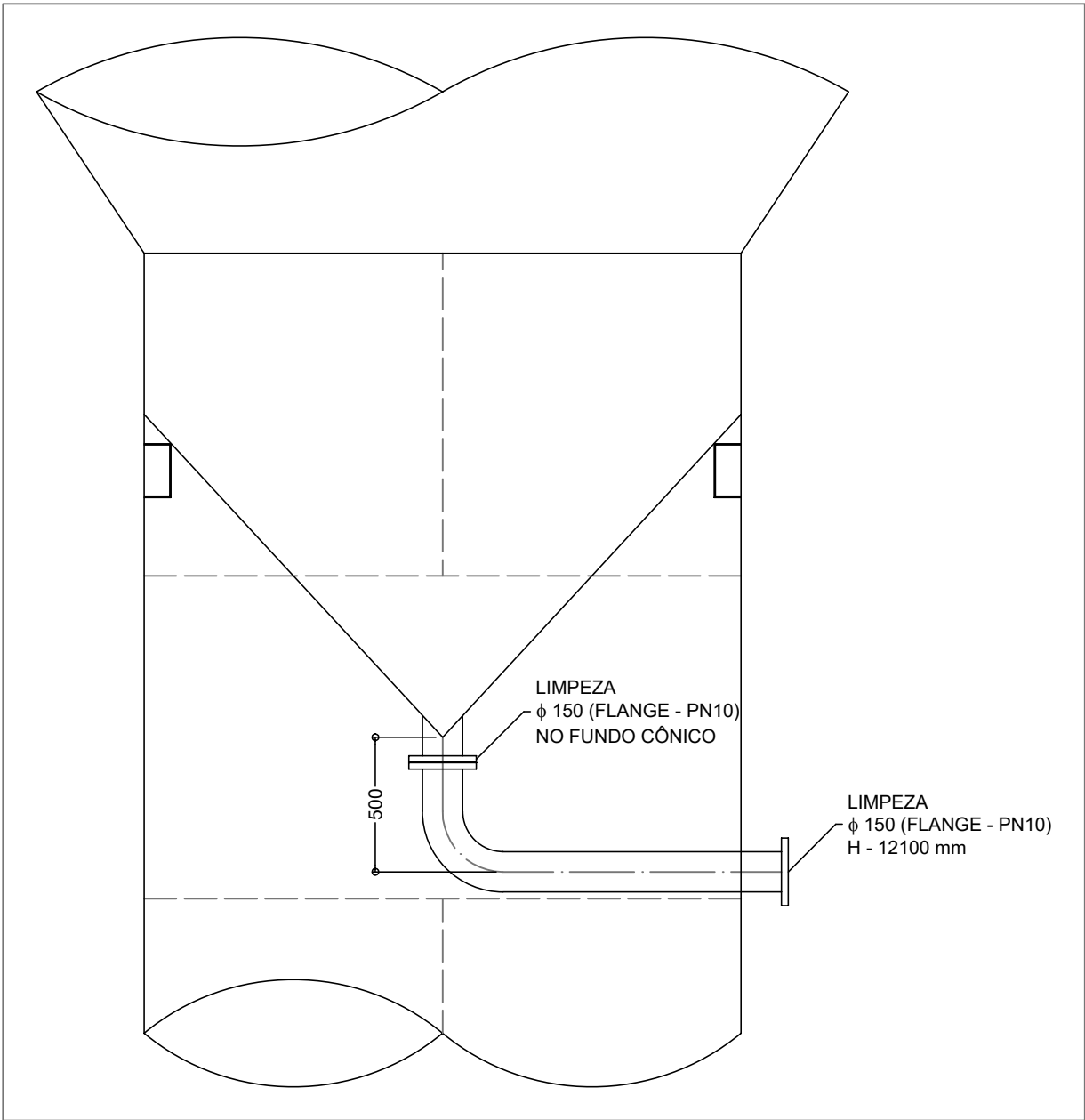
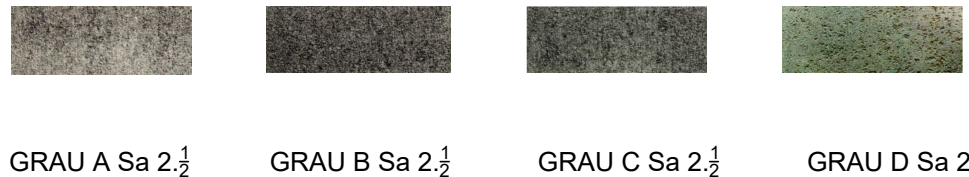


- SUPERFÍCIE EXTERNA:

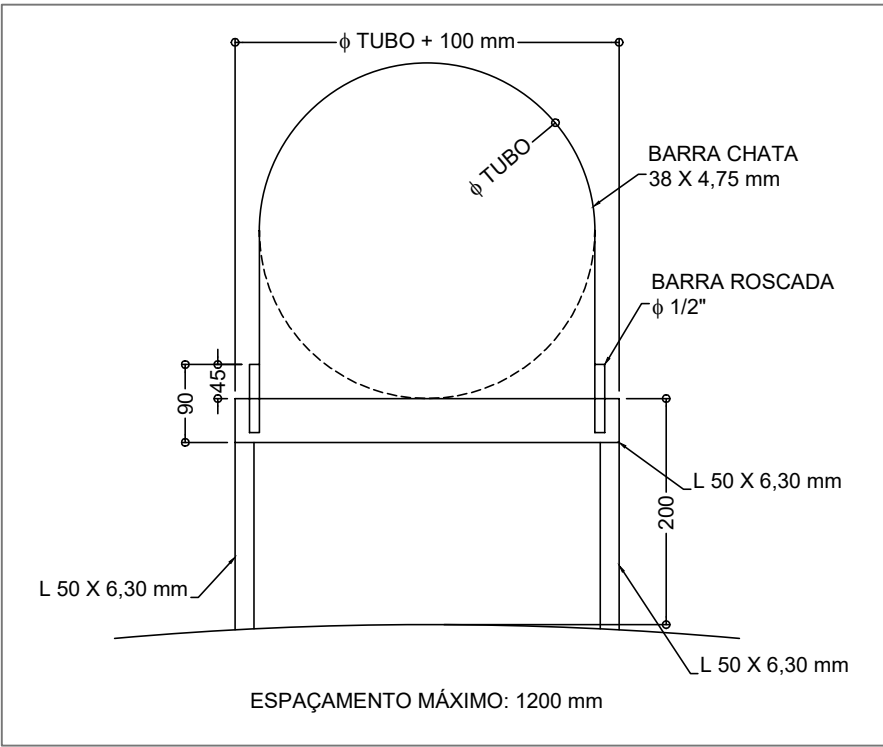
- JATEAMENTO ABRASIVO Sa 2 ½ CONFORME NORMA SIS 05 5900/1967: LIMPEZA POR JATEAMENTO ABRASIVO ÚMIDO AO METAL QUASE BRANCO. A SUPERFÍCIE DEVE APRESENTAR ASPECTO, CORRESPONDENTE AOS PADRÕES VISUAIS COM DESIGNAÇÃO Sa 2 ½;

- ESTE PREPARO DEVERÁ REMOVER A CAREPA DE LAMINAÇÃO, PRODUTOS DE CORROSÃO E MARETIAL ESTRANHO DE MANEIRA TÃO PERFEITA QUE SEUS VESTÍGIOS APARECEM SOMENTE COMO MANCHAS TÊNUES OU ESTRIAS. A SUPERFÍCIE DEVE APRESENTAR ASPECTO CORRESPONDENTE EM APARÊNCIA AOS GRAUS DE PREPARO PARA JATEAMENTO ABRASIVO Sa 2 ½.

- OS GRAUS DE PREPARO PARA O JATEAMENTO Sa 2 ½. PODERÃO SER EXECUTADOS CONFORME O ESQUEMA ABAIXO.



DETALHE DE INSTALAÇÃO DA LIMPEZA  
ESCALA 1:25



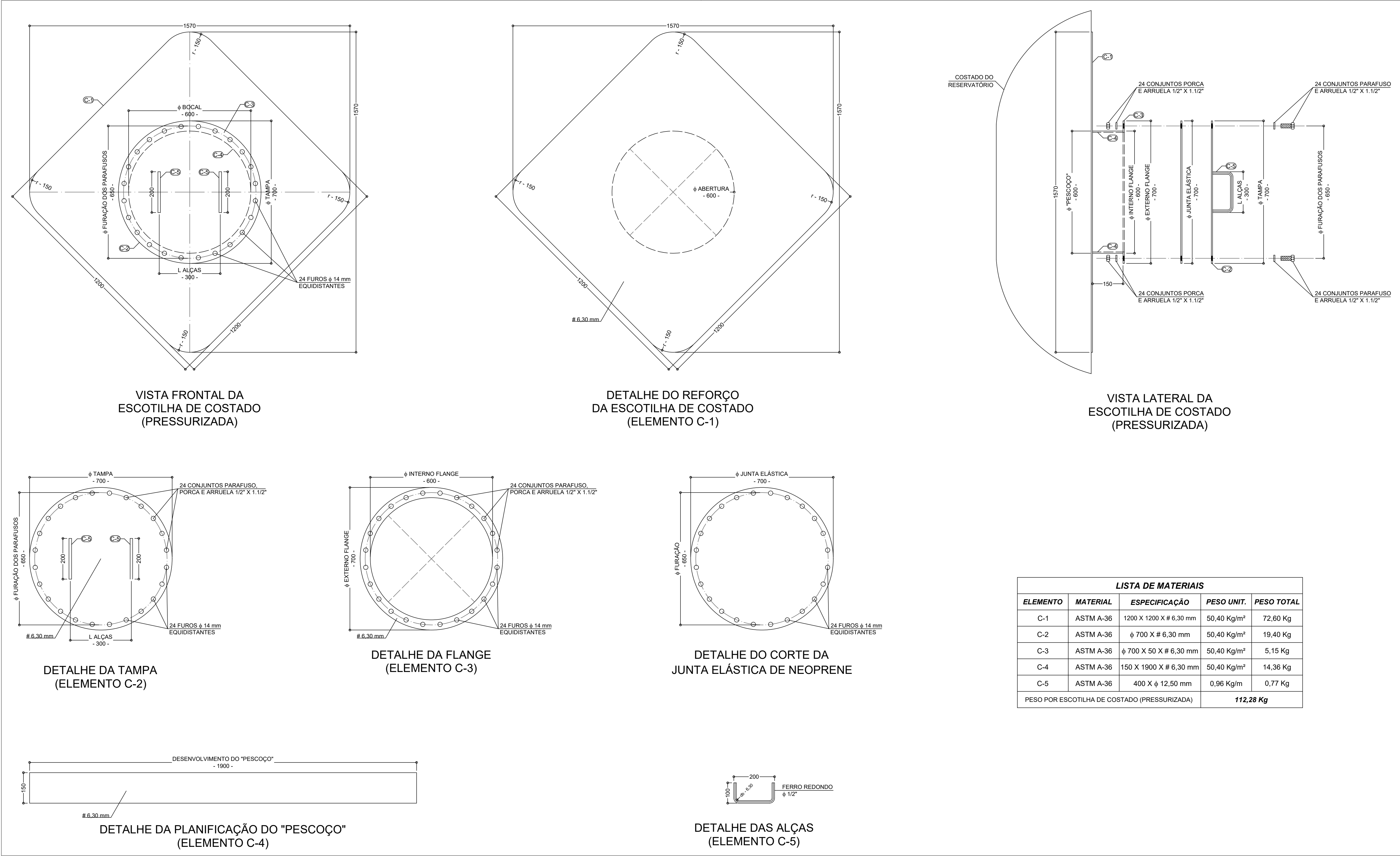
DETALHE DOS SUPORTES DE TUBULAÇÃO  
SEM ESCALA

PROCEDIMENTO DE PINTURA					
REVESTIMENTO INTERNO					
FILME DE PINTURA	MATERIAIS A SEREM UTILIZADOS	COR	Nº DEMÃOS	ESPESSURA	
				POR DEMÃO	TOTAL
FUNDO	PRIME EPÓXI ÓXIDO DE FERRO DE ALTA ESPESSURA	VERMELHO	1	40 µm	40 µm
INTERMEDIÁRIO	EPÓXI POLIAMIDA ATÓXICO DE ALTA ESPESSURA	AZUL	1	40 µm	80 µm
ACABAMENTO	EPÓXI POLIAMIDA ATÓXICO DE ALTA ESPESSURA	AZUL	1	40 µm	80 µm
ESPESSURA TOTAL DO REVESTIMENTO INTERNO:				200 µm	
REVESTIMENTO EXTERNO					
FILME DE PINTURA	MATERIAIS A SEREM UTILIZADOS	COR	Nº DEMÃOS	ESPESSURA	
				POR DEMÃO	TOTAL
FUNDO	PRIME EPÓXI ÓXIDO DE FERRO DE ALTA ESPESSURA	VERMELHO	1	40 µm	40 µm
INTERMEDIÁRIO	EPÓXI POLIAMIDA DE ALTA ESPESSURA	AZUL	1	60 µm	60 µm
ACABAMENTO	POLIURETANO ALIFÁTICO	BRANCO	2	35 µm	70 µm
ESPESSURA TOTAL DO REVESTIMENTO EXTERNO:				170 µm	
NOTA:					
- PARA OS MATERIAIS UTILIZADOS NO REVESTIMENTO INTERNO DEVERÃO APRESENTADOS CERTIFICADOS DE CONFORMIDADE COM A PORTARIA 2914 DO MINISTÉRIO DA SAÚDE;					

ENG. RENÉ ALEXANDRE GALETTI  
CREA: 506112295

Nº	DATA	REVISÃO	EXECUTADO POR	APROVADO POR	DEÁGUA		DESENHOS DE REFERÊNCIA	NÚMEROS	NOTAS GERAIS	DEÁGUA	DEPARTAMENTO DE ESGOTO E ÁGUA DE GUAÍRA	VISTO E ACEITO	PROJETO E CONSULTORIA:		RESERVATÓRIO METÁLICO TIPO TAÇA COLUNA SECA DE 250 m³ - COLUNA COM 14,40 m -	PROJETO EXECUTIVO DO RESERVATÓRIO	ACESSO III, GUAÍRA, SP	DEAGUA ENGENHARIA	CONTRATO:	
					ACEITO	DATA							PROJETO: ENG. RENÉ ALEXANDRE GALETTI	ABR./2024					REV.: 0	FL.: 04/08
0	25/04/24	EMISSION INICIAL	R. A. G.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ANALISADO:	/ /	CREA: 506112295	ABR./2024	LOCAL:	DEÁGUA - 003-24	ARQ:	ESCALA:
									- VERIFICAR MEDIDAS NA OBRA;				VISTO:	/ /	A.R.T.: 2620240737618	ABR./2024				INDICADA
									- NÃO TOMAR MEDIDAS POR ESCALA.											





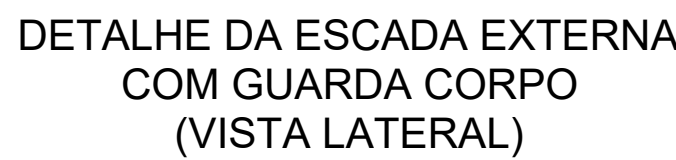
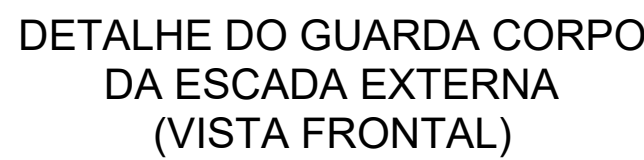
LISTA DE MATERIAIS				
ELEMENTO	MATERIAL	ESPECIFICAÇÃO	PESO UNIT.	PESO TOTAL
C-1	ASTM A-36	1200 X 1200 X # 6,30 mm	50,40 Kg/m²	72,60 Kg
C-2	ASTM A-36	φ 700 X # 6,30 mm	50,40 Kg/m²	19,40 Kg
C-3	ASTM A-36	φ 700 X 50 X # 6,30 mm	50,40 Kg/m²	5,15 Kg
C-4	ASTM A-36	150 X 1900 X # 6,30 mm	50,40 Kg/m²	14,36 Kg
C-5	ASTM A-36	400 X φ 12,50 mm	0,96 Kg/m	0,77 Kg
PESO POR ESCOTILHA DE COSTADO (PRESSURIZADA)			112,28 Kg	

DETALHE DA ESCOTILHA DE COSTADO - (PRESSURIZADA)  
ESCALA 1:10

ENG. RENÉ ALEXANDRE GALETTI  
CREA: 506112295

Nº	DATA	REVISÃO	EXECUTADO POR	APROVADO POR	DEÁGUA		DESENHOS DE REFERÊNCIA	NÚMEROS	NOTAS GERAIS	DEÁGUA DEPARTAMENTO DE ESGOTO E ÁGUA DE GUAÍRA VISTO E ACEITO	PROJETO E CONSULTORIA: galetti ENGENHARIA	RESERVATÓRIO METÁLICO TIPO TAÇA COLUNA SECA DE 250 m³ - COLUNA COM 14,40 m - PROJETO EXECUTIVO DO RESERVATÓRIO	LOCAL: ACESSO III, GUAÍRA, SP	CONTRATO: 296/2024 REV.: 0 FL.: 05/08 ARQ: DEÁGUA - 003-24 ESCALA: INDICADA
					ACEITO	DATA								
0	25/04/24	EMISSIONAL INICIAL	R. A. G.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
									- DIMENSÕES EM MILÍMETRO (mm);	ANALISADO: / /	PROJETO: ENG. RENÉ ALEXANDRE GALETTI	ABR./2024		
									- COTAS EM METRO (m), QUANDO INDICADAS;	ACEITO: / /	CREA: 506112295			
									- VERIFICAR MEDIDAS NA OBRA;	VISTO: / /	A.R.T.: 2620240737618	ABR./2024		
									- NÃO TOMAR MEDIDAS POR ESCALA.					





ITENS ATENDIDOS PELO ANEXO III DA NORMA NR-12	
ITEM	DESCRIÇÃO
a	ITEM 13, ALÍNEA e, DA NR-12
b	ITEM 13, ALÍNEA j, DA NR-12
c	ITEM 13.1. DA NR-12
d	ITEM 13.1, ALÍNEA a, DA NR-12
e	ITEM 13, ALÍNEA h, DA NR-12
f	ITEM 13.1, ALÍNEA a, DA NR-12
g	SEM REFERÊNCIA NA NR-12

<b>LISTA DE MATERIAIS</b>				
<b>ELEMENTO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO</b>	<b>PESO UNIT.</b>	<b>PESO TOTAL / m</b>
E-1	SAE 1008	TUBO 1"	1,88 Kg/m	3,00 Kg/m
E-2	SAE 1008	B. CHATA 1.1/4" X 3/16"	1,22 Kg/m	2,44 Kg/m
E-3	SAE 1008	B. CHATA 1.1/4" X 3/16"	1,22 Kg/m	0,37 Kg/m
<b>PESO / m - ESCADA EXTERNA</b>			<b>5,81 Kg/m</b>	
G-1	SAE 1008	B. CHATA 7/8" X 3/16"	0,84 Kg/m	5,04 Kg/m
G-2	SAE 1008	B. CHATA 1.1/4" X 3/16"	1,22 Kg/m	2,10 Kg/m
<b>PESO / m - GUARDA CORPO DA ESCADA</b>			<b>7,14 Kg/m</b>	
<b>PESO TOTAL / m DAS ESCADAS E GUARDA CORPOS EXTERNOS</b>			<b>12,95 Kg/m</b>	

DETALHE DA ESCADA EXTERNA COM GUARDA



<b>LISTA DE MATERIAIS</b>				
<b>ELEMENTO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO</b>	<b>PESO UNIT.</b>	<b>PESO TOTAL / m</b>
B-1	SAE 1008	TUBO 1,1/4"	2,12 Kg/m	2,34 Kg/m
B-2	SAE 1008	TUBO 1"	1,88 Kg/m	5,64 Kg/m
B-3	SAE 1008	# 200 X 3,00 mm	4,80 Kg/m	4,80 Kg/m
PESO TOTAL / m DO GUARDA CORPO DE TETO			<b>12,78 Kg/m</b>	

ITENS ATENDIDOS PELO ANEXO III DA NORMA NR-12	
ITEM	DESCRIÇÃO
a	ITEM 13, ALÍNEA d, DA NR-12
b	ITEM 13, ALÍNEA i, DA NR-12
c	ITEM 13, ALÍNEA a, DA NR-12
d	SEM REFERÊNCIA NA NR-12



ITENS ATENDIDOS PELO ANEXO III DA NORMA NR-12	
ITEM	DESCRIÇÃO
a	ITEM 13, ALÍNEA e, DA NR-12
b	ITEM 13, ALÍNEA j, DA NR-12
c	ITEM 13, ALÍNEA h, DA NR-12
d	SEM REFERÊNCIA NA NR-12



<b>LISTA DE MATERIAIS</b>				
<b>ELEMENTO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO</b>	<b>PESO UNIT.</b>	<b>PESO TOTAL / m</b>
I-1	SAE 1008	TUBO 1"	1,88 Kg/m	3,00 Kg/m
I-2	SAE 1008	B. CHATA 1.1/4" X 3/16"	1,22 Kg/m	2,44 Kg/m
I-3	SAE 1008	B. CHATA 1.1/4" X 3/16"	1,22 Kg/m	0,37 Kg/m
<b>PESO / m - ESCADA INTERNA</b>				<b>5,81 Kg/m</b>

DETALHE DA ESCADA INTERNA  
ESCALA 1:20

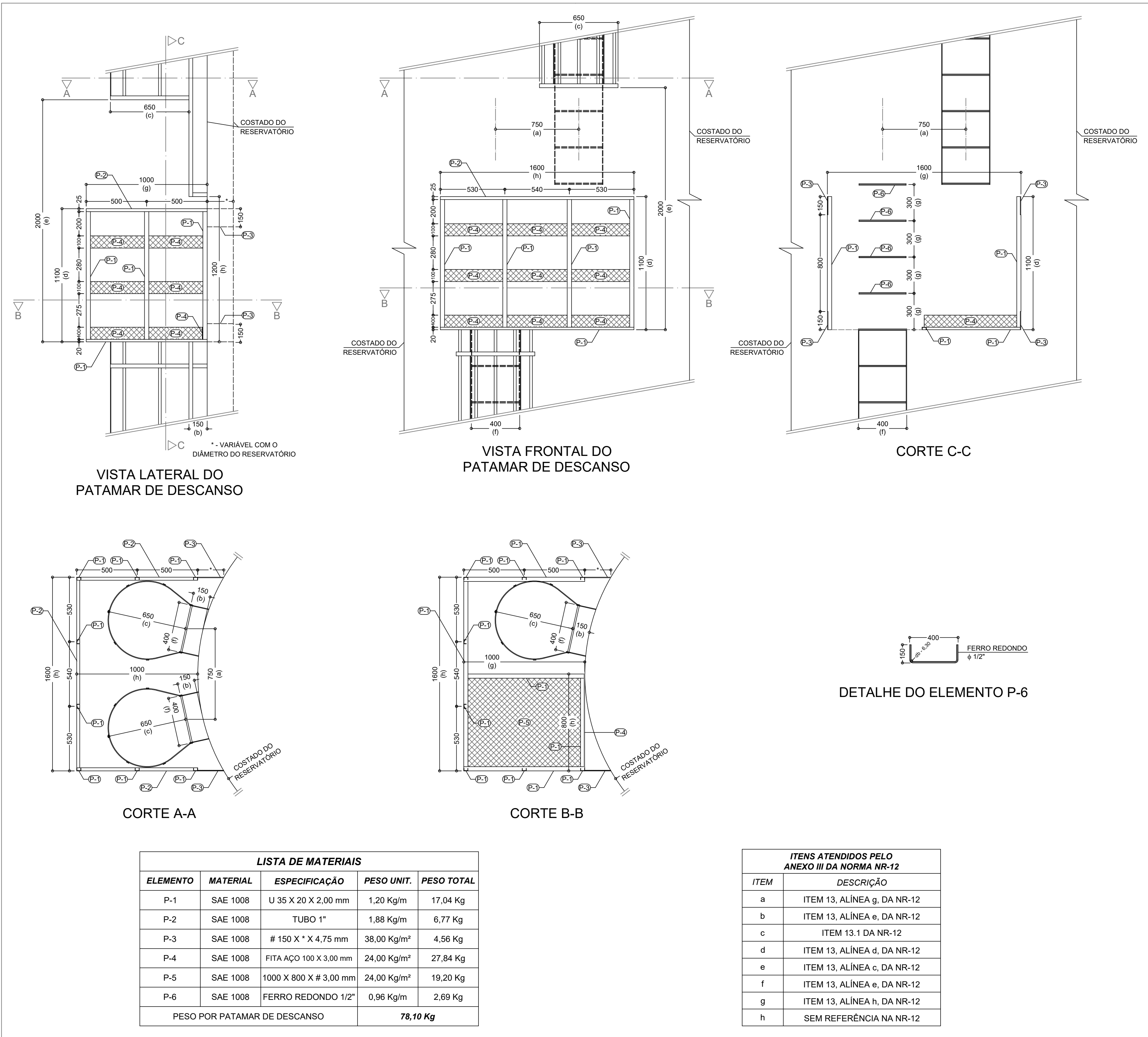


LISTA DE MATERIAIS				
ELEMENTO	MATERIAL	ESPECIFICAÇÃO	PESO UNIT.	PESO TOTAL
T-1	ASTM A-36	φ 630 X # 2,00 mm	5,00 Kg	5,00 Kg
T-2	ASTM A-36	100 X 1900 X # 2,00 mm	3,04 Kg	3,00 Kg
T-3	ASTM A-36	30 X 1900 X # 2,00 mm	1,00 Kg	1,00 Kg
T-4	ASTM A-36	30 X 45 X # 2,00 mm	0,10 Kg	0,10 Kg
T-5	ASTM A-36	40 X 110 X # 2,00 mm	0,20 Kg	0,20 Kg
PESO DA ESCOTILHA DE TETO			9,30 Kg	

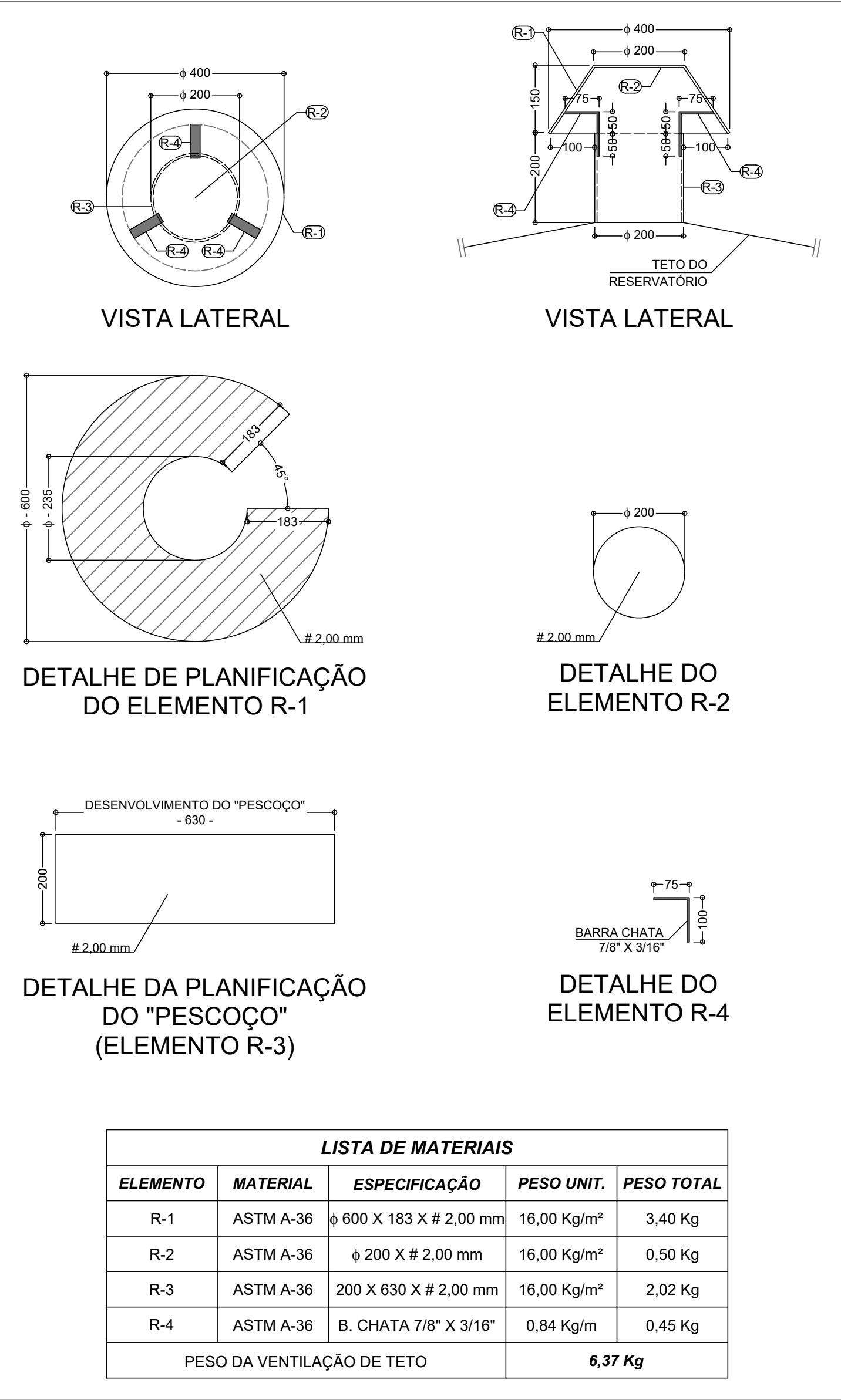
DETALHE DA ESCOTILHA DE TETO

Nº	DATA	REVISÃO	EXECUTADO POR	APROVADO POR	DEÁGUA		DESENHOS DE REFERÊNCIA	NÚMEROS	NOTAS GERAIS	DEÁGUA DEPARTAMENTO DE ESGOTO E ÁGUA DE GUAIÁRA  VISTO E ACEITO	PROJETO E CONSULTORIA:  	RESERVATÓRIO METÁLICO TIPO TAÇA COLUMNA SECA DE 250 m³ - COLUMNA COM 14,40 m -  PROJETO EXECUTIVO DO RESERVATÓRIO		CONTRATO:
					ACEITO	DATA								296/2024
0	25/04/24	EMISSÃO INICIAL	R. A. G.	-	-	-	-	-	-	-	REV.: 0	FL.: 06/08	ARQ: DEÁGUA - 003-24	ESCALA: INDICADA
									- DIMENSÕES EM MILÍMETRO (mm);		PROJETO: ENG. RENÉ ALEXANDRE GALETTI	ABR./2024		
									- COTAS EM METRO (m), QUANDO INDICADAS;		CREA: 5061122995			
									- VERIFICAR MEDIDAS NA OBRA;		A.R.T.: 2620240737618	ABR./2024		
									- NÃO TOMAR MEDIDAS POR ESCALA.					





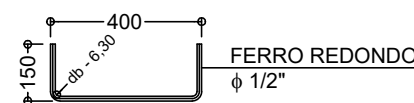
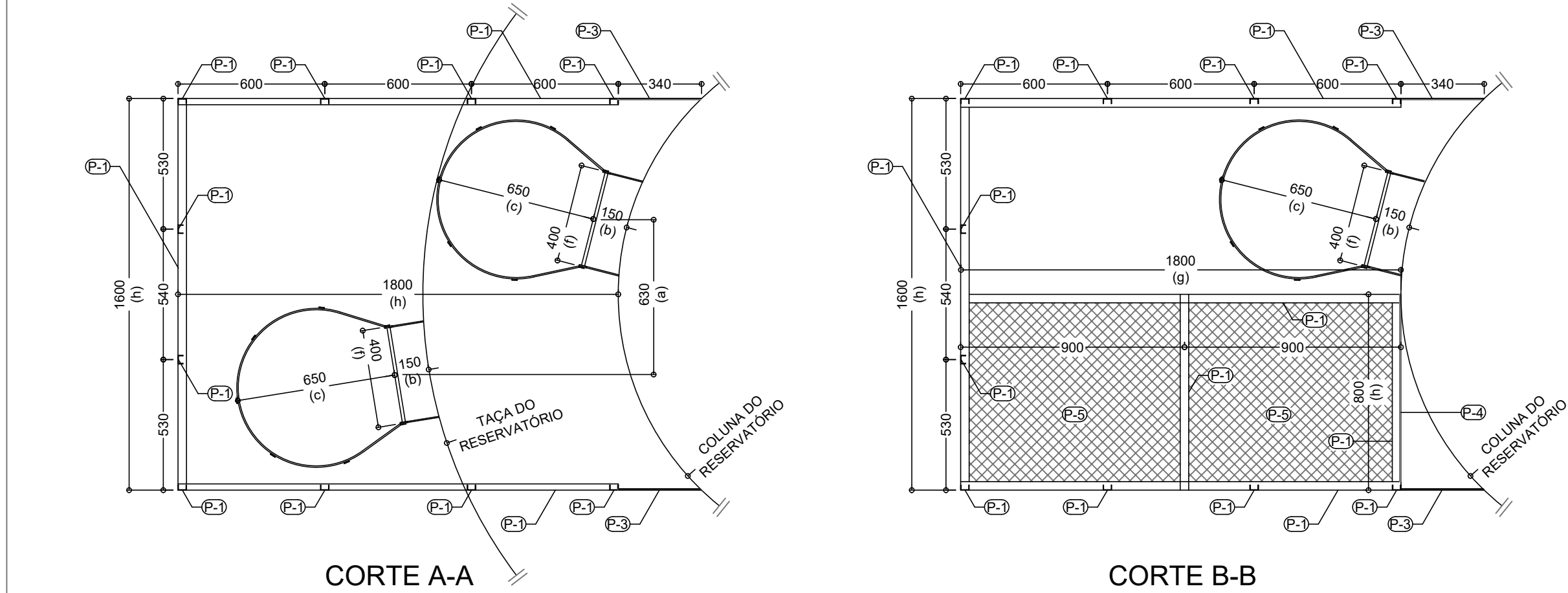
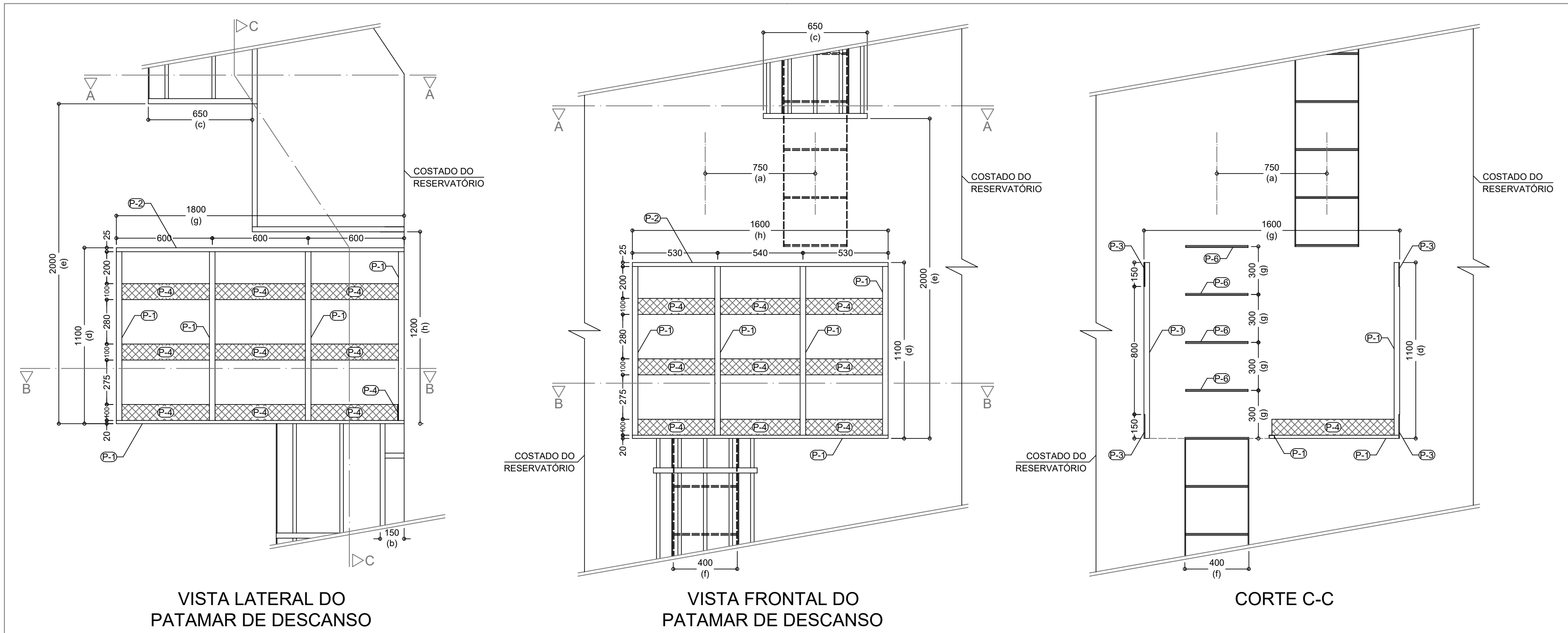
DETALHE DETALHE DO PATAMAR DE DESCANSO TIPO 1  
ESCALA 1:20



DETALHE DA VENTILAÇÃO DE TETO  
ESCALA 1:10

Nº	DATA	REVISÃO	EXECUTADO POR	APROVADO POR	DEÁGUA		DESENHOS DE REFERÊNCIA	NÚMEROS	NOTAS GERAIS	DEÁGUA DEPARTAMENTO DE ESGOTO E ÁGUA DE GUAIÁRA VISTO E ACEITO	PROJETO E CONSULTORIA:		RESERVATÓRIO METÁLICO TIPO TAÇA COLUNA SECA DE 250 m³ - COLUNA COM 14,40 m -	LOCAL: ACESSO III, GUAÍRA, SP	ARQ. DEÁGUA - 003-24 ESCALA: INDICADA	CONTRATO: 296/2024 REV.: 0 FL.: 07/08
					ACEITO	DATA					PROJETO: ENG. RENÉ ALEXANDRE GALETTI	ABR./2024				
0	25/04/24	EMISSION INICIAL	R. A. G.	-	-	-	-	-	-	-	5061122995	2620240737618	ABR./2024			
									- DIMENSÕES EM MILÍMETRO (mm);							
									- COTAS EM METRO (m), QUANDO INDICADAS;							
									- VERIFICAR MEDIDAS NA OBRA;							
									- NÃO TOMAR MEDIDAS POR ESCALA.							

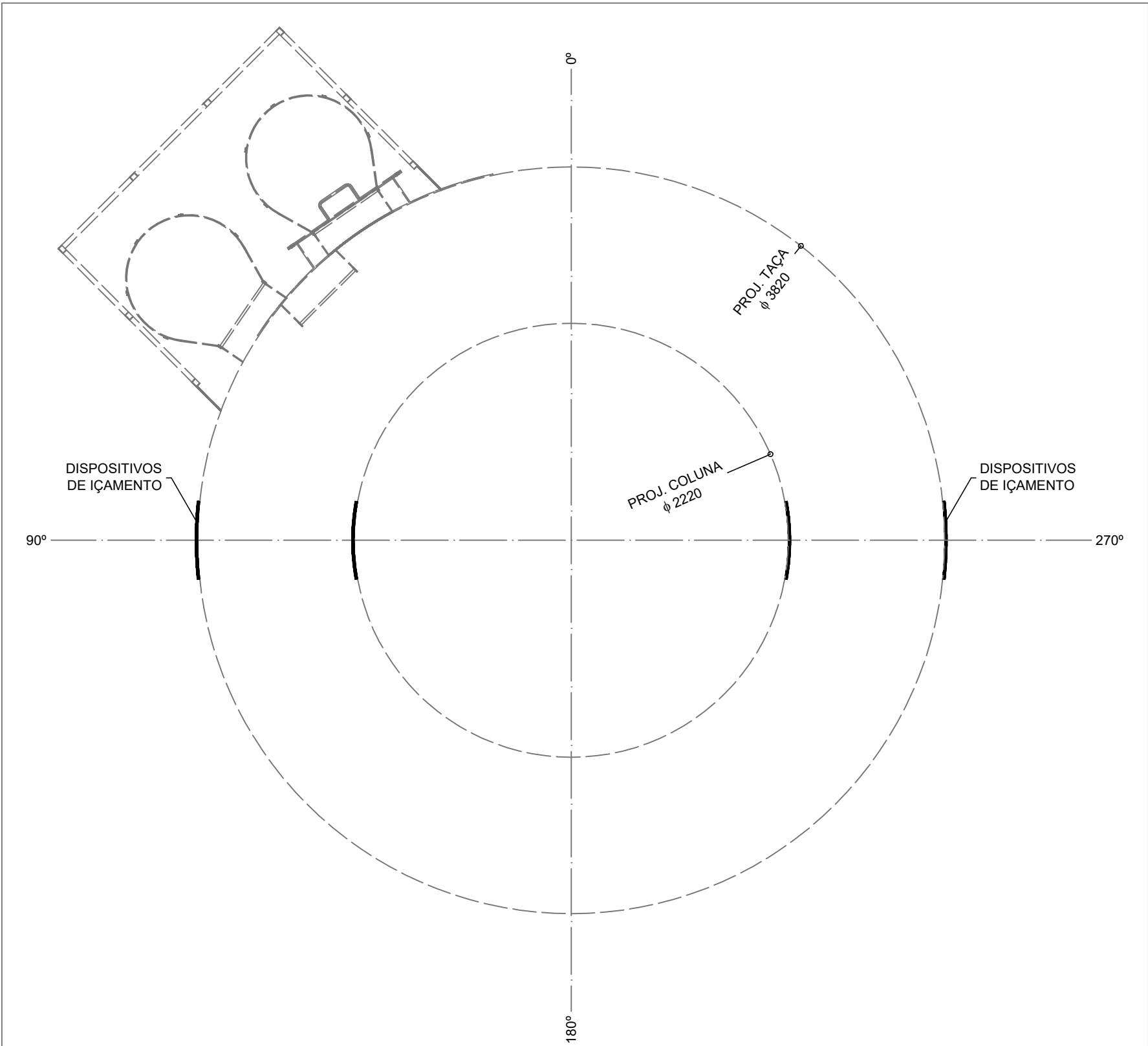




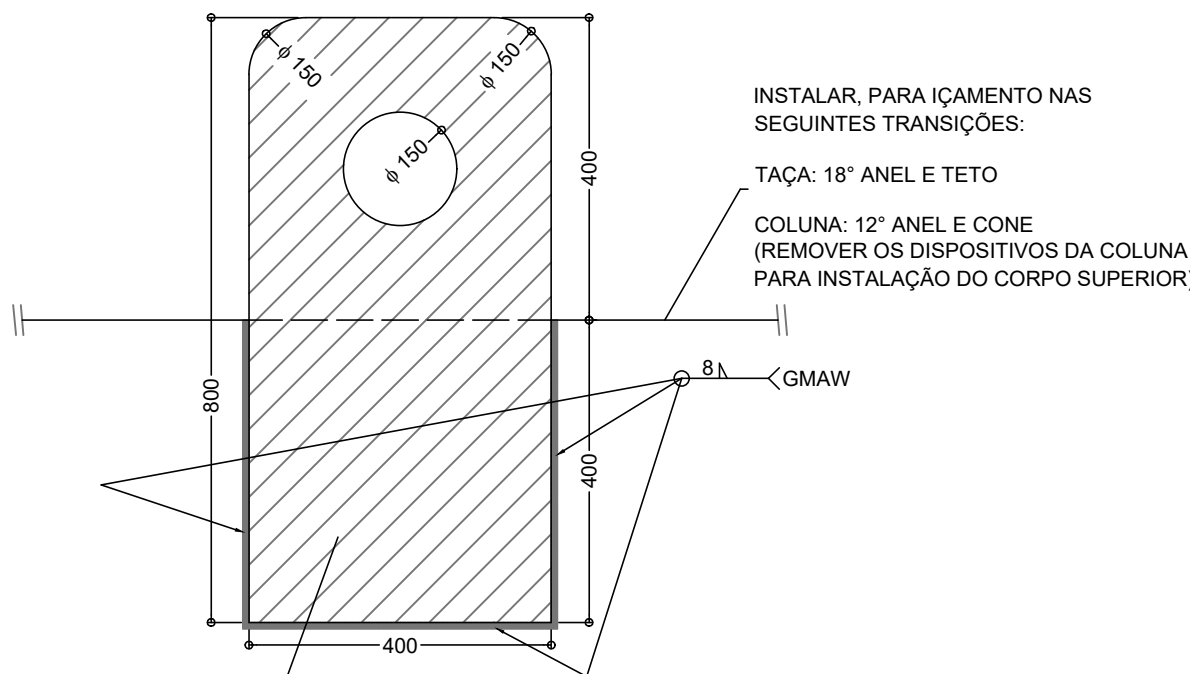
LISTA DE MATERIAIS				
ELEMENTO	MATERIAL	ESPECIFICAÇÃO	PESO UNIT.	PESO TOTAL
P-1	SAE 1008	U 35 X 20 X 3,00 mm	1,80 Kg/m	30,24 Kg
P-2	SAE 1008	TUBO 1"	1,88 Kg/m	9,77 Kg
P-3	SAE 1008	# 150 X 340 X 4,75 mm	38,00 Kg/m²	7,80 Kg
P-4	SAE 1008	FITA AÇO 100 X 3,00 mm	24,00 Kg/m²	39,37 Kg
P-5	SAE 1008	1800 X 800 X # 3,00 mm	24,00 Kg/m²	34,60 Kg
P-6	SAE 1008	FERRO REDONDO 1/2"	0,96 Kg/m	2,69 Kg
PESO POR PATAMAR DE DESCANSO			124,47 Kg	

ITENS ATENDIDOS PELO ANEXO III DA NORMA NR-12	
ITEM	DESCRIÇÃO
a	ITEM 13, ALÍNEA g, DA NR-12
b	ITEM 13, ALÍNEA e, DA NR-12
c	ITEM 13.1 DA NR-12
d	ITEM 13, ALÍNEA d, DA NR-12
e	ITEM 13, ALÍNEA c, DA NR-12
f	ITEM 13, ALÍNEA e, DA NR-12
g	ITEM 13, ALÍNEA h, DA NR-12
h	SEM REFERÊNCIA NA NR-12

DETALHE DETALHE DO PATAMAR DE DESCANSO TIPO 2  
ESCALA 1:20



LOCAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE IÇAMENTO  
ESCALA 1:25



DISPOSITIVOS DE IÇAMENTO (4 VEZES)  
ESCALA 1:10

DISPOSITIVOS DE IÇAMENTO (LEVANTE)  
(4 VEZES)  
ESCALA INDICADA

ENG. RENÉ ALEXANDRE GALETTI  
CREA: 506112295

Nº	DATA	REVISÃO	EXECUTADO POR	APROVADO POR	DEÁGUA		DESENHOS DE REFERÊNCIA	NÚMEROS	NOTAS GERAIS	DEÁGUA DEPARTAMENTO DE ESGOTO E ÁGUA DE GUAÍRA VISTO E ACEITO	PROJETO E CONSULTORIA: galetti engenharia	RESERVATÓRIO METÁLICO TIPO TAÇA COLUNA SECA DE 250 m³ - COLUNA COM 14,40 m - PROJETO EXECUTIVO DO RESERVATÓRIO	LOCAL: ACESSO III, GUAÍRA, SP	CONTRATO: 296/2024 REV.: 0 FL.: 08/08 ARQ.: DEÁGUA - 003-24 ESCALA: INDICADA
					ACEITO	DATA								
0	25/04/24	EMIÇÃO INICIAL	R. A. G.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
									- DIMENSÕES EM MILÍMETRO (mm);	ANALISADO: / /	PROJETO: ENG. RENÉ ALEXANDRE GALETTI	ABR./2024		
									- COTAS EM METRO (m), QUANDO INDICADAS;	ACEITO: / /	CREA: 506112295	ABR./2024		
									- VERIFIAR MEDIDAS NA OBRA;	VISTO: / /	A.R.T.: 2620240737618	ABR./2024		
									- NÃO TOMAR MEDIDAS POR ESCALA.					





# ***Memorial Descritivo (Fabricação e Instalação Do Reservatório)***

***Obra:*** Construção de Reservatório Metálico Tipo Taça Coluna Seca

***Cliente:*** DEÁGUA – Departamento e Esgoto e Água de Guairá

***Município:*** Guairá, SP

**Rev.: 0**

***Eng. Renê Alexandre Galetti***

***Membro Titular do Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias – IBAPE/SP  
Especialista em Engenharia Geotécnica, Estrutural e de Avaliações e Perícias***

***CREA: 5061122995***

***ART: 2620240737618***



Olimpia, 27 de março de 2024

## 1- OBJETIVO

Este relatório tem por objetivo apresentar o memorial descritivo para construção de reservatório metálico de 250 m<sup>3</sup>, tipo taça coluna seca, com dimensões e características conforme tabela abaixo, localizado no Acesso III da Rodovia Assis Chateaubriand, Município de Guaíra.

<b><i>Dimensões do Reservatório</i></b>	
<b>Diâmetro da Coluna</b>	<b>2,22 m</b>
<b>Altura da Coluna</b>	<b>14,40 m</b>
<b>Altura do Cone</b>	<b>1,20 m</b>
<b>Diâmetro da Taça</b>	<b>3,82 m</b>
<b>Altura da Taça</b>	<b>21,60 m</b>
<b>Classe do Aço</b>	<b>ASTM A-36</b>
<b>Sobreespessura de Corrosão nas “Áreas Molhadas” (Costado da Taça, Fundo da Taça, Teto e Cone)</b>	<b>1,00 mm</b>
<b>Sobreespessura de Corrosão nas “Áreas Atmosféricas” (Coluna)</b>	<b>0,00 mm</b>
<b>Eficiência da Junta Soldada</b>	<b>70%</b>

**Tabela 1 – Características do Reservatório**



## **2- ASSENTAMENTO SOBRE A FUNDAÇÃO**

O reservatório deverá ser assente à fundação em concreto armado, constituída de blocos sobre estacas, descrita em memorial próprio.

A fundação é composta por 20 (vinte) nichos de concretagem com barras de ancoragem CA-50, diâmetro de 25 mm, que, após a instalação do reservatório e consequente aparafusamento dos chumbadores tipo “J” (diâmetro de 32 mm, SAE 1045), deverão ser grauteadas, conforme projeto.

## **3- PRÉ-FABRICAÇÃO DO RESERVATÓRIO**

Tendo em vista as características do reservatório todo procedimento, exceto emenda da junta de transporte, deverá ser executado em ambiente fabril.

Os acessórios (escadas, guarda corpos e patamares de descanso), a critério do contratado, poderão ser fornecidos separadamente com procedimento de soldagem com o reservatório já instalado na obra.

Caso este procedimento seja adotado toda região de solda de campo deverá ser preparado e retocado em campo, conforme procedimento de soldagem.

Poderão, por fim, ser instalados *inserts* no reservatório, para que o conjunto escada guarda-corpos, guarda-corpo de teto e patamares sejam parafusados no corpo do reservatório, nunca com conjunto parafuso-porca-arruela inferiores a 12,50 mm.

Todas as chapas deverão ser refiladas (esquadrejadas e cortadas conforme as curvaturas) de modo a constituírem as medidas apresentadas no projeto.

**Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 003/24**

Para a preparação a superfície (que será descrita em item específico) deverá ser realizado aplicação de fita adesiva de proteção, com largura de 5,00 cm, em cada face, para a correta execução dos ensaios não destrutivos de solda.

As fitas adesivas somente serão retiradas após a aplicação do revestimento primer.

Todo material que comporá a estrutura do reservatório deverá ser do tipo ASTM A-366, sendo aceitas marcas comerciais conforme siderúrgica específica, e todo material para a execução dos acessórios (escadas, guarda corpos e patamares) poderá ser do tipo SAE 1008, ou superior.

A estrutura do reservatório será composta pelos seguintes elementos:

<b>Elemento</b>	<b>Espessura do Material</b>	<b>Elemento</b>	<b>Espessura do Material</b>	<b>Elemento</b>	<b>Espessura do Material</b>
Fundo do Reservatório	# 12,50 mm	11º Anel	8,00 mm	8º Anel	3,75 mm
<b>Coluna</b>		12º Anel	10,00 mm	9º Anel	3,35 mm
1º Anel	12,50 mm	Fundo da Taça	8,00 mm	10º Anel	3,35 mm
2º Anel	12,50 mm	Cone	10,00 mm	11º Anel	3,00 mm
3º Anel	12,50 mm	<b>Taça</b>		12º Anel	3,00 mm
4º Anel	10,00 mm	1º Anel	6,30 mm	13º Anel	3,00 mm
5º Anel	10,00 mm	2º Anel	6,30 mm	14º Anel	2,65 mm
6º Anel	10,00 mm	3º Anel	4,75 mm	15º Anel	2,65 mm
7º Anel	10,00 mm	4º Anel	4,75 mm	16º Anel	2,65 mm
8º Anel	10,00 mm	5º Anel	4,25 mm	17º Anel	2,65 mm
9º Anel	8,00 mm	6º Anel	4,25 mm	18º Anel	3,35 mm
10º Anel	8,00 mm	7º Anel	3,75 mm	Teto	2,65 mm

**Tabela 2 – Materiais constituintes do reservatório**



#### **4- PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM**

Toda a solda do reservatório, exceto aquelas correspondentes à emenda para transporte, será do tipo semiautomática, tipo MIG (procedimento GMAW) conforme norma AWS 5.1 e AWS 5.18, utilizando arames cobreados com diâmetro de 1,00 mm e camada protetora de gás constituída por 75% de argônio e 25% de CO<sub>2</sub>.

A solda destinada a emenda para transporte do tipo elétrica (procedimento SMAW) conforme norma AWS 5.1 e AWS 5.18, utilizando eletrodos do tipo E 7018, diâmetro máximo de 3,35 mm. Dado a posição geométrica (transição coluna-cone) a solda de emenda deverá ser executada superfície interna e externa do reservatório, com um filete de raiz e um filete de acabamento em cada face.

Nos elementos cujas chapas possuem espessura de 12,50 mm, 10,00 mm, 8,00 mm e 6,30 mm deverá ser executado solda de raiz e acabamento, nos demais filete único.

O reservatório deverá ser soldado nas duas faces (interna e externa).

Antes da realização da pintura, todo filete soldado deverá ser preparado com aplicação de escova rotativa com cerdas de inox.

#### **5- INSTALAÇÃO DOS ACESSÓRIOS**

Após o término da soldagem deverá ser realizada a instalação dos acessórios (escadas, guarda-corpos e patamares), bem como os bocais e olhais constantes do projeto.

Todos os acessórios deverão ser instalados nas posições conforme dispõe do projeto do reservatório.

## **6- PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE**

### **6.1- PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE INTERNA**

A superfície interna deverá ser preparada com aplicação de jateamento abrasivo Sa 3 – Metal branco, em conformidade com a norma SIS-05 5900/1967 – “*Pictorial surface preparation standards for painting steel*”.

Deverá ser apresentado ao DEÁGUA o relatório de rugosidade do jateamento para a comprovação do perfil mínimo do jateamento Sa 3.

Conforme descrito no item 3 deverá ser realizado aplicação de fita adesiva de proteção, com largura de 5,00 cm, em cada face, para a correta execução dos ensaios não destrutivos de solda, logo, as bordas das chapas não receberão o jateamento.

A preparação da superfície das bordas será executada pela aplicação das escovas rotativas, conforme item 4.

### **6.2- PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE EXTERNA**

A superfície externa deverá ser preparada com aplicação de jateamento abrasivo Sa 2.1/2 – Metal quase branco, ou superior, em conformidade com a norma SIS-05 5900/1967 – “*Pictorial surface preparation standards for painting steel*”.

Deverá ser apresentado ao DEÁGUA o relatório de rugosidade do jateamento para a comprovação do perfil mínimo do jateamento Sa 2.1/2, ou superior.



Conforme descrito no item 3 deverá ser realizado aplicação de fita adesiva de proteção, com largura de 5,00 cm, em cada face, para a correta execução dos ensaios não destrutivos de solda, logo, as bordas das chapas não receberão o jateamento.

A preparação da superfície das bordas será executada pela aplicação das escovas rotativas, conforme item 4.

## **7- REVESTIMENTO**

### **7.1- REVESTIMENTO DA SUPERFÍCIE INTERNA**

O revestimento da superfície interna será executado através da aplicação de primer-epóxi óxido de ferro de alta espessura na cor vermelha, com 40  $\mu\text{m}$ , nos procedimentos de fábrica.

Após o término da soldagem, com consequente realização dos ensaios não destrutivos, deverá ser aplicado através de trincha o mesmo primer-epóxi nas juntas soldadas que foram protegidos pela fita adesiva.

Em um intervalo de 48 horas após a aplicação do primer-epóxi, nas juntas soldadas, deverá ser realizado lixamento da superfície do revestimento com a finalidade da retirada do brilho da tinta, após o lixamento a superfície deverá ser lavada para a eliminação dos resíduos da lixa.

O acabamento será executado com aplicação de duas demãos de 80  $\mu\text{m}$  de epóxi poliamida de alta espessura, na cor azul ou branco, com intervalo de demãos de no mínimo 24 horas.

O revestimento interno deverá ter uma espessura total seca de 200  $\mu\text{m}$ .

Deverá ser entregue ao DEÁGUA laudo emitido por laboratório especializado (Falcão Bauer, Adolpho Lutz, etc), em conformidade com a portaria 2914 do Ministério da Saúde que comprove a atoxidade do revestimento e sua adequação para o consumo humano.

## **7.2- REVESTIMENTO DA SUPERFÍCIE EXTERNA**

O revestimento da superfície externa será executado através da aplicação de primer-epóxi óxido de ferro de alta espessura na cor vermelha, com 40  $\mu\text{m}$ , nos procedimentos de fábrica.

Após o término da soldagem, com consequente realização dos ensaios não destrutivos, deverá ser aplicado através de trincha o mesmo primer-epóxi nas juntas soldadas que foram protegidos pela fita adesiva.

Em um intervalo de 48 horas após a aplicação do primer-epóxi, nas juntas soldadas, deverá ser realizado lixamento da superfície do revestimento com a finalidade da retirada do brilho da tinta, após o lixamento a superfície deverá ser lavada para a eliminação dos resíduos da lixa.

O acabamento será executado com aplicação de uma demão de 60  $\mu\text{m}$  de epóxi poliamida de alta espessura, na cor azul ou branco.

Em um intervalo de 24 horas após a aplicação do epóxi poliamida deverá ser aplicado duas demãos de 35  $\mu\text{m}$  de poliuretano alifático na cor branca.

O revestimento interno deverá ter uma espessura total seca de 170  $\mu\text{m}$ .



## **8- INSTALAÇÃO EM CAMPO**

O reservatório deverá ser produzido e transportado à obra em duas partes conforme projeto.

O transporte e içamento até a obra é de responsabilidade do contratado, inclusive as obtenções de licenças para transporte e contratação do(s) equipamento(s) para içamento e instalação (guindaste).

Deverão ser observados os procedimentos de emenda de campo conforme projeto, e, os retoques na pintura deverão ser executados, após a devida preparação da superfície soldada, de modo que o revestimento externo do reservatório tenha aparência uniforme.

## **9- ENSAIOS E TESTES**

Para a garantia da qualidade do reservatório deverão ser executado os seguintes ensaio não destrutivo (END):

### **- Solda:**

Ensaio Visual Dimensional (EVS) em 100% dos filetes soldados;

Líquido Penetrante (LP) em 20% dos cruzamentos de chapas e em 100% das juntas de conexões.

**- Pintura:**

Ensaio de aderência após a aplicação do primer epóxi, método “A”, corte “X” em 5% das chapas que compõe o reservatório;

Controle da espessura da camada seca em 100% da superfície.

## **10- RECEBIMENTO DO RESERVATÓRIO**

Para o recebimento do reservatório o proponente deverá encaminhar ao DEÁGUA a Anotação de Responsabilidade Técnica dos serviços de fabricação e instalação do reservatório.

O reservatório será considerado entregue após o DEÁGUA realizar o teste de estanqueidade do reservatório e não ser verificado nenhum tipo de vazamento das juntas soldadas.

O proponente se responsabilizará pela garantia dos serviços prestados por um período de 2 (dois) anos para a pintura e de 5 (cinco) anos para a estrutura em conformidade com os dispostos da NBR 15.575.

É o relatório,

**Eng. Renê Alexandre Galetti**  
Membro Titular do Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias – IBAPE/SP  
Especialista em Engenharia Geotécnica, Estrutural e de Avaliações e Perícias  
CREA: 5061122995  
ART: 2620240737618



# ***Memória de Cálculo Para Elaboração de Projeto de Reservatório***

***Obra:*** Construção de Reservatório Metálico Tipo Taça Coluna Seca

***Cliente:*** DEÁGUA – Departamento e Esgoto e Água de Guaíra

***Município:*** Guaíra, SP

**Rev.: 0**

***Eng. Renê Alexandre Galetti***

***Membro Titular do Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias – IBAPE/SP  
Especialista em Engenharia Geotécnica, Estrutural e de Avaliações e Perícias***

***CREA: 5061122995***

***ART: 2620240737618***



Olímpia, 25 de abril de 2023

## **1- INTRODUÇÃO**

O presente relatório tem por finalidade estabelecer a memória de cálculo para elaboração de projeto estrutural para reservatório metálico tipo taça coluna seca de 250 m<sup>3</sup>, coluna com 14,40 m, localizado no Acesso III da Rodovia Assis Chateaubriand, Município de Guaíra.

## **2- CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DO RESERVATÓRIO**

Conforme as necessidades do DEÁGUA, será serão seguidos os dispostos, para a elaboração do projeto conforme tabela abaixo:

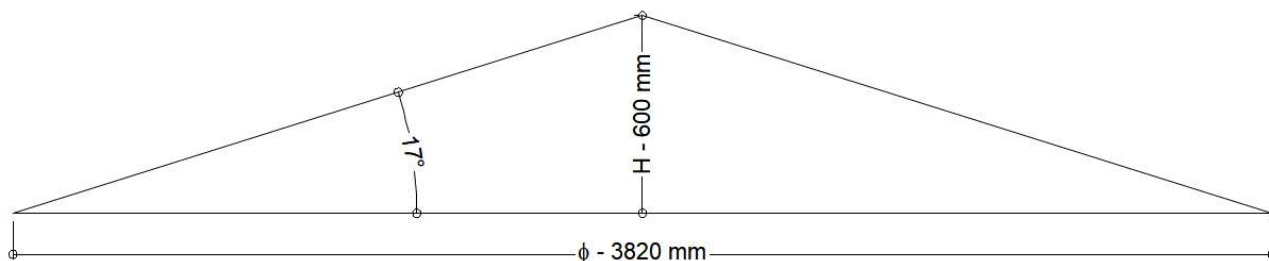
Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 003/24

<b>Dimensões do Reservatório</b>	
<b>Diâmetro da Coluna</b>	<b>2,22 m</b>
<b>Altura da Coluna</b>	<b>14,40 m</b>
<b>Altura do Cone</b>	<b>1,20 m</b>
<b>Diâmetro da Taça</b>	<b>3,82 m</b>
<b>Altura da Taça</b>	<b>21,60 m</b>
<b>Classe do Aço</b>	<b>ASTM A-36</b>
<b>Sobreespessura de Corrosão nas “Áreas Molhadas” (Costado da Taça, Fundo da Taça, Teto e Cone)</b>	<b>1,00 mm</b>
<b>Sobreespessura de Corrosão nas “Áreas Atmosféricas” (Coluna)</b>	<b>0,00 mm</b>
<b>Eficiência da Junta Soldada</b>	<b>70%</b>

**Tabela 1 – Características do Reservatório**

### **3- TETO DO RESERVATÓRIO**

Será proposta a seguinte geometria para as considerações iniciais sobre o teto do reservatório:

**Figura 1 – Detalhe do Teto do Reservatório**

O teto será verificado conforme a teoria de tetos cônicos auto autoportantes, prescritos na norma API 650, seção 5.10.5. A espessura da chapa do teto dada pela expressão:

$$e_{\text{teto}} \text{ calculado} = [(2 \cdot 1000 \cdot D) / (\text{sen}\theta)] \cdot [CT / (1000 \cdot E)]^{1/2}, \text{ sendo:}$$

$e_{\text{teto}}$  → Espessura da chapa do teto [mm];

$D$  → Diâmetro do reservatório [m];

$\theta$  → Ângulo de inclinação do teto;

$E$  → Módulo de elasticidade do aço (210000 MPa);

$CT$  → Carga total que age sobre o teto [KPa] (0,60 KPa conforme item 6.5.5 da norma NBR 7821/83).



$$e_{\text{teto calculado}} = [(2 \cdot 1000 \cdot 3,82) / (\text{sen}17)] \cdot [0,60 / (1000 \cdot 210000)]^{1/2} \rightarrow$$

$$\rightarrow e_{\text{teto calculado}} = 26131 \cdot 5,35 \cdot 10^{-5} \rightarrow$$

$$\rightarrow e_{\text{teto calculado}} = 1,40 \text{ mm}$$

Levando em conta a sobreespessura de corrosão indicada na tabela 1 temos a seguinte espessura final do teto:

$$e_{\text{teto}} = e_{\text{teto calculado}} + C \rightarrow$$

$$\rightarrow e_{\text{teto}} = 1,40 + 1,00 \rightarrow$$

$$\rightarrow e_{\text{teto}} = 2,40 \text{ mm}$$

**Portanto será adotado, no teto, material com espessura comercial de 2,65 mm.**

Também é necessário calcular a área da junção costado-teto, calculado pela expressão, conforme o item 5.10.5.2 do API 650:

$$A_r = (CT \cdot D^2) / (8 \cdot 0,60 \cdot F_y \cdot \text{tg}\theta), \text{ sendo:}$$

$A_r \rightarrow$  Área da junção necessária [cm<sup>2</sup>];

$D \rightarrow$  Diâmetro do reservatório [m];

$\theta \rightarrow$  Ângulo de inclinação do teto;

**Fy → Tensão de escoamento do aço A-36 (250000 KPa);**

**CT → Carga total que age sobre o teto [KPa] (0,60 KPa conforme item 6.5.5 da norma NBR 7821/83).**

$$A_r = (0,60 \cdot 3,82^2) / (8 \cdot 0,60 \cdot 250000 \cdot \text{tg}17) \rightarrow$$

$$\rightarrow A_r = 8,76 / 366877 \rightarrow$$

$$\rightarrow A_r = 2,38 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 = 23,80 \text{ mm}^2$$

O item 6.5.5 da NBR 7821/83 permite a consideração, para fins de cálculo da área disponível da junção costado-teto, uma área de seção transversal de 16 vezes a espessura dos elementos de contato (teto e costado).

Será adotado para o último anel da taça material com espessura de 3,35 mm (mesmo não possuindo pressões consideráveis é razoável uma chapa de espessura maior por conta dos procedimentos de fabricação), para a soma da área de junção subtraindo a sobreespessura de corrosão (1,00 mm) temos espessura útil de 2,25 mm, logo temos a seguinte área disponível:

$$A_d = [(16 \cdot 1,40) \cdot 1,40] + [(16 \cdot 2,25) \cdot 2,25] \rightarrow$$

$$\rightarrow A_d = 112,36 \text{ mm}^2$$

**Logo temos  $A_r < A_d$  ( $23,80 < 112,36$ ), portanto o tem-se verificado as especificações normativas para o teto do reservatório, utilizando material do teto em**

Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 003/24

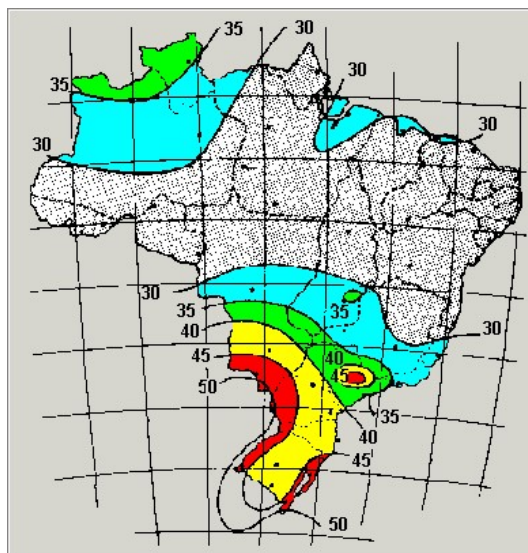
chapas de espessura 2,65 mm e espessura do último anel da taça de 3,35 mm, a ser verificado em item específico.

## 4- FORÇAS HORIZONTAIS

As forças horizontais que agem sobre o reservatório são as forças devidas aos esforços de vento, definidas pela NBR 6123/88 – “Forças devidas ao vento em edificações”.

### 4.1- VELOCIDADE BÁSICA DO VENTO ( $V_0$ )

A velocidade básica do vento ( $V_0$ ) é definida conforme isopletas de velocidades básicas, figura 1, página 6, NBR 6123/88:



**Figura 2 – Isopletas da velocidade básica de vento (NBR 6123/88)**



A cidade de Guaíra localiza-se na parte oeste do estado, sendo a velocidade básica do vento adotada como 40 m/s, logo:

$$V_0 = 40 \text{ m/s}$$

## **4.2- DETERMINAÇÃO DA PRESSÃO DINÂMICA OU PRESSÃO DE OBSTRUÇÃO (Q)**

### **4.2.1- VELOCIDADE CARACTERÍSTICA DO VENTO ( $V_K$ )**

A velocidade característica ( $V_K$ ) é a velocidade usada em projeto, sendo que são considerados os fatores topográficos ( $S_1$ ), influência da rugosidade (obstáculos no entorno da edificação) e dimensões da edificação ( $S_2$ ) e o fator de uso da edificação, que considera a vida útil e o tipo de uso ( $S_3$ ). A velocidade característica pode ser expressa como:

$$V_K = V_0 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3, \text{ sendo:}$$

$V_K \rightarrow$  Velocidade característica do vento [m/s];

$V_0 \rightarrow$  Velocidade básica do vento [m/s];

$S_1 \rightarrow$  Fator topográfico;

$S_2 \rightarrow$  Fator de rugosidade e dimensões da edificação;

$S_3 \rightarrow$  Fator estatístico.

**4.2.2- FATOR TOPOGRÁFICO ( $S_1$ )**

O fator topográfico ( $S_1$ ) é definido pelo item 5.2 da NBR 6123/88, podendo tomar os seguintes valores:

a) *Terrenos planos ou fracamente acidentados:  $S_1 = 1,00$ ;*

b) *Taludes e morros:*

*- Taludes e morros alongados nos quais pode ser admitido um fluxo de ar bidimensional soprando no sentido indicado na Figura 3;*

*- No ponto A (morros) e nos pontos A e C (taludes):  $S_1 = 1,00$ ;*

*- No ponto B: [ $S_1$  é uma função  $S_{1(z)}$ ]:*

$$\theta \leq 3^\circ: S_{1(z)} = 1,0$$

$$6^\circ \leq \theta \leq 17^\circ: S_{1(z)} = 1,00 + [2,50 - (z/d)] \operatorname{tg}(\theta - 3^\circ) \geq 1,00$$

$$\theta \geq 45^\circ S_{1(z)} = 1,00 + [2,50 - (z/d)] 0,31 \geq 1,00$$

*[interpolando linearmente para  $3^\circ < \theta < 6^\circ$  e  $17^\circ < \theta < 45^\circ$ ]*

Onde:

$z \rightarrow$  altura medida a partir da superfície do terreno no ponto considerado;

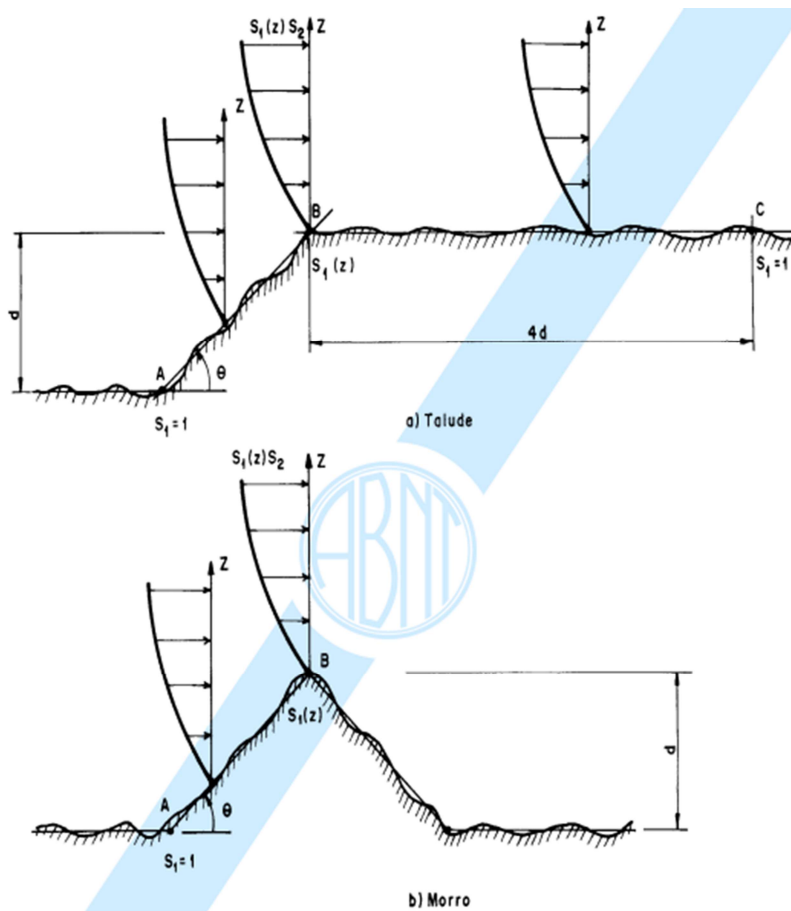
$d \rightarrow$  diferença de nível entre a base e o topo do talude ou morro;

$\theta \rightarrow$  inclinação média do talude ou encosta do morro.

Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 003/24

Nota: Entre A e B e entre B e C, o fator  $S_1$  é obtido por interpolação linear.

c) Vales profundos, protegidos de ventos de qualquer direção:  $S_1 = 0,90$ .



**Figura 3 – Fator topográfico  $S_{1(z)}$**

Portanto para o nosso caso temos como possibilidade a aplicação do item (a), logo:

$$S_1 = 1,00$$



**4.2.3- FATOR DE RUGOSIDADE DO TERRENO, DIMENSÕES DA EDIFICAÇÃO  
E ALTURA SOBRE O TERRENO ( $S_2$ )**

Este fator ( $S_2$ ) é definido pelo item 5.3 da NBR 6123/88

$S_2$  é determinado definindo uma categoria (rugosidade do terreno) e uma classe de acordo com as dimensões da edificação. As categorias são definidas, de acordo com a NBR 6123/88, e são apresentadas abaixo:

**Categorias do Terreno Conforme NBR 6123/88**

<b>Categoria</b>	<b>Descrição do Ambiente</b>	<b>Exemplos</b>
I	Superfícies lisas de grandes dimensões, com mais de 5 km de extensão, medida na direção e sentido do vento incidente	mar calmo; lagos e rios; pântanos sem vegetação
II	Terrenos abertos em nível ou aproximadamente em nível, com poucos obstáculos isolados, tais como árvores e edificações baixas.	zonas costeiras planas; pântanos com vegetação rala; campos de aviação; pradarias e charnecas; fazendas sem sebes ou muros.
III	Terrenos planos ou ondulados com obstáculos, tais como sebes e muros, poucos quebra-ventos de árvores, edificações baixas e esparsas	granjas e casas de campo, com exceção das partes com matos; fazendas com sebes e/ou muros; subúrbios a considerável distância do centro, com casas baixas e esparsas.

**Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 003/24**

IV	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada.	zonas de parques e bosques com muitas árvores; cidades pequenas e seus arredores; subúrbios densamente construídos de grandes cidades; áreas industriais plena ou parcialmente desenvolvidas
V	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos, grandes, altos e pouco espaçados.	florestas com árvores altas, de copas isoladas; centros de grandes cidades; complexos industriais bem desenvolvidos.

**Tabela 2 – Categoria do terreno**

<b>Classes das Edificações Conforme NBR 6123/88</b>	
<b>Classe</b>	<b>Descrição</b>
A	Todas as unidades de vedação, seus elementos de fixação e peças individuais de estruturas sem vedação. Toda edificação na qual a maior dimensão horizontal ou vertical não exceda 20 m.
B	Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal esteja entre 20 m e 50 m.
C	Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal exceda 50 m.

**Tabela 3 – Classes de edificações**

Temos, no nosso caso, os seguintes pares de parâmetros, **Categoria III e Classe B**.

Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 003/24

Após determinada a categoria e classe aplicamos os índices à tabela abaixo que pode ser encontrada na página 10 da NBR 6123/88, sendo assim o coeficiente  $S_2$  será estabelecido com o seguinte valor:

z (m)	Categoria														
	I			II			III			IV			V		
	Classe			Classe			Classe			Classe			Classe		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
≤ 5	1,06	1,04	1,01	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82	0,79	0,76	0,73	0,74	0,72	0,67
10	1,10	1,09	1,06	1,00	0,98	0,95	0,94	0,92	0,88	0,86	0,83	0,80	0,74	0,72	0,67
15	1,13	1,12	1,09	1,04	1,02	0,99	0,98	0,96	0,93	0,90	0,88	0,84	0,79	0,76	0,72
20	1,15	1,14	1,12	1,06	1,04	1,02	1,01	0,99	0,96	0,93	0,91	0,88	0,82	0,80	0,76
30	1,17	1,17	1,15	1,10	1,08	1,06	1,05	1,03	1,00	0,98	0,96	0,93	0,87	0,85	0,82
40	1,20	1,19	1,17	1,13	1,11	1,09	1,08	1,06	1,04	1,01	0,99	0,96	0,91	0,89	0,86
50	1,21	1,21	1,19	1,15	1,13	1,12	1,10	1,09	1,06	1,04	1,02	0,99	0,94	0,93	0,89
60	1,22	1,22	1,21	1,16	1,15	1,14	1,12	1,11	1,09	1,07	1,04	1,02	0,97	0,95	0,92
80	1,25	1,24	1,23	1,19	1,18	1,17	1,16	1,14	1,12	1,10	1,08	1,06	1,01	1,00	0,97
100	1,26	1,26	1,25	1,22	1,21	1,20	1,18	1,17	1,15	1,13	1,11	1,09	1,05	1,03	1,01
120	1,28	1,28	1,27	1,24	1,23	1,22	1,20	1,20	1,18	1,16	1,14	1,12	1,07	1,06	1,04
140	1,29	1,29	1,28	1,25	1,24	1,24	1,22	1,22	1,20	1,18	1,16	1,14	1,10	1,09	1,07
160	1,30	1,30	1,29	1,27	1,26	1,25	1,24	1,23	1,22	1,20	1,18	1,16	1,12	1,11	1,10
180	1,31	1,31	1,31	1,28	1,27	1,27	1,26	1,25	1,23	1,22	1,20	1,18	1,14	1,14	1,12
200	1,32	1,32	1,32	1,29	1,28	1,28	1,27	1,26	1,25	1,23	1,21	1,20	1,16	1,16	1,14
250	1,34	1,34	1,33	1,31	1,31	1,31	1,30	1,29	1,28	1,27	1,25	1,23	1,20	1,20	1,18
300	-	-	-	1,34	1,33	1,33	1,32	1,32	1,31	1,29	1,27	1,26	1,23	1,23	1,22
350	-	-	-	-	-	-	1,34	1,34	1,33	1,32	1,30	1,29	1,26	1,26	1,26
400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,34	1,32	1,32	1,29	1,29	1,29
420	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,35	1,35	1,33	1,30	1,30	1,30
450	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,32	1,32	1,32
500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,34	1,34	1,34

**Tabela 4 – Valores de  $S_2$**

**$S_2 = 1,06$**



**4.2.4- FATOR ESTATÍSTICO ( $S_3$ )**

O fator ( $S_3$ ) consta no item 5.4 da NBR 6123/88, e é estabelecido através da tabela abaixo, que se encontra na página 10 da presente norma:

Grupo	Descrição	$S_3$
1	Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros e de forças de segurança, centrais de comunicação, etc.)	1,10
2	Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação	1,00
3	Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos, construções rurais, etc.)	0,95
4	Vedações (telhas, vidros, painéis de vedação, etc.)	0,88
5	Edificações temporárias. Estruturas dos grupos 1 a 3 durante a construção	0,83

**Tabela 5 – Valores de  $S_2$** 

Em nosso caso, o valor de  $S_3$  é estabelecido pelo grupo 3, logo:

**$S_3 = 1,00$**

**4.2.5- PRESSÃO DINÂMICA (q)**

Utilizando-se da expressão do item 4.2.1 temos que a velocidade característica do vento ( $V_k$ ) vale:

$$V_k = 40 \cdot 1,00 \cdot 1,06 \cdot 1,00 \rightarrow$$

$$\rightarrow V_k = 42,40 \text{ m/s}$$

Com a velocidade ( $V_k$ ) temos condições de proceder os cálculos para a pressão dinâmica do vento (q), definida pelo 4.2, item c, da NBR 6123/88 através da seguinte expressão:

$$q = 0,613 \cdot V_k^2, \text{ sendo:}$$

q  $\rightarrow$  Pressão dinâmica do vento [Kpa];

$V_k$   $\rightarrow$  Velocidade característica do vento [m/s].

$$q = 0,613 \cdot 42,40^2 \rightarrow$$

$$\rightarrow q = 1102 \text{ N/m}^2 = 1,10 \text{ KPa} \rightarrow$$

$$\rightarrow q = 1,10 \text{ KPa}$$

#### **4.3- FORÇA DE ARRASTO ( $F_a$ )**

Passaremos aqui a definição da força horizontal devida ao vento conforme preconiza a NBR 6123/88. Para tanto são necessários os coeficientes de forma para a obtenção de tais parâmetros.

Inicialmente realizaremos a definição do Número de Reynolds para o reservatório, sendo este coeficiente definido pela seguinte expressão:

$$Re = 70000 \cdot V_k \cdot L_1, \text{ sendo:}$$

$Re \rightarrow$  Número de Reynolds [ $m^2/s$ ];

$V_k \rightarrow$  Velocidade característica do vento [ $m/s$ ];

$L_1 \rightarrow$  Dimensão referência (diâmetro do elemento no nosso caso) [ $m$ ];

$$Re = 70000 \cdot 42,40 \cdot 3,82 \rightarrow$$

$$\rightarrow Re = 11337760 = 11,34 \times 10^6 \rightarrow$$

$$\rightarrow Re = 11,34 \times 10^6 \text{ m}^2/s$$

Com o Número de Reynolds é possível encontrar o coeficiente de arrasto ( $C$ ) através da tabela 10, página 22, da NBR 6123/88, sendo:

Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 003/24

Planta		$Re^{(A)}$ x $10^{-5}$	$h/l_1$						
			1/2	1	2	5	10	20	$\infty$
	liso (metal, concreto, alvenaria rebocada)	$\leq 3,5$ $\geq 4,2$	0,7 0,5	0,7 0,5	0,7 0,5	0,8 0,5	0,9 0,5	1,0 0,6	1,2 0,6
	com rugosidade ou saliências = $0,02 l_1$	Todos valores	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,2
	com rugosidade ou saliências = $0,08 l_1$	Todos valores	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4

**Tabela 6 – Valores de C**

Adotando a superfície metálica com saliências da ordem de  $0,02 l_1$ , temos que o coeficiente C vale:

**C = 0,90**

Logo a força de arrasto será calculada pela seguinte expressão:

$$F_a = C \cdot q \cdot A_e, \text{ sendo:}$$

$F_a \rightarrow$  Força de arrasto [KN];

$C \rightarrow$  Coeficiente de arrasto;

$q \rightarrow$  Pressão dinâmica do vento [KPa];



$A_e \rightarrow$  Área efetiva.

Como o reservatório em estudo é um reservatório tipo taça, é necessário verificar as componentes na coluna e no corpo superior do reservatório.

Logo temos:

**Força de arrasto na coluna:**

$$F_a = 0,90 \cdot 1,10 \cdot (2,22 \times 14,40) \rightarrow$$

$$\rightarrow F_a = 32 \text{ KN}$$

**Força de arrasto no corpo superior:**

$$F_a = 0,90 \cdot 1,10 \cdot (3,82 \times 22,80) \rightarrow$$

$$\rightarrow F_a = 87 \text{ KN}$$

## 5- VERIFICAÇÃO DA ANCORAGEM DO RESERVATÓRIO

A ancoragem do reservatório será verificada segundo os dispostos na norma API 650/2007 – “Welded Steel Tanks for Oil Storage”.

### 5.1- FORÇA DE TRAÇÃO NOS CHUMBADORES ( $T_b$ )

A força de tração nos chumbadores ( $T_b$ ) é calculada através do item 5.11.3 da norma API 650/2007, através da seguinte expressão:

$$T_b = [4 \cdot (M_w / (D \cdot n))] - (W / n), \text{ sendo:}$$

$T_b \rightarrow$  Força de tração nos chumbadores [KN];

$M_w \rightarrow$  Momento de tombamento [KN.m];

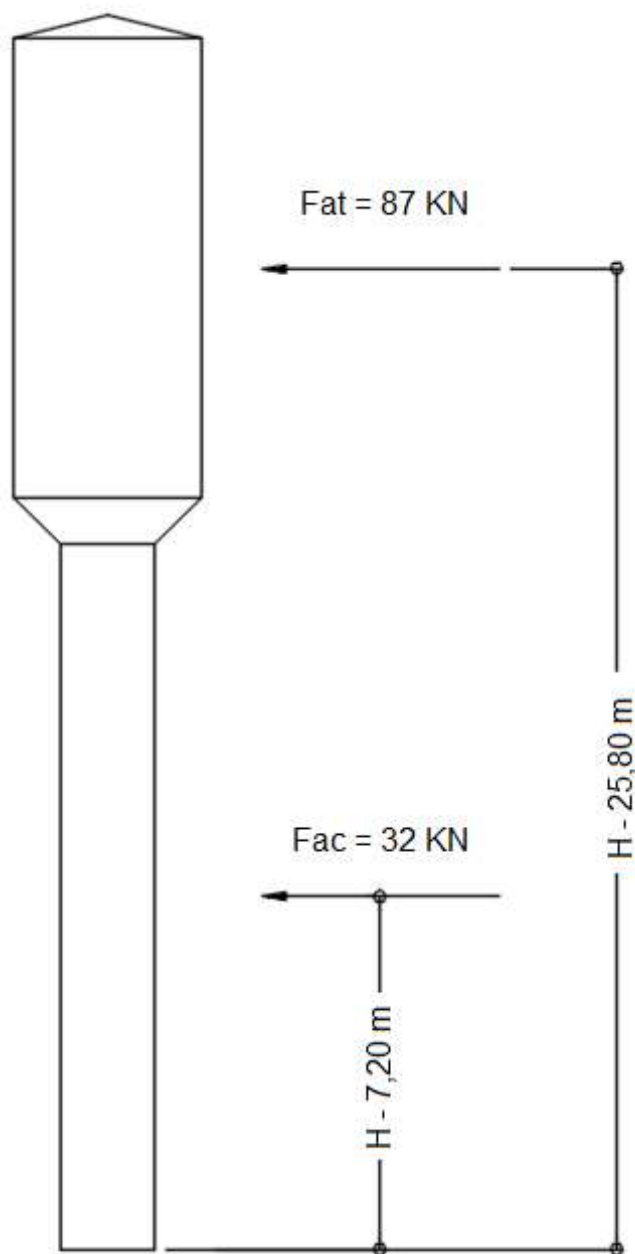
$D \rightarrow$  Diâmetro da coluna do reservatório [m];

$n \rightarrow$  Número de chumbadores adotados;

$W \rightarrow$  Peso vazio do reservatório (adotado inicialmente 5% do volume).

O momento de tombamento será calculado conforme o seguinte diagrama de cargas:

Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 003/24



**Figura 4 – Diagrama de forças horizontais.**

Conforme apresentado acima o momento de tombamento devido ao vento vale:

$$M_w = (32 \times 7,20) + (87 \times 25,80) \rightarrow$$

$$\rightarrow M_w = 2475 \text{ KN.m}$$

Adotando inicialmente 20 chumbadores, e estimando o peso vazio do reservatório em termos de 5% do volume, temos:

$$T_b = [4 \cdot (2475 / (2,22 \cdot 20))] - (125 / 20) \rightarrow$$

$$\rightarrow T_b = 223 - 6,25 \rightarrow$$

$$\rightarrow T_b = 217 \text{ KN}$$

Conforme os cálculos adotaremos 20 chumbadores com diâmetro de 1.1/4" (área da seção disponível de  $0,0008 \text{ m}^2 = 8 \text{ cm}^2$ ), material SAE 1045

A tensão de escoamento do aço SAE 1045 é de 450 MPa (<https://www.materiais.gelsonluz.com/2017/10/aco-sae-1045-propriedades-mecanicas.html>), com isso podemos realizar a comparação com a área necessária dos chumbadores:

$$A_b = T_b \cdot \gamma_f / \sigma_e \cdot \gamma_f, \text{ sendo:}$$

$A_b \rightarrow$  Área necessária da ancoragem [ $\text{m}^2$ ];

$T_b \rightarrow$  Força de tração nos dispositivos de ancoragem [KN];



Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 003/24

 $\gamma_f \rightarrow$  Coeficiente de majoração do carregamento; $\gamma_c \rightarrow$  Coeficiente de minoração da tensão dos materiais; $\sigma_e \rightarrow$  Tensão de escoamento do material [KPa].

$$A_b = (217 \cdot 1,40) / (450000 \cdot 0,85) \rightarrow$$

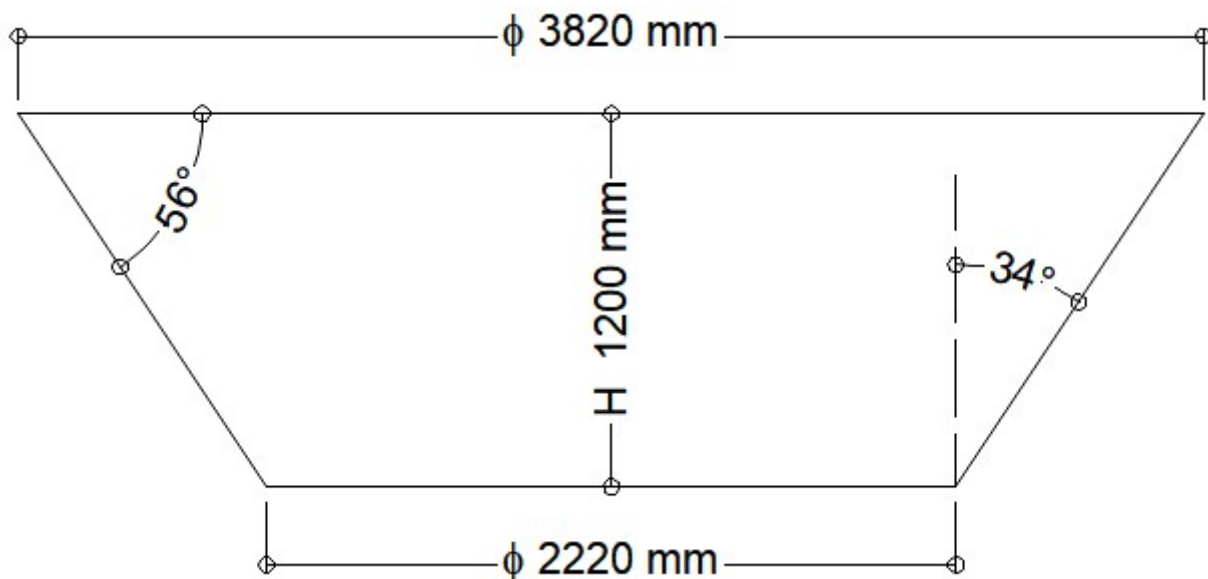
$$\rightarrow A_b = 0,00079 \text{ m}^2 = 7,90 \text{ cm}^2$$

**Logo temos área disponível > área necessária ( $8 \text{ cm}^2 > 7,90 \text{ cm}^2$ ), portanto o tem-se verificado as especificações de segurança para utilização de 20 chumbadores diâmetro 1.1/4”, material SAE 1045.**

## **6- VERIFICAÇÃO DO CONE**

Para a verificação do cone do reservatório utilizaremos o modelo de cálculo previsto no Código ASME VIII / 2013 – “Regras para a construção de vasos de pressão”, divisão I associada à NBR 8800/2008 – “Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto para edifícios”, para a indicação dos critérios de segurança estrutural no reservatório.

Abaixo apresentamos a geometria do cone do reservatório em estudo:

**Figura 6 – Geometria do cone (tronco de cone).**

Inicialmente será verificado, para o cone, a espessura de 10,00 mm.

### **6.1- TENSÕES CIRCUNFERENCIAIS DEVIDAS À PRESSÃO**

As verificações das tensões circunferenciais devidas à pressão no cone consistem na verificação devido à coluna d'água, ou seja, a carga devido a água estocada no corpo molhado do reservatório, e é calculada pela expressão:

$$\sigma_c = (P \cdot \gamma_f \cdot r) / [(t - C) \cdot \cos \alpha \cdot E], \text{ sendo:}$$

Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 003/24

 $\sigma_c \rightarrow$  Tensão circunferencial no elemento [KPa]; $P \rightarrow$  Pressão interna no cone [KPa]; $\gamma_f \rightarrow$  Coeficiente de majoração do carregamento; $r \rightarrow$  Raio da taça do reservatório [m]; $t \rightarrow$  Espessura do elemento verificado [m]; $C \rightarrow$  Sobreesspessura de corrosão (1,00 mm); $\alpha \rightarrow$  Ângulo compreendido entre a geratriz do cone e a linha vertical da coluna; $E \rightarrow$  Eficiência da solda.

Adotando para a verificação inicial a chapa do cone na espessura de 10,00 mm, com a pressão d'água interna é de 228 KPa (coluna d'água – 22,80 m.c.a.), temos:

$$\sigma_c = (228 \cdot 1,40 \cdot 1,91) / [(0,01 - 0,001) \cdot \cos 34^\circ \cdot 0,70] \rightarrow$$

$$\rightarrow \sigma_c = 610 / 5,22 \cdot 10^{-3} \rightarrow$$

$$\rightarrow \sigma_c = 116730 \text{ KPa}$$

## 6.2- TENSÕES LONGITUDINAIS

As tensões longitudinais no reservatório são aquelas oriundas do peso próprio do reservatório bem como as tensões devidas às forças do vento, porém faremos as verificações isoladamente para que seja possível a verificação do efeito da simultaneidade do reservatório em trabalho, ou seja, reservatório cheio sem vento e reservatório cheio com vento.

**6.2.1- TENSÕES LONGITUDINAIS DEVIDAS AO PESO PRÓPRIO DO CORPO SUPERIOR**

O peso estimado do corpo superior do reservatório é de aproximadamente 85 KN (8500 Kg – costado + acessórios, estimado + cargas adicionais que por ventura possam ocorrer), logo a tensão longitudinal devido ao peso próprio e carregamento no cone pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$\sigma_{lp} = (W \cdot \gamma_f) / [\pi \cdot D \cdot (t - C) \cdot \cos\alpha \cdot E], \text{ sendo:}$$

$\sigma_{lp}$  → Tensão longitudinal devido ao peso próprio no elemento [KPa];

$W$  → Peso atuante no cone [KN];

$\gamma_f$  → Coeficiente de majoração do carregamento;

$D$  → Diâmetro da coluna do reservatório [m];

$t$  → Espessura do elemento verificado [m];

$C$  → Sobreesspessura de corrosão (1,00 mm);

$\alpha$  → Ângulo compreendido entre a geratriz do cone e a linha vertical da coluna;

$E$  → Eficiência da solda.

$$\sigma_{lp} = (85 \cdot 1,40) / [\pi \cdot 2,22 \cdot (0,01 - 0,001) \cdot \cos 34 \cdot 0,70] \rightarrow$$

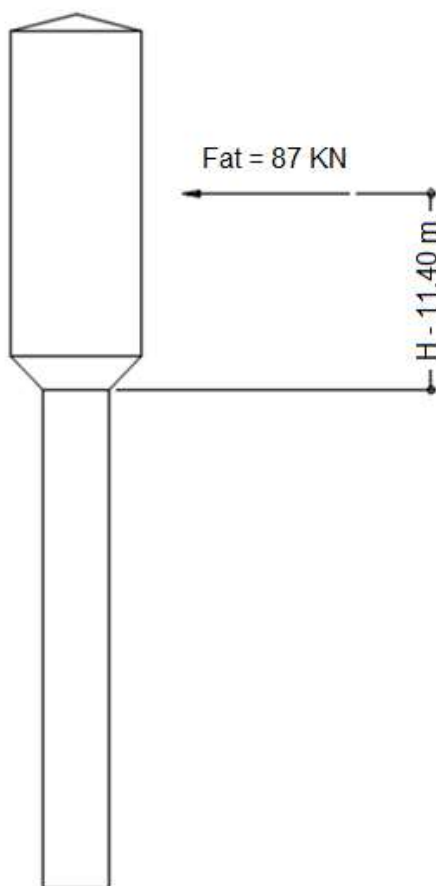
$$\rightarrow \sigma_{lp} = 119 / 0,036 \rightarrow$$



$$\rightarrow \sigma_{lp} = 3267 \text{ KPa}$$

### 6.2.2- TENSÕES LONGITUDINAIS DEVIDAS AO VENTO

Para a determinação das tensões longitudinais devidas ao vento é necessário verificar o momento devido à força horizontal na parte inferior do cone, conforme a figura abaixo:



**Figura 7 – Esquema de forças horizontais para momento no cone.**

O momento devido ao vento no cone vale:

$$M = 87 \cdot 11,40 \rightarrow$$

$$\rightarrow M = 992 \text{ KN.m}$$

Portanto podemos calcular a tensão longitudinal devido ao vento no cone pela seguinte expressão:

$$\sigma_{lv} = (4 \cdot M \cdot \gamma_f) / [\pi \cdot D^2 \cdot (t - C) \cdot \cos \alpha \cdot E], \text{ sendo:}$$

$\sigma_{lv} \rightarrow$  Tensão longitudinal devido ao vento [KPa];

$M \rightarrow$  Momento atuante no cone [KN.m];

$\gamma_f \rightarrow$  Coeficiente de majoração do carregamento;

$D \rightarrow$  Diâmetro da coluna do reservatório [m];

$t \rightarrow$  Espessura do elemento verificado [m];

$C \rightarrow$  Sobreesspessura de corrosão (1,00 mm);

$\alpha \rightarrow$  Ângulo compreendido entre a geratriz do cone e a linha vertical da coluna;

$E \rightarrow$  Eficiência da solda.

$$\sigma_{lv} = (4 \cdot 992 \cdot 1,40) / [\pi \cdot 2,22^2 \cdot (0,01 - 0,001) \cdot \cos 34^\circ \cdot 0,70] \rightarrow$$

$$\rightarrow \sigma_{lv} = 5555 / 0,081$$

$$\rightarrow \sigma_{lv} = \mathbf{68695 \text{ KPa}}$$

### **6.3- SIMULTANEIDADE DAS AÇÕES**

Para a verificação da simultaneidade das ações faremos a comparação da tensão existente com a tensão admissível, sendo que para o equilíbrio é necessário que a equação seja menor que a unidade:

$$(\sigma_c / \sigma_e) + (\sigma_{lp} / \sigma_e) + (\sigma_{lv} / \sigma_e) < 1,00, \text{ sendo:}$$

$\sigma_c \rightarrow$  Tensão circunferencial no elemento [KPa];

$\sigma_{lp} \rightarrow$  Tensão longitudinal devido ao peso próprio no elemento [KPa];

$\sigma_{lv} \rightarrow$  Tensão longitudinal devido ao vento [KPa];

$\sigma_e \rightarrow$  Tensão admissível reduzida do material [KPa];

A tensão admissível reduzida do material vale  $\sigma_e = 250000 \cdot 0,85 = 212500 \text{ KPa}$ .

$$(116730 / 212500) + (3267 / 212500) + (68695 / 212500) < 1,00 \rightarrow$$

$$\rightarrow \mathbf{0,89 < 1,00}$$

Logo temos que o material na espessura de 10,00 mm, ASTM A-36 para o cone verifica com segurança a imposição das ações.

#### **6.4- VERIFICAÇÃO DAS JUNÇÕES DO CONE**

Para as definições das junções do cone, e consequentemente a necessidade de reforço.

Serão adotados os dispostos no livro “Vasos de Pressão” de Pedro Carlos Silva Telles, editora LTC, item 10.6.

Inicialmente é necessário o cálculo do valor da constante  $\Delta$ , conforme as tabelas abaixo:

P/SE	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
$\Delta$ (graus)	11	15	18	21	23	25	27	28,50	30

**Tabela 7 – Valores de  $\Delta$  para a ligação cone-cilindro maior**

P/SE	0,002	0,005	0,010	0,020	0,040	0,008	0,10	0,125
$\Delta$ (graus)	4	6	9	12,50	17,50	24	27	30

**Tabela 8 – Valores de  $\Delta$  para a ligação cone-cilindro menor**



Temos as seguintes pressões:

**Pressão na seção da ligação cone-cilindro maior: 216 KPa**

**Pressão na seção da ligação cone-cilindro menor: 228 KPa**

$$S.E = 212500 \cdot 0,70 = 148750 \text{ KPa}$$

Portanto temos:

$$(P/SE)_{\text{ligação cone-cilindro maior}} = 216 / 148750 = 0,0015 \therefore \Delta = 13^\circ$$

$$(P/SE)_{\text{ligação cone-cilindro menor}} = 228 / 148750 = 0,0015 \therefore \Delta = 4^\circ$$

Temos então as seguintes áreas necessárias para os reforços:

**Ligação cone-cilindro maior:**

$$A_{\text{cone-cilindro maior}} = [(P \cdot R_i^2 \cdot K) / (2 \cdot S \cdot E)] \cdot [1 - (\Delta / \alpha)] \cdot \text{tg} \alpha$$

**Ligação cone-cilindro menor:**

$$A_{\text{cone-cilindro menor}} = [(P \cdot R_s^2 \cdot K) / (2 \cdot S \cdot E)] \cdot [1 - (\Delta / \alpha)] \cdot \text{tg}\alpha, \text{ sendo:}$$

A → Área necessária do reforço [m²];

P → Pressão calculada na seção [KPa];

R<sub>i</sub> → Raio da seção maior (taça) [m];

R<sub>s</sub> → Raio da seção menor (coluna) [m];

K → Coeficiente igual a 1,00 devido aos materiais terem a mesma classe (A-36);

S → Tensão de escoamento reduzida do material [KPa]

E → Eficiência da solda (70%);

Δ → Valores conforme tabelas 7 e 8 [°];

α → Inclinação do cone [°].

**Ligação cone-cilindro maior:**

$$A_{\text{cone-cilindro maior}} = [(216 \cdot 1,91^2 \cdot 1,00) / (2 \cdot 148750 \cdot 0,70)] \cdot [1 - (13 / 34)] \cdot \text{tg}34^\circ \rightarrow$$

$$\rightarrow A_{\text{cone-cilindro maior}} = 788 / 86759 \rightarrow$$

$$\rightarrow A_{\text{cone-cilindro maior}} = 0,009 \text{ m}^2 = 9000 \text{ mm}^2$$

**Ligação cone-cilindro menor:**

$$A_{\text{cone-cilindro menor}} = [(228 \cdot 1,11^2 \cdot 1,00) / (2 \cdot 148750 \cdot 0,70)] \cdot [1 - (4 / 34)] \cdot \text{tg}34^\circ \rightarrow$$

$$\rightarrow A_{\text{cone-cilindro menor}} = 281 / 123941$$

$$\rightarrow A_{\text{cone-cilindro menor}} = 0,0023 \text{ m}^2 = 2300 \text{ mm}^2$$

Utilizando o mesmo critério do item 6.5.5 da NBR 7821/83, para o cálculo da área disponível, de 16 vezes a espessura do material, verificaremos as áreas disponíveis para as junções, levando em conta o primeiro anel da taça na espessura de 6,30 mm e o último anel da coluna na espessura de 10,00 mm, levando em consideração a sobreespessura de corrosão no cone e na taça, a serem verificados posteriormente nos itens específicos, logo temos:

$$A_{\text{Disp cone-cilindro maior}} = [(16 \cdot 9,00) \cdot 9,00] + [(16 \cdot 5,30) \cdot 5,30] \rightarrow$$

$$\rightarrow A_{\text{Disp cone-cilindro maior}} = 1296 + 449 \rightarrow$$

$$\rightarrow A_{\text{Disp cone-cilindro maior}} = 1745 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{Disp cone-cilindro menor}} = [(16 \cdot 9,00) \cdot 9,00] + [(16 \cdot 10,00) \cdot 10,00] \rightarrow$$

$$\rightarrow A_{\text{Disp cone-cilindro menor}} = 1296 + 1600 \rightarrow$$

$$\rightarrow A_{\text{Disp cone-cilindro menor}} = 2896 \text{ mm}^2$$

Portanto temos que a junção cone-cilindro menor é atendida pelo critério adotado, sem necessidade de reforços ( $2300 < 2896$ ) já para a junção cone-cilindro maior haverá a necessidade de utilização de elemento de reforço, ante o exposto, adotaremos perfil de arredondamento composto por U laminado 3" x 6,10 Kg/m, com área de seção transversal de 77800 mm<sup>2</sup>.

Bitola	Peso	ALMA		ABA			EIXO X			EIXO Y			
	Nominal	d	t <sub>w</sub>	b <sub>f</sub>	t <sub>f</sub>	area	I	W	r	I	W	r	x
pol	kg/m	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm
3"	6,10 7,44	76,20	4,32 6,55	35,81 38,05	6,93 6,93	7,78 9,48	68,90 77,20	18,10 20,30	2,98 2,85	8,20 10,30	3,32 3,82	1,03 1,04	1,11 1,11
4"	8,04 9,30	101,60	4,67 6,27	40,23 41,83	7,52 7,52	10,10 11,90	159,50 174,40	31,40 34,30	3,97 3,84	13,10 15,50	4,61 5,10	1,14 1,14	1,16 1,15
6"	12,20 15,62	152,40	5,08 7,98	48,77 51,66	8,71 8,71	15,50 19,90	546,00 632,00	71,70 82,90	5,94 5,63	28,80 36,00	8,16 9,24	1,36 1,34	1,30 1,27
8"	17,10 20,50	203,20	5,59 7,70	57,40 59,51	9,50 9,50	21,68 25,93	1344,30 1490,00	132,70 147,50	7,87 7,59	54,10 62,40	12,94 14,09	1,42 1,42	1,47 1,42
10"	22,77 29,76	254,00	6,10 9,63	66,04 69,57	11,10 11,10	29,00 37,90	2800,00 3290,00	221,00 259,00	9,84 9,31	95,00 117,00	19,00 21,60	1,81 1,76	1,61 1,54
12"	30,80 37,00	305,00	7,20 9,80	74,00 77,00	12,70 12,70	39,30 47,40	5370,00 6010,00	352,00 394,00	11,70 11,30	161,00 186,00	28,30 30,90	2,03 1,98	1,77 1,71

**Tabela 9 – Tabela de perfis para o reforço da ligação cone-cilindro maior**

## 7- VERIFICAÇÃO DA TAÇA

Para a verificação do costado da taça utilizaremos, analogamente ao cone, o modelo de cálculo previsto no Código ASME VIII / 2013 – “Regras para a construção de vasos de pressão”, divisão I.

Será apresentada a metodologia utilizada e, ao final, a indicação de uma planilha onde a espessura é isolada em função das outras variáveis. Somando todas as hipóteses obteremos a espessura mínima para a estrutura do costado.

Além do cálculo das espessuras necessárias será utilizado, para efeito de durabilidade, no reservatório, sobreespessura de corrosão de 1,00 mm.

### **7.1- TENSÕES LONGITUDINAIS DEVIDAS AO VENTO**

A tensão longitudinal devido ao vento no costado é calculada pela seguinte expressão:

$$\sigma_{lv} = (4 \cdot M) / (\pi \cdot D^2 \cdot t \cdot E), \text{ sendo:}$$

$\sigma_{lv}$  → Tensão longitudinal devido ao vento [KPa];

M → Momento atuante no costado [KN.m];

D → Diâmetro do reservatório [m];

t → Espessura do elemento verificado [m];

E → Eficiência da solda (70% para solda de topo).

Isolando a espessura, e considerando a tensão  $\sigma_{lv}$  máxima como a tensão de escoamento do material A-36 ( $\sigma_e = 250000$  KPa), temos:

$$t = (4 \cdot M) / (\sigma_e \cdot \pi \cdot D^2 \cdot E)$$



Utilizando um coeficiente de majoração dos esforços  $\gamma = 1,40$ , temos a expressão final:

$$t = [(4 \cdot M) / (\sigma_e \cdot \pi \cdot D^2 \cdot E)] \cdot \gamma$$

## **7.2- TENSÕES CIRCUNFERENCIAIS**

As tensões circunferenciais são àquelas oriundas da carga hidráulica, ou seja, as tensões principais, podendo serem calculadas pela expressão abaixo:

$$\sigma_c = (P \cdot r) / (t \cdot E), \text{ sendo:}$$

$\sigma_c \rightarrow$  Tensão circunferencial no elemento [KPa];

$P \rightarrow$  Pressão interna, no elemento verificado [KPa];

$r \rightarrow$  Raio do costado do reservatório [m];

$t \rightarrow$  Espessura do elemento verificado [m];

$E \rightarrow$  Eficiência da solda (70% para solda de topo).

Isolando a espessura, e considerando a tensão  $\sigma_{lv}$  máxima como a tensão de escoamento do material A-36 ( $\sigma_e = 250000$  KPa), temos:

$$t = (P \cdot r) / (\sigma_e \cdot E)$$

Utilizando um coeficiente de majoração dos esforços  $\gamma = 1,40$ , temos a expressão final:

$$t = (P \cdot r) / (\sigma_e \cdot E) \cdot \gamma$$

## 7.3- PLANILHA DE VERIFICAÇÃO

Abaixo é apresentada a planilha contendo a verificação da espessura necessária para os elementos do costado do reservatório, levando em conta a simultaneidade das ações, adicionando ao cálculo sobreespessura de corrosão no valor de 1,00 mm:

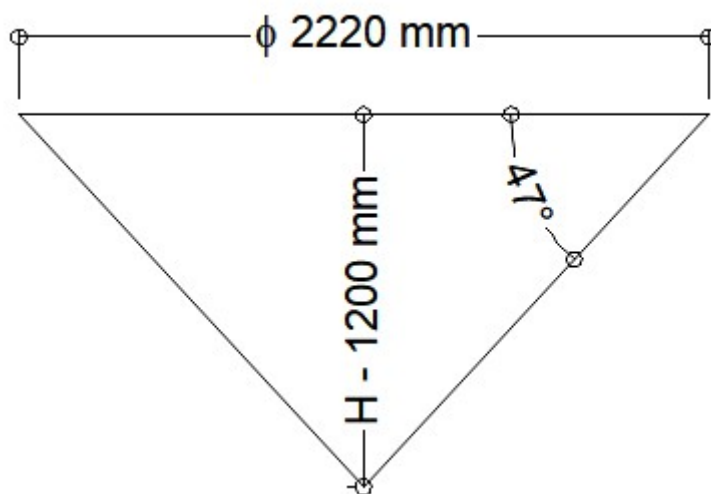
Anel	Altura do Anel (m)	Altura Acumulada (m)	Espessura Devido às Tensões Circunferenciais** (mm)	Espessura Devido às Tensões Devido ao Vento (mm)	Sobreespessura de Corrosão (mm)	Espessura Total Calculada (mm)	Espessura Adotada (mm)	Peso do Anel (Kg)
1	1,20	1,20	3,30	0,66	1,00	4,96	6,30	726
2	1,20	2,40	3,12	0,62	1,00	4,82	6,30	726
3	1,20	3,60	2,93	0,58	1,00	4,52	4,75	547
4	1,20	4,80	2,75	0,55	1,00	4,30	4,75	547
5	1,20	6,00	2,57	0,51	1,00	4,08	4,25	490
6	1,20	7,20	2,38	0,47	1,00	3,86	4,25	490
7	1,20	8,40	2,20	0,44	1,00	3,64	3,75	432
8	1,20	9,60	2,02	0,40	1,00	3,42	3,75	432
9	1,20	10,80	1,83	0,36	1,00	3,20	3,35	386
10	1,20	12,00	1,65	0,33	1,00	2,98	3,35	386
11	1,20	13,20	1,47	0,29	1,00	2,76	3,00	346
12	1,20	14,40	1,28	0,26	1,00	2,54	3,00	346
13	1,20	15,60	1,10	0,22	1,00	2,32	3,00	346
14	1,20	16,80	0,92	0,18	1,00	2,10	2,65	305
15	1,20	18,00	0,73	0,15	1,00	1,88	2,65	305
16	1,20	19,20	0,55	0,11	1,00	1,66	2,65	305
17	1,20	20,40	0,37	0,07	1,00	1,44	2,65	305
18	1,20	21,60	0,18	0,04	1,00	1,22	3,35	386

Tabela 10 – Planilha de Cálculo

Portanto tem-se verificado as condições de segurança e durabilidade do costado, conforme materiais adotados na tabela 10, material ASTM A-36.

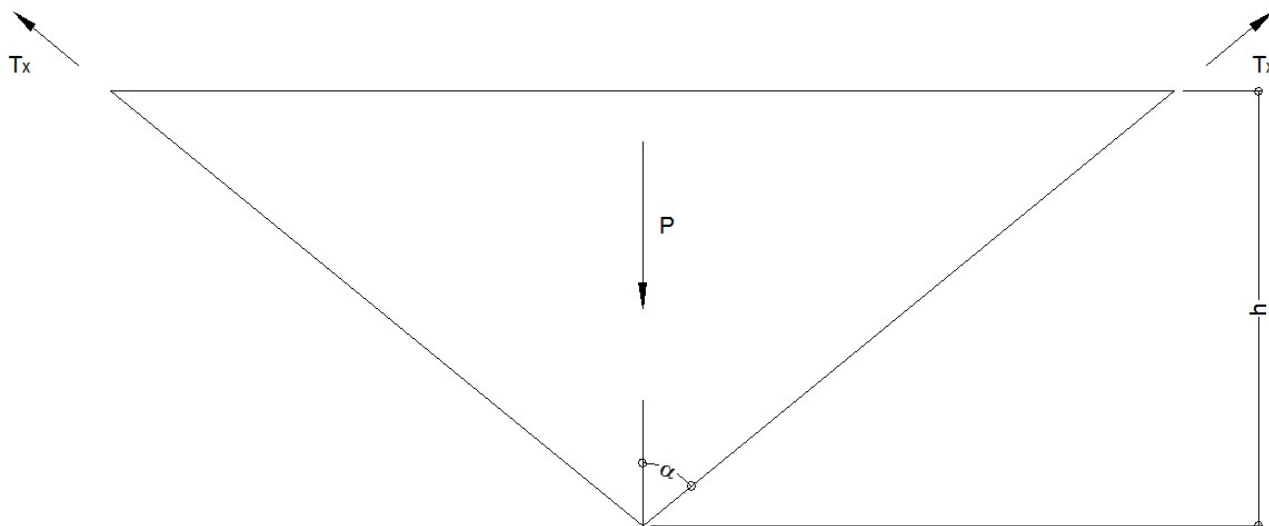
## 8- FUNDO DA TAÇA

O fundo da taça será verificado através da teoria de membrana, utilizando fundo cônico, instalado no ultimo anel da coluna, conforme a geometria abaixo:



**Figura 8 – Geometria fundo da célula**

Temos as seguintes variáveis de cálculo:



**Figura 9 – Variantes para o cálculo.**

Onde as componentes do problema são:

$T_x \rightarrow$  Componente de tração normal à chapa do cone [N/m];

$P \rightarrow$  Peso total que age sobre a casca cônica [N];

$h \rightarrow$  Altura do cone [m];

$\alpha \rightarrow$  Ângulo de inclinação.

Para as variáveis acima temos a expressão para o cálculo da força  $T_x$ , necessária a verificação da espessura casca:

$$T_x = \{[h^2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha)] / [6 \cdot \cos(\alpha)]\} \cdot \theta_{eq} \cdot \gamma_f, \text{ sendo:}$$

$T_x \rightarrow$  Componente de tração normal à chapa do cone [N/m];

$h \rightarrow$  Altura do cone [m];

$\alpha \rightarrow$  Ângulo de inclinação;

$\gamma_f \rightarrow$  Coeficiente de ponderação das ações;

$\gamma_{eq} \rightarrow$  Peso específico equivalente [N/m<sup>3</sup>], adotando a hipótese de todo o volume superior agir de maneira concentrada no fundo cônico, conforme segue:

Volume do reservatório superior: 250 m<sup>3</sup>

Volume do fundo cônico:  $\{[(\pi \cdot 2,22) / 4] \cdot 1,20\} / 3 = 1,55 \text{ m}^3$

**Peso total de água: 250 . 10000 = 2500000 N**

Temos a seguinte expressão do peso específico equivalente:

$$\gamma_{eq} = P / V_{cone}, \text{ sendo:}$$

$\gamma_{eq} \rightarrow$  Peso específico equivalente [N/m<sup>3</sup>];

$P \rightarrow$  Peso total de água [N];

$V \rightarrow$  Volume do fundo cônico [m<sup>3</sup>].

$$\gamma_{eq} = 2500000 / 1,55 \rightarrow$$

$$\rightarrow \gamma_{eq} = 1612903 \text{ N/m}^3$$

Com o valor do peso específico equivalente calculamos a força  $T_x$ :

$$T_x = \{[1,20^2 \cdot \text{tg}(43)] / [6 \cdot \cos(43)]\} \cdot 1612903 \cdot 1,40 \rightarrow$$

$$\rightarrow T_x = (1,34 / 4,39) \cdot 2258064 \rightarrow$$

$$\rightarrow T_x = 690997 \text{ N/m} = 691 \text{ KN/m}$$

Adotaremos, inicialmente, chapa com espessura de 8,00 mm, com sobreespessura de corrosão de 1,00 mm, material ASTM A36 ( $\sigma_e = 250000 \text{ KPa}$ ), para a verificação da tensão máxima no material, onde:

$$\sigma_{cone} = (T_x) / A, \text{ sendo:}$$

$\sigma_{cone} \rightarrow$  Tensão atuante na seção da chapa do cone [MPa]

$T_x \rightarrow$  Componente de tração normal à chapa do cone [KN/m];

$\gamma_f \rightarrow$  Coeficiente de majoração da força  $T_x$ ;



A → Área da seção unitária (1,00 . e) [m<sup>2</sup>].

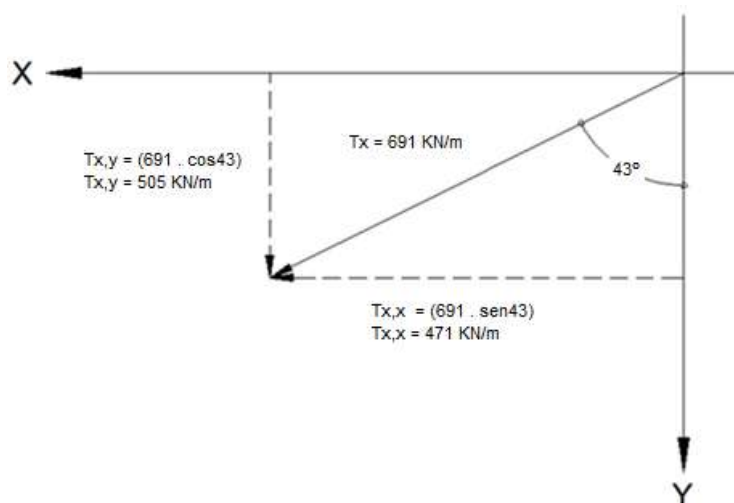
$$\sigma_{\text{cone}} = (691) / (0,007 \cdot 1,00) \rightarrow$$

$$\rightarrow \sigma_{\text{cone}} = 98714 \text{ KPa/m}$$

Logo temos  $\sigma_{\text{cone}} < \sigma_e$  ( $98714 < 250000$ ), portanto o tem-se verificado as especificações de segurança para o fundo cônico da taça, adotado chapas na espessura de 8,00 mm, material ASTM A-36.

### 8.1- COMPONENTES DE FORÇA

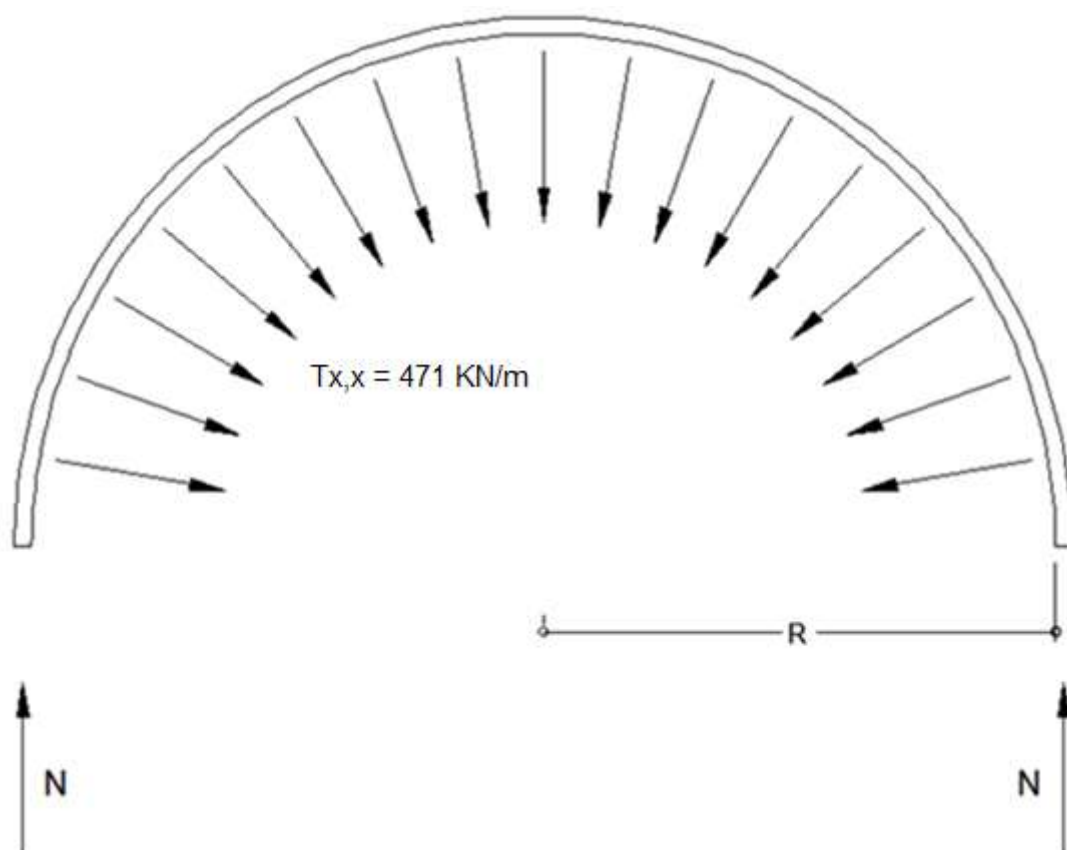
Verificaremos neste item as componentes horizontais e verticais da força  $T_x$ , sendo a componente horizontal para verificação de reforço no local de instalação do cone:



**Figura 10 – Componentes de força no fundo cônico**

Para evitar deformações locais no costado proporemos a instalação de um perfil “U” calandrado na região de fixação do fundo cônico da taça, com finalidade de absorção da componente horizontal da força  $T_x$ .

O “U” calandrado será verificado conforme o esquema:



**Figura 11 – Componentes de Força no Reforço do Fundo Cônico**

Sendo que a força normal  $N$  é calculada pela seguinte expressão:

$$N = T_{x,x} \cdot R, \text{ sendo:}$$

$N \rightarrow$  Força normal ao “U” calandrado [KN];

$T_{x,x} \rightarrow$  Componente da força  $T_x$  [KN/m];

$R \rightarrow$  Raio do reservatório [m].

Obs.: O valor de  $N$  já traz consigo o coeficiente de ponderação calculado no item 8.

$$N = 471 \cdot 1,11 \rightarrow$$

$$\rightarrow N = 523 \text{ KN}$$

Adotaremos para reforço um perfil “U” laminado de 8” x 17,10 Kg/m, cuja área da seção transversal é de 21,68 cm<sup>2</sup> (ver tabela 9), logo temos a seguinte tensão no perfil:

$$\sigma_U = 523 / 0,002168 \rightarrow$$

$$\rightarrow \sigma_U = 241237 \text{ KPa}$$

Logo temos  $\sigma_U < \sigma_e$  ( $241237 < 250000$ ), portanto o tem-se verificado as especificações de segurança o “U” calandrado de reforço para o fundo cônico da taça, adotado perfil “U” laminado de 8” x 17,10 (conforme tabela 9), material ASTM A-36.

## 9- VERIFICAÇÃO DA COLUNA

A estrutura da coluna, por estar sujeita apenas a tensões normais (não haverá tensões circunferenciais na coluna), logo há de se verificar a ocorrência de flambagem e flambagem local nos elementos.

Por conta deste efeito de flambagem e flambagem local a norma AWWA D-100 limita a tensão de escoamento para os elementos sujeitos a flexo compressão em 160000 Kpa,

Para a verificação da segurança estrutural da coluna serão adotadas, inicialmente, as seguintes espessuras de materiais na coluna:

<b>Anel</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Altura Acumulada (m)</b>	<b>Espessura Adotada (mm)</b>
12º	1,20	12,40	<b>10,00</b>
11º	1,20	13,20	<b>8,00</b>
10º	1,20	12,00	<b>8,00</b>
9º	1,20	10,80	<b>8,00</b>
8º	1,20	9,60	<b>10,00</b>
7º	1,20	8,40	<b>10,00</b>
6º	1,20	7,20	<b>10,00</b>
5º	1,20	6,00	<b>10,00</b>
4º	1,20	4,80	<b>10,00</b>
3º	1,20	3,60	<b>12,50</b>
2º	1,20	2,40	<b>12,50</b>
1º	1,20	1,20	<b>12,50</b>

**Tabela 11 – Espessuras adotadas para a coluna**

Dado os materiais calculados para o teto, costado da taça, fundo da taça, acessórios, sobrecarga no teto e peso da água estocado temos a seguinte carga de compressão atuante na coluna:

- Carga devido à água estocada: 2500 KN;
- Sobrecarga no teto ( $60 \text{ Kg/m}^2$ , sobre a área desenvolvida  $11,46 \text{ m}^2$ ): 7 KN
- Carga devido ao cone (material): 9 KN
- Carga devido ao teto (material): 3 KN;
- Carga devido ao fundo da taça (material): 3 KN
- Carga devido ao costado (material): 75 KN;
- Carga devido aos acessórios: 20 KN (adotado).

**Logo temos a carga total de compressão aplicada na coluna de 2617 KN.**

#### **9.1.1- ESFORÇOS ATUANTES**

A tabela abaixo apresenta os esforços atuantes em cada anel da coluna:

Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 003/24

Anel	Altura (m)	Altura Acumulada (m)	Carga Atuante no Topo da Coluna (KN)	Acréscimo de Carga Devido aos Anéis da Coluna (KN)	Momento Devido Ao Vento Por Anel (KN.m)
12º	1,20	14,40	2617 (constante)	2624	1133
11º	1,20	13,20		2629	1270
10º	1,20	12,00		2634	1405
9º	1,20	10,80		2640	1536
8º	1,20	9,60		2646	1664
7º	1,20	8,40		2653	1789
6º	1,20	7,20		2660	1911
5º	1,20	6,00		2667	2030
4º	1,20	4,80		2673	2145
3º	1,20	3,60		2682	2257
2º	1,20	2,40		2690	2366
1º	1,20	1,20		2698	2475

**Tabela 12 – Plano de cargas na coluna**

### 9.1.2- TENSÕES LONGITUDINAIS DEVIDO AO CARREGAMENTO VERTICAL

As tensões longitudinais devido ao carregamento vertical são calculadas através da expressão abaixo:

$$\sigma_p = W / (\pi \cdot D \cdot t), \text{ sendo:}$$



Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 003/24

 $\sigma_p \rightarrow$  Tensão longitudinal devido ao peso próprio no elemento [KPa]; $W \rightarrow$  Peso atuante na coluna (conforme Tabela 15); $D \rightarrow$  Diâmetro da coluna do reservatório [m]; $t \rightarrow$  Espessura do elemento verificado [m].

Aplicando a formulação acima com os dados referentes aos carregamentos verticais constantes da tabela 12 temos as seguintes tensões devido aos carregamentos de compressão nos anéis da coluna:

Anel	Altura (m)	Altura Acumulada (m)	Carregamento de Compressão no Anel (KN)	Tensão Calculada no Anel Devido ao Carregamento de Compressão (KPa)
12º	1,20	14,40	2624	<b>37624</b>
11º	1,20	13,20	2629	<b>47119</b>
10º	1,20	12,00	2634	<b>47209</b>
9º	1,20	10,80	2640	<b>47316</b>
8º	1,20	9,60	2646	<b>37939</b>
7º	1,20	8,40	2653	<b>38039</b>
6º	1,20	7,20	2660	<b>38140</b>
5º	1,20	6,00	2667	<b>38240</b>
4º	1,20	4,80	2673	<b>38326</b>
3º	1,20	3,60	2682	<b>30764</b>
2º	1,20	2,40	2690	<b>30856</b>
1º	1,20	1,20	2698	<b>30948</b>

**Tabela 13 – Tensão devido aos carregamentos de compressão**

**9.1.3- TENSÕES LONGITUDINAIS DEVIDAS AO VENTO**

As tensões longitudinais devido ao vento são calculadas através da expressão abaixo:

$$\sigma_{lv} = (4 \cdot M) / (\pi \cdot D^2 \cdot t), \text{ sendo:}$$

$\sigma_{lv}$  → Tensão longitudinal devido ao vento [KPa];

M → Momento atuante na coluna [KN.m];

D → Diâmetro da coluna do reservatório [m];

t → Espessura do elemento verificado [m].

Aplicando a formulação acima com os dados referentes aos momentos fletores constantes da tabela 12 temos as seguintes tensões devido aos esforços de vento nos anéis da coluna:

Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 003/24

Anel	Altura (m)	Altura Acumulada (m)	Momento Devido Ao Vento Por Anel (KN.m)	Tensão Calculada no Anel Devido aos Momentos Devido ao vento (KPa)
12º	1,20	14,40	1133	<b>64981</b>
11º	1,20	13,20	1270	<b>91048</b>
10º	1,20	12,00	1405	<b>100726</b>
9º	1,20	10,80	1536	<b>110118</b>
8º	1,20	9,60	1664	<b>95435</b>
7º	1,20	8,40	1789	<b>102605</b>
6º	1,20	7,20	1911	<b>109602</b>
5º	1,20	6,00	2030	<b>116427</b>
4º	1,20	4,80	2145	<b>123022</b>
3º	1,20	3,60	2257	<b>103557</b>
2º	1,20	2,40	2366	<b>108558</b>
1º	1,20	1,20	2475	<b>113559</b>

**Tabela 14 – Tensão devido aos momentos fletores devido ao vento**

## 9.2- COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS

Por fim há de se comparar os resultados obtidos com as tensões críticas calculadas. A tabela abaixo apresenta o resumo dos resultados:

**Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 003/24**

Anel	Tensão Devido à Compressão (KPa)	Tensão Devido aos Momentos (KPa)	Tensão Total Calculada (KPa)	Tensão Crítica (KPa)	$\sigma / \sigma_{cr}$	Status
12º	37624	64981	102605	160000	<b>0,64</b>	<b>Verifica Com Segurança</b>
11º	47119	91048	138167		<b>0,86</b>	
10º	47209	100726	147935		<b>0,92</b>	
9º	47316	110118	157434		<b>0,98</b>	
8º	37939	95435	133374		<b>0,83</b>	
7º	38039	102605	140644		<b>0,88</b>	
6º	38140	109602	147741		<b>0,92</b>	
5º	38240	116427	154667		<b>0,97</b>	
4º	38326	123022	161348		<b>1,01</b>	
3º	30764	103557	134321		<b>0,84</b>	
2º	30856	108558	139414		<b>0,87</b>	
1º	30948	113559	144507		<b>0,90</b>	

**Tabela 15 – Comparativo levando em consideração a simultaneidade das ações**

Logo temos que os materiais adotados para a coluna do reservatório verificam com segurança, em que pese o fato de o anel 4 estar acima 1% do limite do valor, porém, levando em conta as aproximações considera-se irrelevante a diferença, portanto, verifica-se os materiais conforme tabela 11, material ASTM A-36.

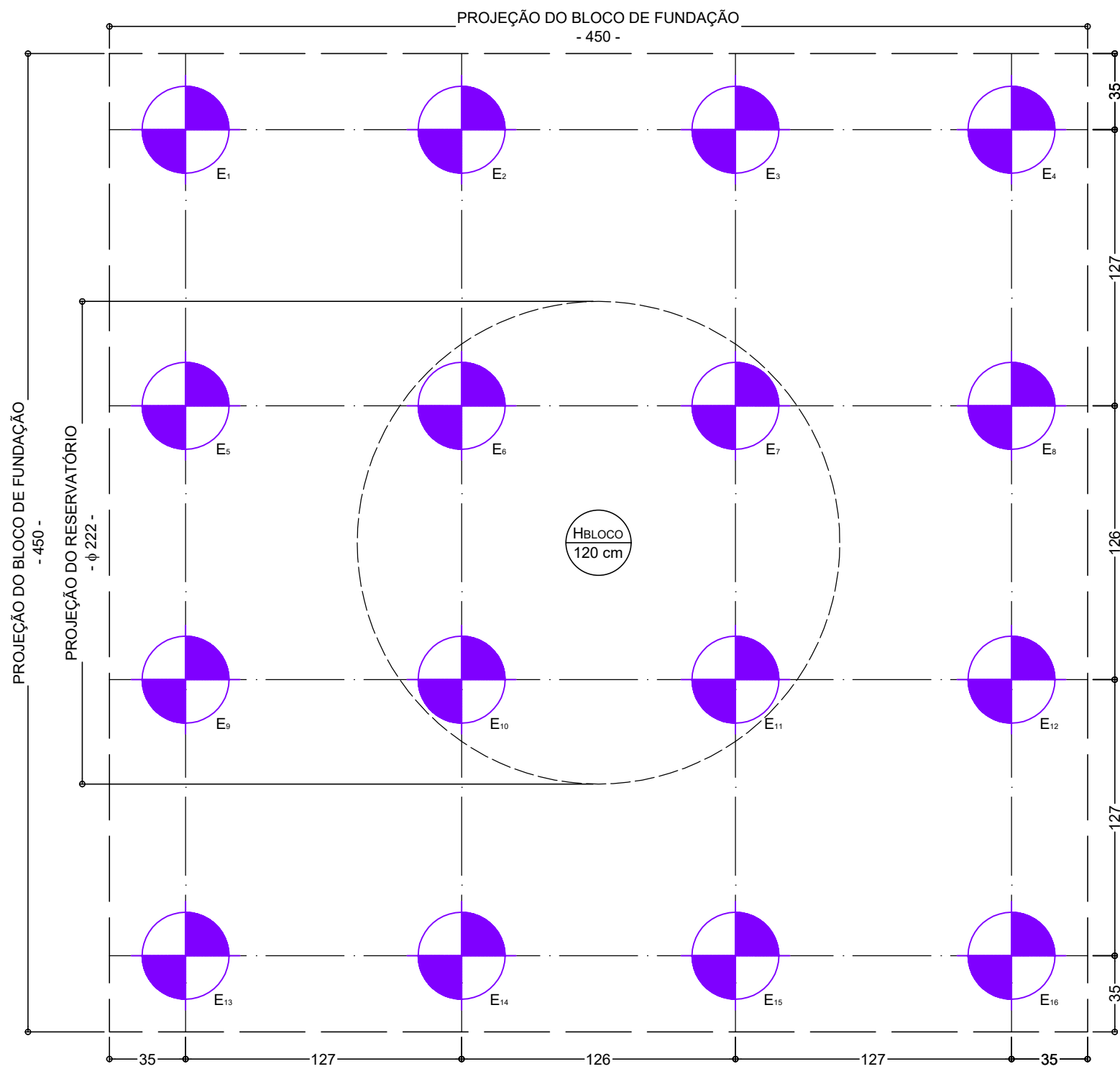
## **10- CONCLUSÕES**

Conforme discurrido concluimos que o reservatório verifica às condições de serviço impostas com segurança.

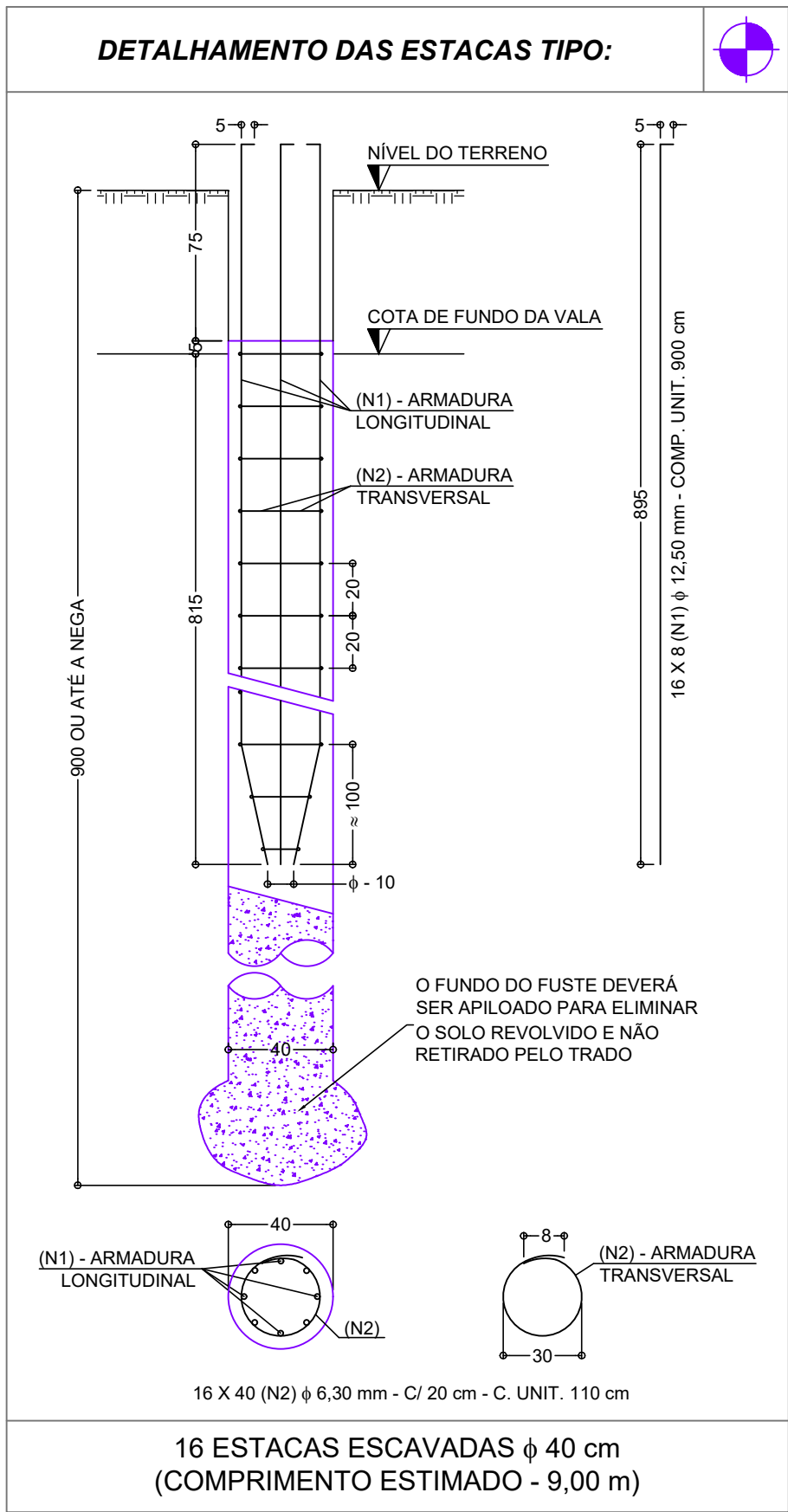
É o relatório,

**Eng. René Alexandre Galetti**

*Membro Titular do Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias – IBAPE/SP  
Especialista em Engenharia Geotécnica, Estrutural e de Avaliações e Perícias  
CREA: 5061122995  
ART: 2620240737618*



LOCAÇÃO DAS ESTACAS  
ESCALA 1:25



DETALHE DE GEOTÉCNICO / ESTRUTURAL DAS ESTACAS  
(ESCAVADAS φ 40 cm)  
ESCALA 1:25

LISTA APROXIMADA DE AÇO					
AÇO	POSICÃO	BITOLA	QUANT.	COMPRIMENTO	
				UNITÁRIO	TOTAL
CA - 50	(N1)	12,50 mm	128	9,00 m	1152,00 m
CA - 50	(N2)*	6,30 mm	640	1,10 m	704,00 m

\* - A ARMADURA (N2) PODERÁ SER SUBSTITUÍDA POR BARRA HELICOIDAL, NO MESMO DIÂMETRO E MESMO ESPAÇAMENTO

RESUMO APROXIMADO DE AÇO				
AÇO	BITOLA	COMP.	PESO	PESO + 10%
CA - 50	6,30 mm	704,00 m	177 Kg	194 Kg
CA - 50	12,50 mm	1152,00 m	1105 Kg	1217 Kg
PESO TOTAL ESTIMADO (+ 10%): 1411 Kg				
CONSUMO ESTIMADO DE ARAME RECOSSIDO: 30 Kg				

NOTAS:

- DIMENSÕES EM CENTÍMETRO (cm) E COTAS EM METRO (m);

- NÃO TOMAR MEDIDAS POR ESCALA;

- A EXECUÇÃO DAS FUNDAÇÕES DEVERÁ ESTAR EM CONFORMIDADE COM O QUE ESTABELECEM AS SEGUINTES NORMAS:

NBR 6118/2014 - PROJETO DE ESTRUTURA DE CONCRETO - PROCEDIMENTO.  
NBR 6122/2019 - PROJETO E EXECUÇÃO DE FUNDAÇÕES

- CONFORME O ITEM 8.2.1.2 DA NBR 6122/2019 CABERÁ AO EXECUTOR ESTACAS A GARANTIA DA CAPACIDADE DE CARGA INDICADO NO QUADRO "LISTA DE ESTACAS";

- TODO CONCRETO A SER UTILIZADO NAS ESTACAS DEVERÁ SER CLASSE C-25 (25 MPa), COM SLUMP MÍNIMO 140 +/- 10 mm, COM PEDRISCO, CONSUMO DE CIMENTO DE 280 Kg/m³, FATOR A/C < 0,60, EM CONFORMIDADE COM O ANEXO I DA NBR 6122/2019;

- O AÇO DEVERÁ SER CLASSE CA - 50 E CA - 60, CONFORME INDICADO;

- A CONCRETAGEM DAS ESTACAS NÃO PODE SER INTERROMPIDA;

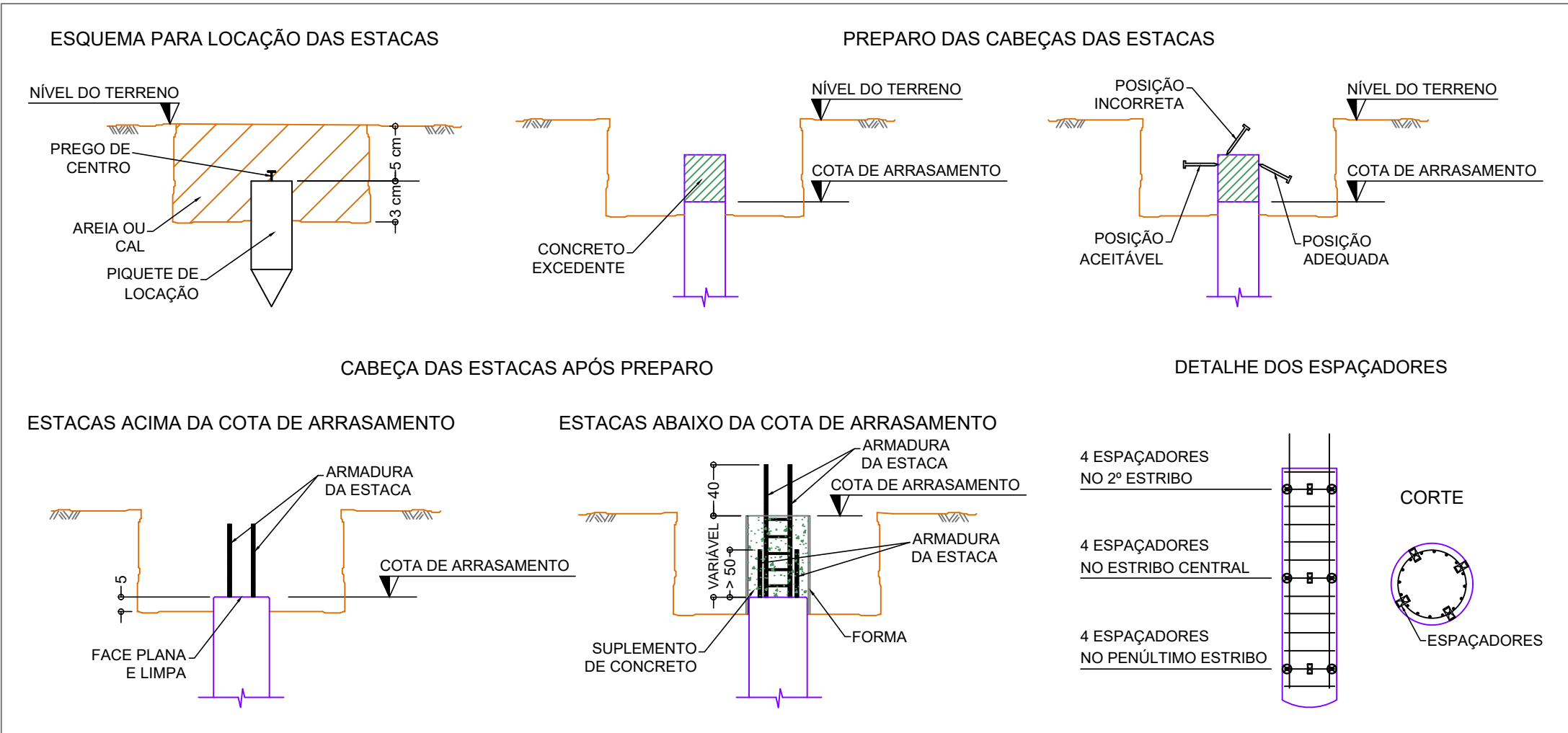
- AS ESTACAS DEVERÃO SER CONCRETADAS ATÉ 10 cm ACIMA DA COTA DE ARRASAMENTO PARA POSTERIOR PREPARO DAS CABEÇAS;

- ESTACAS ESCAVADAS, MOLDADAS "in loco", φ 40 cm, CONFORME DESCRIÇÃO;

- CLASSE DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL II;

- ELABORADO CONFORME BOLETIM DE SONDAGEM EXECUTADO PELA MTW SONDAGENS, BOLETIM 456 DE MARÇO/2024, SP-04.

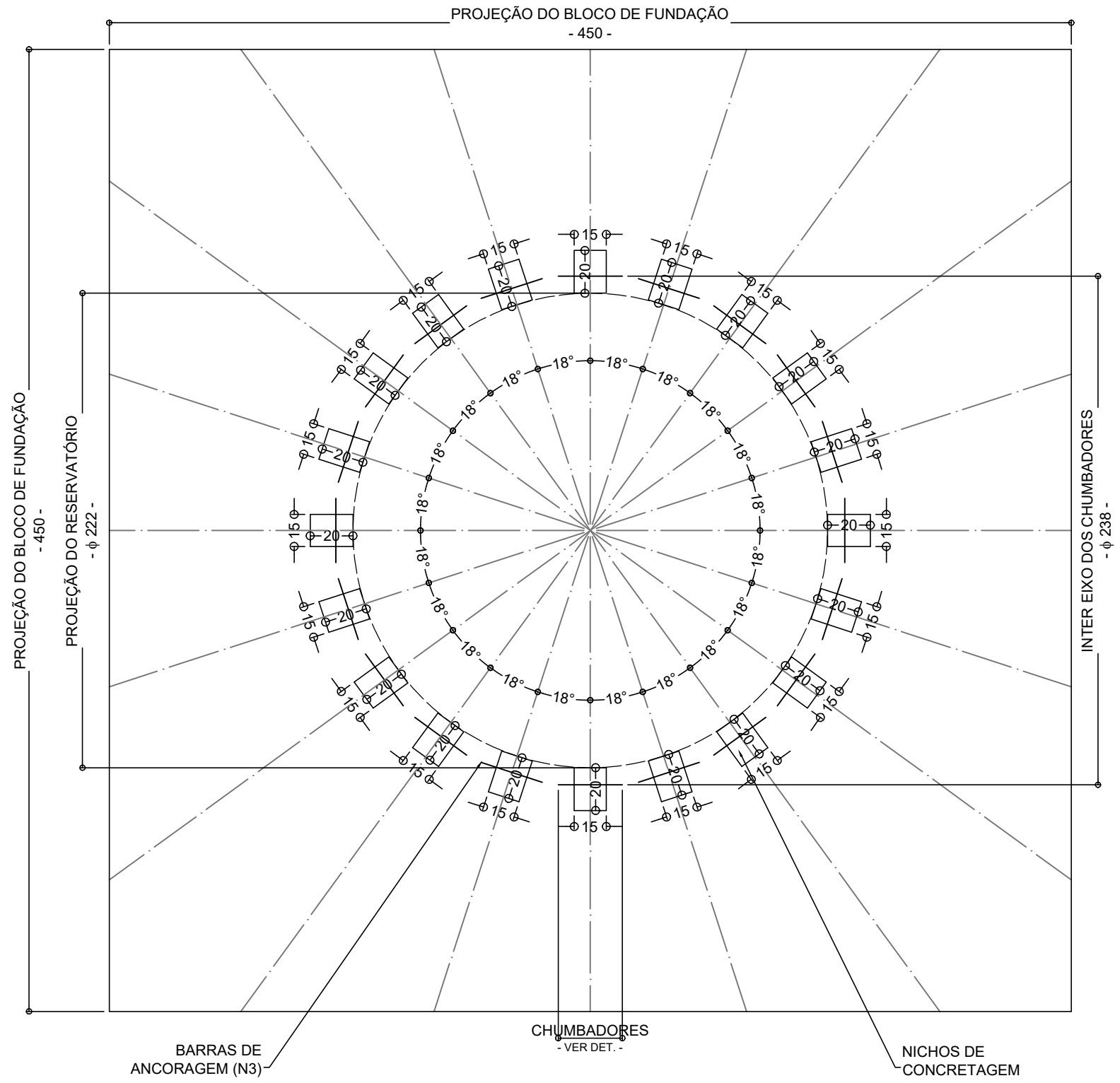
ENG. RENÊ ALEXANDRE GALETTI  
CREA: 5061122995



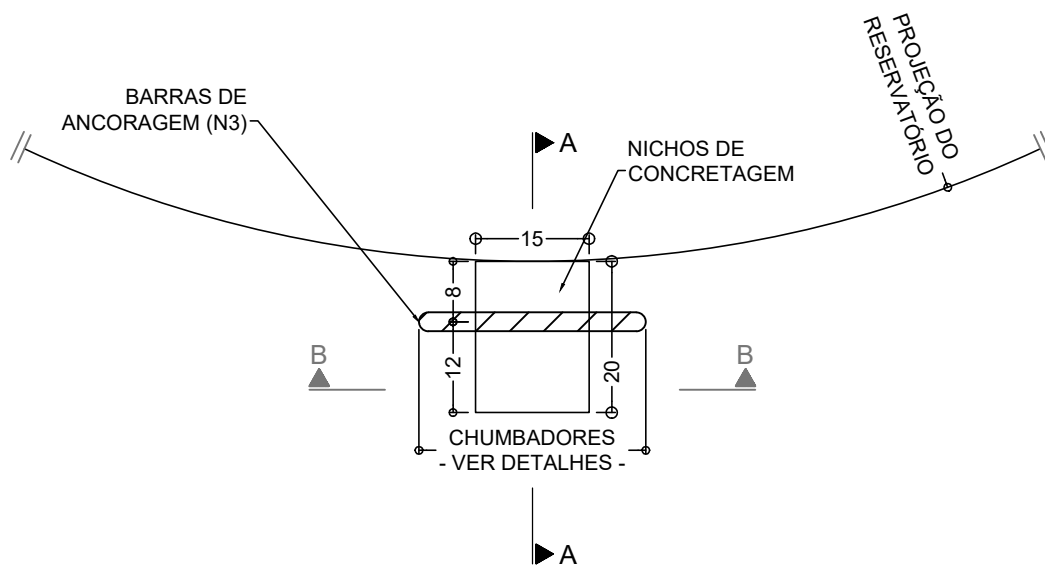
LISTA DE ESTACAS (PARA OS ELEMENTOS DESTA PRANCHA)						
ESTACAS	TIPO	QUANT.	DIÂMETRO (cm)	COMP. FUSTE (m) - CONF. OBRA	P <sub>adm</sub> ESTRUTURAL (kN)	V <sub>CONCRETO</sub> (m³)
+	ESCAVADA	16	40,00	9,00 (MÍNIMO)	572	308
VOLUME TOTAL DE CONCRETO:						18,10

Nº	DATA	REVISÃO	EXECUTADO POR	APROVADO POR	DEÁGUA		DESENHOS DE REFERÊNCIA	NÚMEROS	NOTAS GERAIS	DEÁGUA		PROJETO E CONSULTORIA:	RESERVATÓRIO METÁLICO TIPO TAÇA COLUNA SECA DE 250 m³ - COLUNA COM 14,40 m -	LOCAL:	FORMATO A1 (84,10 X 59,40) cm
					ACEITO	DATA									
0	28/03/24	EMISSION INICIAL	R. A. G.	-	-	-	-	-	-	-	-	PROJETO: ENG. RENÊ ALEXANDRE GALETTI MAR./2024	ARQ: DEÁGUA - 003-23	ACESSO III, GUAÍRA, SP	INDICADA
									- DIMENSÕES EM CENTÍMETRO (cm);	ANALISADO:	/ /	CREA: 5061122995			
									- COTAS EM METRO (m), QUANDO INDICADAS;	ACEITO:	/ /	A.R.T.: 2620240737618			
									- VERIFIAR MEDIDAS NA OBRA;	VISTO:	/ /				
									- NÃO TOMAR MEDIDAS POR ESCALA.						

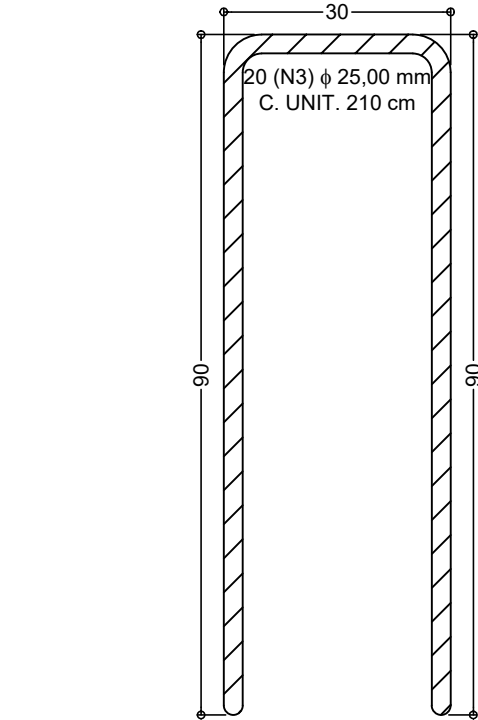




LOCAÇÃO DOS CHUMBADORES E NICHOS DE CONCRETAGEM  
ESCALA 1:25



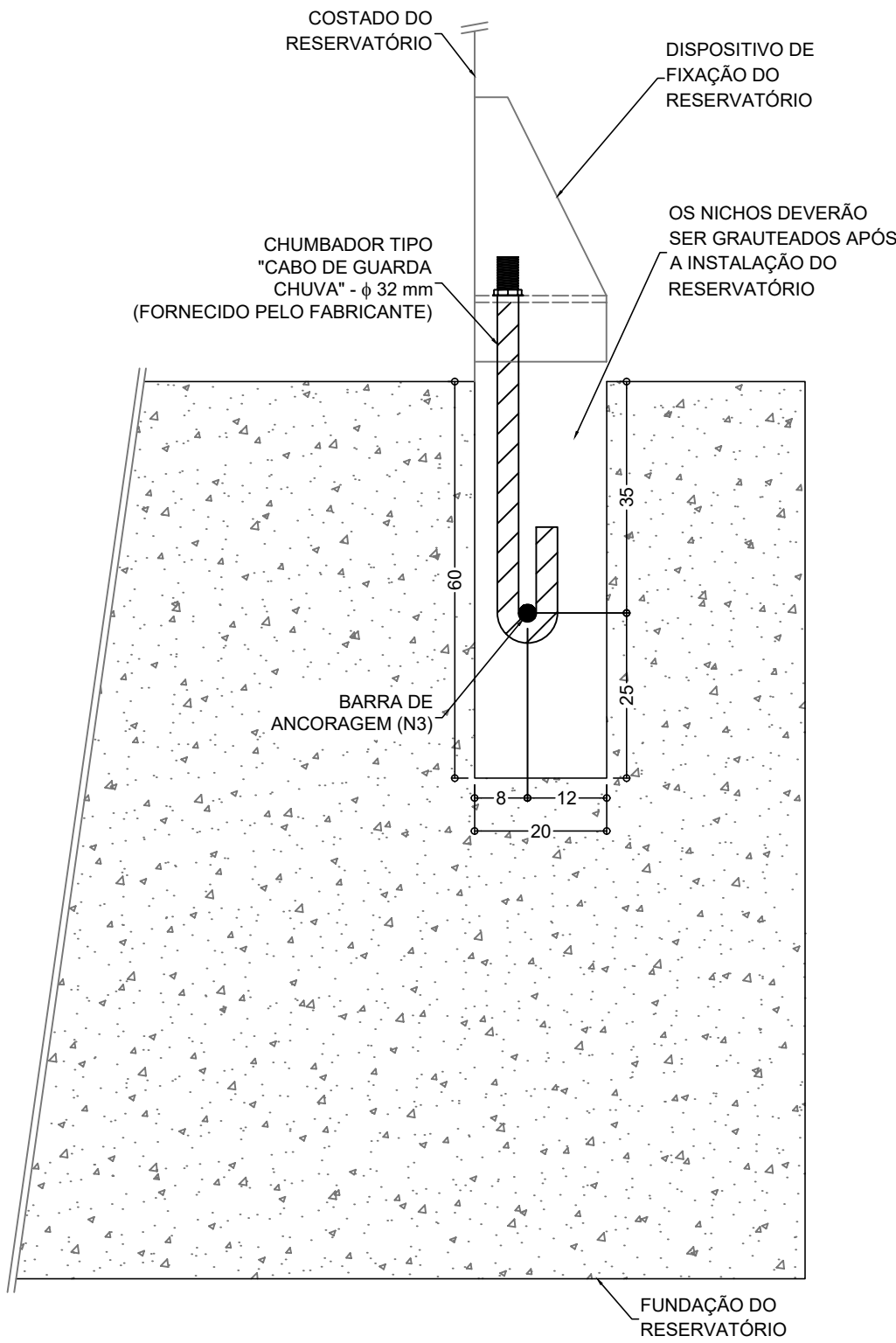
DETALHE DE LOCAÇÃO DOS NICHOS DE CONCRETAGEM  
ESCALA 1:10



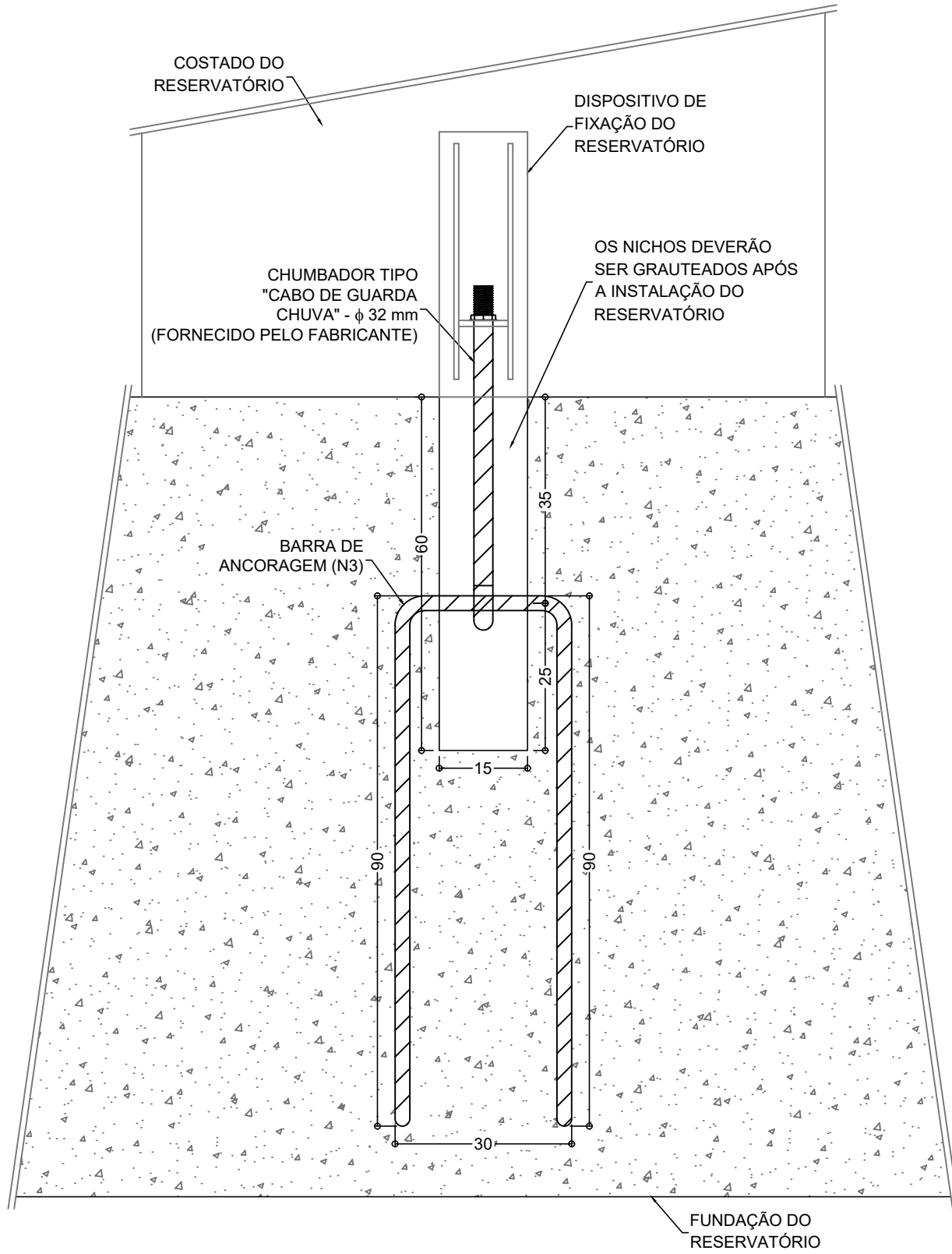
BARRAS DE ANCORAGEM (ARMADURA DO CHUMBADOR)  
ESCALA 1:10

LISTA APROXIMADA DE AÇO					
AÇO	POSIÇÃO	BITOLA	QUANT.	COMPRIMENTO	
				UNITÁRIO	TOTAL
CA - 50	(N3)	25,00 mm	20	2,10 m	42,00 m

RESUMO APROXIMADO DE AÇO				
AÇO	BITOLA	COMP.	PESO	PESO + 10%
CA - 50	25,00 mm	42,00 m	167 Kg	183 Kg
PESO TOTAL ESTIMADO (+ 10%): 183 Kg				
CONSUMO ESTIMADO DE ARAME RECOSIDO: 4 Kg				



CORTE A-A  
ESCALA 1:10

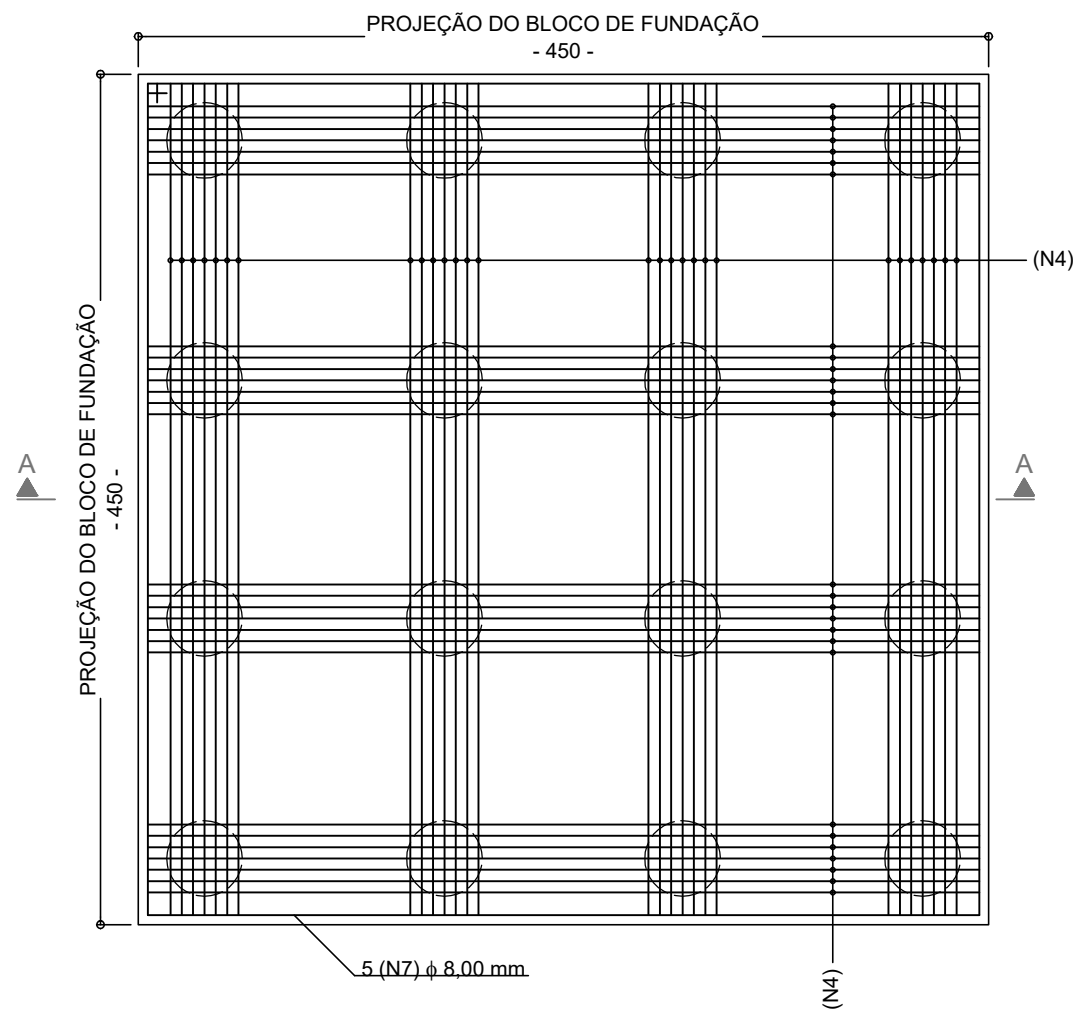


CORTE B-B  
ESCALA 1:10

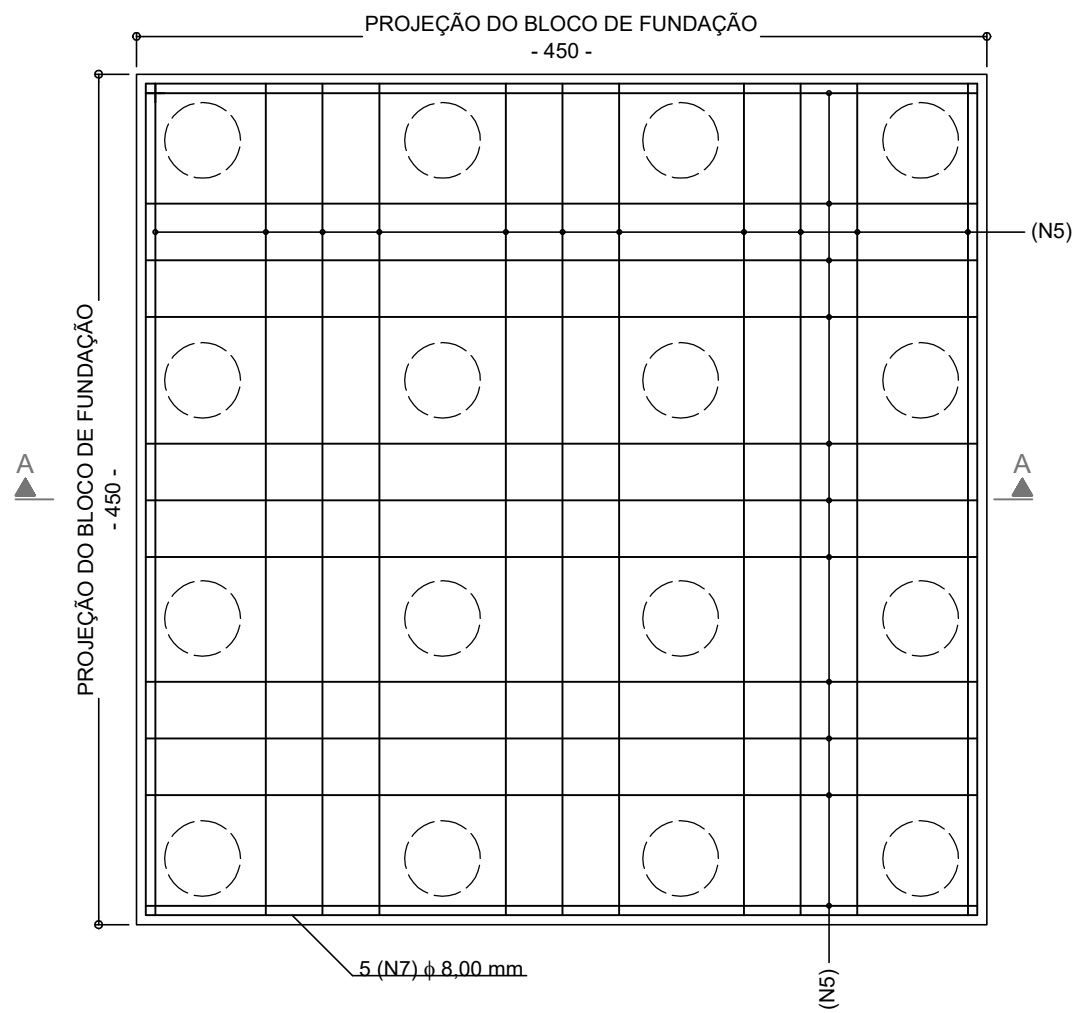
- NOTAS:**
- DIMENSÕES EM CENTÍMETRO (cm) E COTAS EM METRO (m);
  - NÃO TOMAR MEDIDAS POR ESCALA;
  - OS NICHOS DEVERÃO SER EXECUTADOS COM FORMA DE MADEIRA COMPENSADA OU COM PLACAS DE EPS, NAS MEDIDAS DO PROJETO;
  - O AÇO PARA A EXECUÇÃO DA BARRA DE ANCORAGEM DEVERÁ SER DO TIPO CA-50;
  - APÓS A INSTALAÇÃO DO RESERVATÓRIO OS NICHOS DEVERÃO SER PREENCHIDOS COM ARGAMASSA TIPO GRAUTE INDUSTRIALIZADA (IMEDIATAMENTE), COM RESISTÊNCIA MÍNIMA DE 35 MPa;
  - NO CASO DE EXECUÇÃO DAS FORMAS DOS NICHOS COM EPS, NÃO UTILIZAR PRODUTO QUÍMICO PARA SUA RETIRADA. RECOMENDA-SE A QUEIMA DO EPS, COM POSTERIOR APLICAÇÃO DE JATO D'ÁGUA DE ALTA PRESSÃO;
  - AS MEDIDAS DE LOCAÇÃO DA BARRA DE ANCORAGEM DEVEM SER TOTALMENTE RESPEITADAS.

ENG. RENÉ ALEXANDRE GALETTI  
CREA: 5061122995

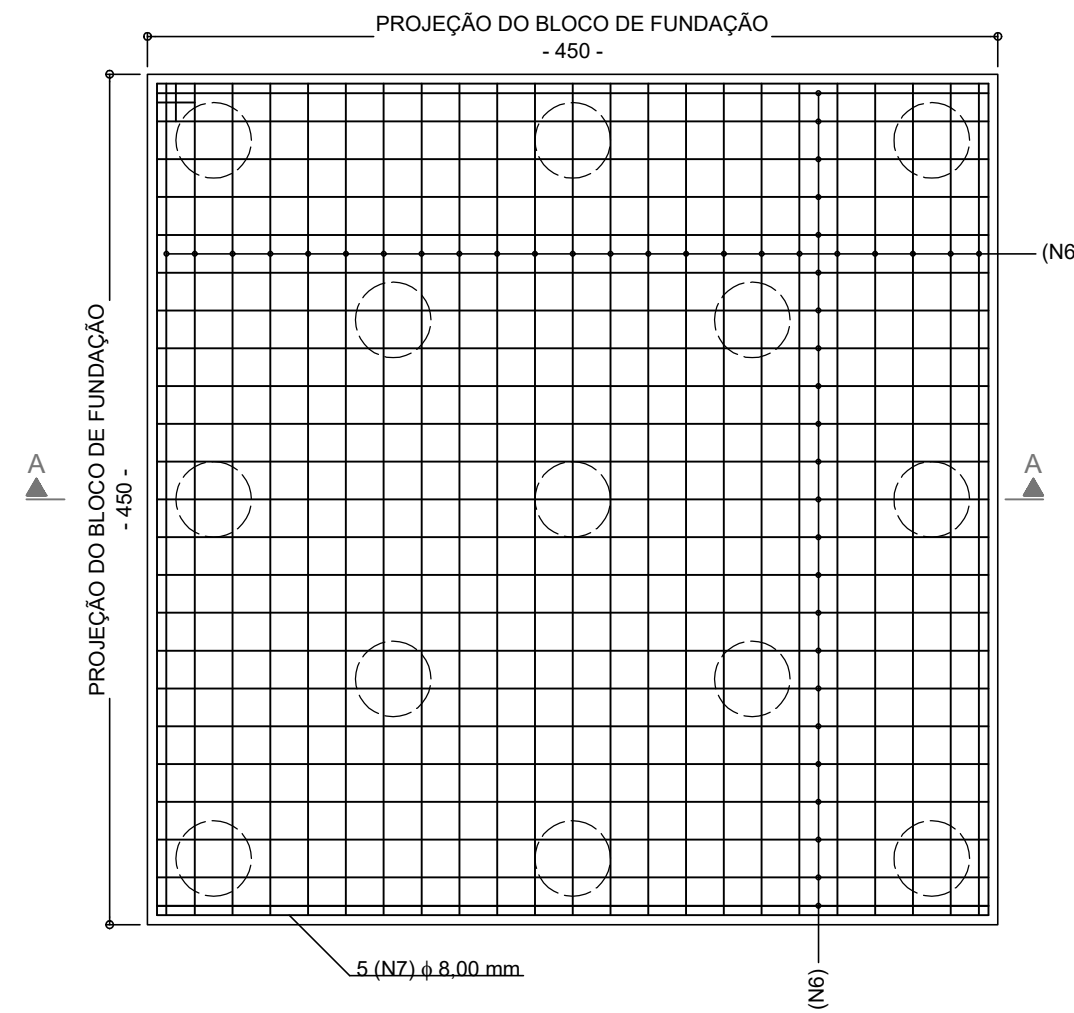
Nº	DATA	REVISÃO	EXECUTADO POR	APROVADO POR	DEÁGUA		DESENHOS DE REFERÊNCIA	NÚMEROS	NOTAS GERAIS	DEÁGUA		PROJETO E CONSULTORIA:	RESERVATÓRIO METÁLICO TIPO TAÇA COLUNA SECA DE 250 m³ - COLUNA COM 14,40 m -	CONTRATO:
					ACEITO	DATA				DEPARTAMENTO DE ESGOTO E ÁGUA DE GUAÍARA	296/2024			
0	28/03/24	EMIÇÃO INICIAL	R. A. G.	-	-	-	-	-	- DIMENSÕES EM CENTÍMETRO (cm);	<div><div>galetti</div><div>ENGENHARIA</div></div> <div>PROJETO: ENG. RENÉ ALEXANDRE GALETTI</div> <div>ACEITO: 5061122995</div> <div>VISTO: 2620240737618</div> <div>MAR./2024</div>	MAR./2024	REV.: 0	FL.: 02/03	CONTRATO:
								- COTAS EM METRO (m), QUANDO INDICADAS;				ARQ:		
								- VERIFIAR MEDIDAS NA OBRA;				DEÁGUA - 003-23		
								- NÃO TOMAR MEDIDAS POR ESCALA.				ESCALA:		
												LOCAL:	ACESSO III, GUAÍARA, SP	INDICADA



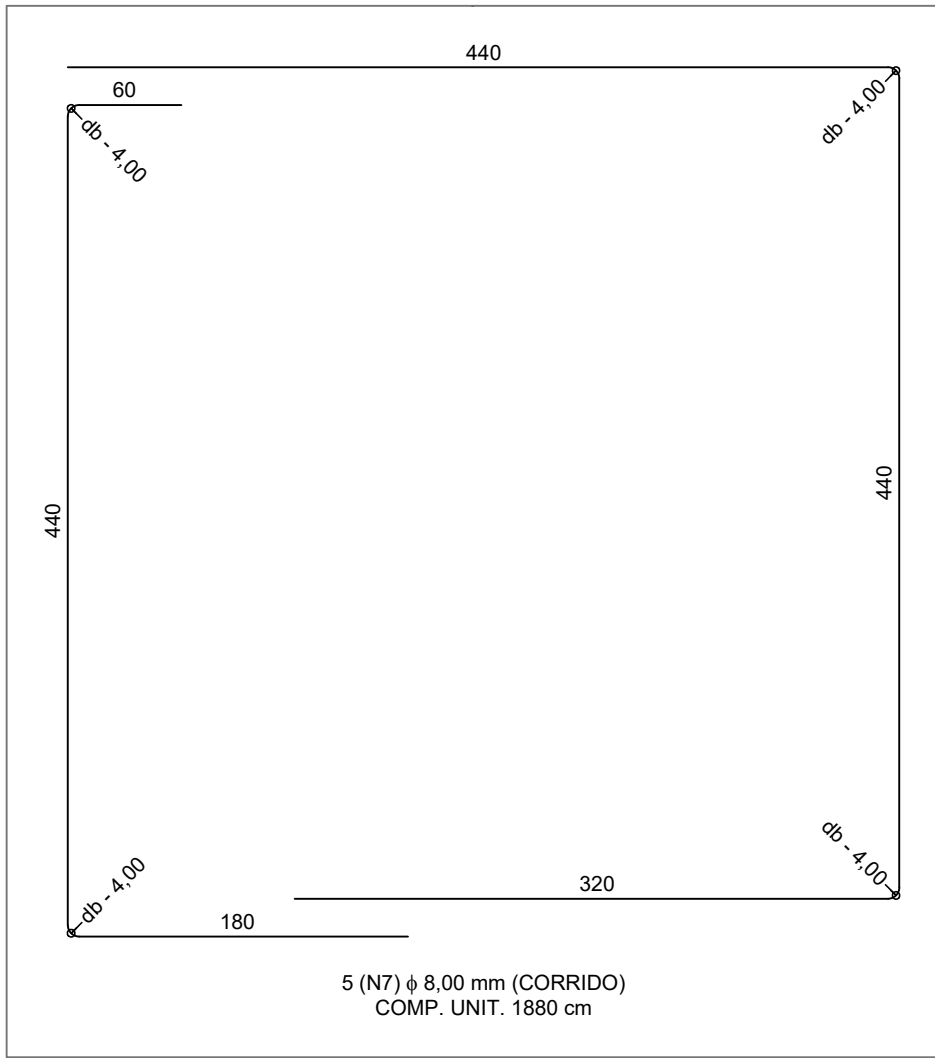
ARMADURA PRINCIPAL DO BLOCO DE FUNDAÇÃO  
ESCALA 1:40



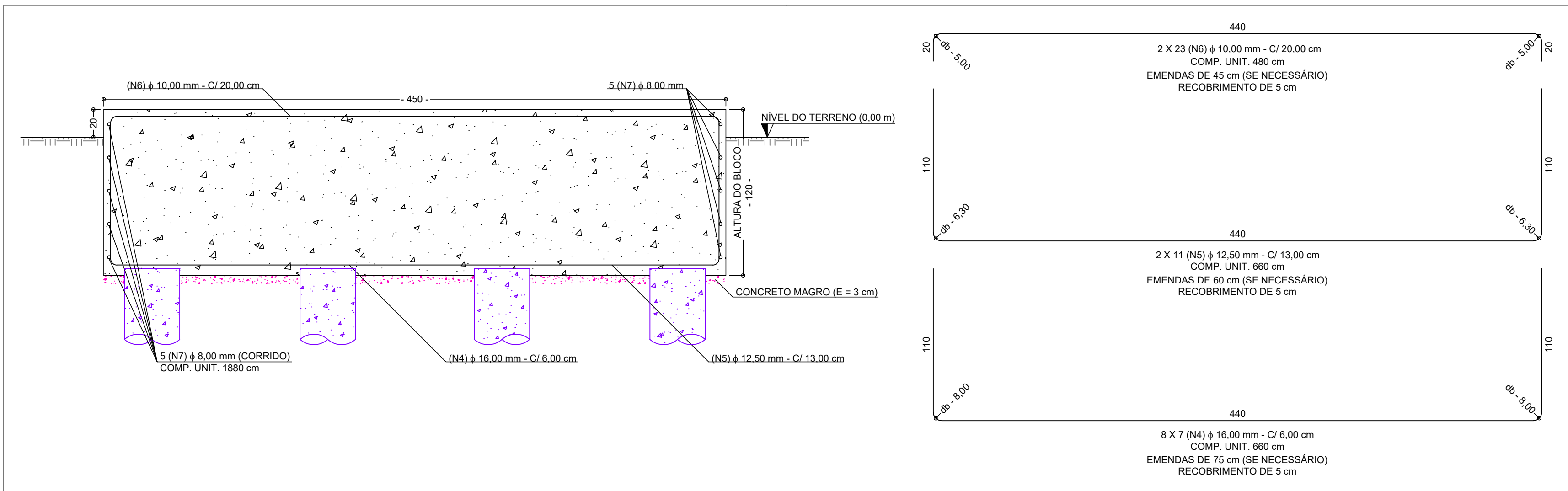
ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO DO BLOCO DE FUNDAÇÃO  
ESCALA 1:40



ARMADURA SUPERIOR DO BLOCO DE FUNDAÇÃO  
ESCALA 1:40



DETALHE DA ARMADURA LATERAL DA LAJE DE FUNDAÇÃO  
ESCALA 1:40



DETALHE DA ARMADURA CORTE A-A  
ESCALA 1:25

NOTAS:

- DIMENSÕES EM CENTÍMETRO (cm), A MENOS QUE INDICADO;
- A EXECUÇÃO DA ESTRUTURA DEVERÁ ESTAR EM CONFORMIDADE COM O QUE ESTABELECEM A SEGUINTE NORMA:
  - NBR 6118/2014 - PROJETO DE ESTRUTURA DE CONCRETO - PROCEDIMENTO.
- TODO CONCRETO A SER UTILIZADO NOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS DEVERÁ SER CLASSE C-30 (30 MPa), COM SLUMP 120 +/- 10 mm;
- O AÇO DEVERÁ SER CLASSE CA - 50 OU CA - 60;
- O FUNDO DAS VALAS DEVERÁ SER COMPACTADO MECANICAMENTE PARA A CORRETA HOMOGENEIZAÇÃO DAS TENSÕES;
- NÃO TOMAR MEDIDAS POR ESCALA;
- CLASSE DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL II;
- VOLUME DE CONCRETO MAGRO: 0,70 m³.
- VOLUME DE CONCRETO C-25: 24,30 m³.

DETALHES GERAIS

DETALHE DA JUNTA DE CONCRETAGEM  
SEM ESCALA

PREPARAR A SUPERFÍCIE ANTES DA CONCRETAGEM LIMPANDO E REMOVENDO O MATERIAL SOLTO E SATURANDO COM ÁGUA 24 HORAS ANTES.

ESPAÇAMENTO ENTRE AS BARRAS  
SEM ESCALA

$\phi \leq 20,00 \text{ mm} \rightarrow ev = eh = 2,00 \text{ cm}$   
 $\phi \geq 25,00 \text{ mm} \rightarrow ev = eh = 2,50 \text{ cm}$

DETALHE DE DOBRAMENTO DAS BARRAS  
SEM ESCALA

$\phi$ (mm)	db (mm)	Amin (mm)	Cmin (mm)
5,00	25,00	3,00	6,00
6,30	30,00	4,00	7,00
8,00	40,00	5,00	9,00
10,00	50,00	6,00	12,00
12,50	63,00	7,00	15,00
16,00	80,00	9,00	19,00
20,00	100,00	11,00	23,00
25,00	125,00	14,00	29,00

DETALHE DE DOBRAMENTO DOS ESTRIBOS  
SEM ESCALA



NO DETALHAMENTO DA ARMADURA ESTÃO INDICADAS AS MEDIDAS "L" DO CORPO DA BARRA SEMPRE PELA FACE EXTERNA.

CADA DOBRA DE ESTRIBO DEVE SER A 90° E COM COMPRIMENTO MÍNIMO INDICADO NA TABELA.

LISTA APROXIMADA DE AÇO					
AÇO	POSIÇÃO	BITOLA	QUANT.	COMPRIMENTO	
				UNITÁRIO	TOTAL
CA - 50	(N4)	16,00 mm	56	6,60 m	369,60 m
CA - 50	(N5)	12,50 mm	22	6,60 m	145,20 m
CA - 50	(N6)	10,00 mm	46	4,80 m	220,80 m
CA - 50	(N7)	8,00 mm	5	18,80 m	94,00 m

RESUMO APROXIMADO DE AÇO				
AÇO	BITOLA	COMP.	PESO	PESO + 10%
CA - 50	8,00 mm	94,00 m	38 Kg	42 Kg
CA - 50	10,00 mm	220,80 m	137 Kg	151 Kg
CA - 50	12,50 mm	145,20 m	140 Kg	154 Kg
CA - 50	16,00 mm	369,60 m	592 Kg	651 Kg
PESO TOTAL ESTIMADO (+ 10%): 968 Kg				
CONSUMO ESTIMADO DE ARAME RECOSIDO: 20 Kg				

ENG. RENÉ ALEXANDRE GALETTI  
CREA: 5061122995

Nº	DATA	REVISÃO	EXECUTADO POR	APROVADO POR	DEÁGUA		DESENHOS DE REFERÊNCIA	NÚMEROS	NOTAS GERAIS	DEÁGUA DEPARTAMENTO DE ESGOTO E ÁGUA DE GUAÍARA	PROJETO E CONSULTORIA: 	RESERVATÓRIO METÁLICO TIPO TAÇA COLUNA SECA DE 250 m³ - COLUNA COM 14,40 m -		CONTRATO:	
					ACEITO	DATA								296/2024	
0	28/03/24	EMISSÃO INICIAL	R. A. G.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	REV.: 0	FL.: 03/03
									- DIMENSÕES EM CENTÍMETRO (cm):					ARQ:	DEÁGUA - 003-23
									- COTAS EM METRO (m), QUANDO INDICADAS:					DEÁGUA - 003-23	ESCALA:
									- VERIFICAR MEDIDAS NA OBRA:					DEÁGUA - 003-23	INDICADA
									- NÃO TOMAR MEDIDAS POR ESCALA.					DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA
														DEÁGUA - 003-23	INDICADA



# ***Memorial Descritivo (Execução da Fundação Do Reservatório)***

***Obra:*** Construção de Reservatório Metálico Tipo Taça Coluna Seca

***Cliente:*** DEÁGUA – Departamento e Esgoto e Água de Guairá

***Município:*** Guairá, SP

**Rev.: 0**

***Eng. René Alexandre Galetti***

***Membro Titular do Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias – IBAPE/SP  
Especialista em Engenharia Geotécnica, Estrutural e de Avaliações e Perícias***

***CREA: 5061122995***

***ART: 28027230231417897***



Olímpia, 27 de março de 2024

## **1- INTRODUÇÃO**

O presente relatório tem por finalidade estabelecer o memorial descritivo para execução de fundação de reservatório metálico de 250 m<sup>3</sup> tipo taça coluna seca, com 14,40 m de coluna, localizado no Acesso III da Rodovia Assis Chateaubriand, Município de Guaíra.

## **2- FUNDAÇÃO**

### **2.1- ESTACAS**

A fundação do reservatório será constituída por 16 estacas tipo escavadas com diâmetro de 40 cm e profundidade mínima de 9,00 m.

A carga estrutural das estacas é de 572 KN e carga geotécnica aproximada de 308 KN.

O concreto a ser utilizado nas estacas deverá ser classe C-25 (25 Mpa), consumo mínimo de cimento de 280 Kg/m<sup>3</sup>, slump de 140 +/- 10 mm e o agregado graúdo deverá ser pedrisco, em conformidade com o anexo "I" da NBR 6122/2019.

Após a escavação das estacas o fundo do fuste deverá ser apiloado para eliminar o solo revolvido e não retirado pelo trado.

A armadura longitudinal das estacas será constituída por 8 barras de 12,50 mm com comprimento de 9,00 m e a armadura transversal será constituída por barras de 6,30 mm a cada 20 cm, comprimento desenvolvido de 1,10 m.

As estacas deverão ser concretadas até 10 cm acima da cota de arrasamento para posterior preparo da cabeça.

Todo aço a ser utilizado deverá ser CA-50.

### **2.3- BLOCO DE FUNDAÇÃO**

O bloco sobre as estacas terá formato quadrangular com 4,50 m de lato e espessura de 1,20 m, o concreto a ser utilizado neste elemento será classe C-30 (30 Mpa), consumo mínimo de cimento de 320 Kg/m<sup>3</sup>, slump de 120 +/- 10 mm e o agregado graúdo deverá brita 1, peneira 16.

A armadura principal do bloco será constituída por 56 barras de 16,00 mm a cada 6 cm, com comprimento unitário de 6,60 m.

A armadura de distribuição inferior do bloco será constituída por 22 barras de 12,50 mm a cada 13 cm, com comprimento unitário de 6,60 m.

A armadura superior do bloco será constituída por 46 barras de 10,00 mm a cada 20 cm, com comprimento unitário de 4,80 m.

A armadura lateral, por sua vez, será composta por 5 barras de 8,00 mm, com comprimento de 18,80 m.

O concreto do bloco de fundação deverá ser lançado em alturas não superiores à 1,50 m, e deverá ser observado o correto procedimento de adensamento, utilizando vibradores de mangote para o serviço

### **2.3- ESCAVAÇÃO E FORMAS**

A escavação da vala para a implantação da fundação deverá ser executada com profundidade de 100 cm, para a implantação do bloco de fundação.

Previamente a execução das formas deverá ser observado o procedimento de arrasamento das estacas constante do projeto.

A forma será executada com altura de 120 cm, em todo o perímetro do bloco de fundação, com 100 cm abaixo do nível natural e os 20 cm restantes acima deste nível para que se evite o acúmulo de água no pé do reservatório.

Toda forma deverá ser executada em madeira serrada.

O solo de base deverá ser compactado mecanicamente, sem controle do grau de compactação.

É de responsabilidade do contratado a retirada das formas após a instalação do reservatório.

### **2.3- NICHOS DE CONCRETAGEM**

Serão executados 20 nichos de concretagem, para implantação dos chumbadores, com dimensões de (0,15 x 0,20 x 0,60) m, dispostos a 18º em relação ao eixo da fundação.

A barra de ancoragem será constituída por barras de 25 mm, comprimento de 2,10 m, e profundidade em relação à face superior da laje de fundação de 0,35 m.

O aço a ser utilizado na barra de ancoragem deverá ser CA-50.

### **3- RECEBIMENTO**

Após a execução da fundação do reservatório todo entorno deverá estar organizado e limpo, sendo o serviço considerado recebido após a conferência do serviço e a checagem da horizontalidade da face do bloco de fundação.

É o relatório,

**Eng. Renê Alexandre Galetti**  
*Membro Titular do Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias – IBAPE/SP*  
*Especialista em Engenharia Geotécnica, Estrutural e de Avaliações e Perícias*  
CREA: 5061122995  
ART: 28027230231417897





# ***Memória de Cálculo Para Elaboração de Projeto de Fundação de Reservatório***

***Obra:*** Construção de Reservatório Metálico Tipo Taça Coluna Seca

***Cliente:*** DEÁGUA – Departamento e Esgoto e Água de Guaíra

***Município:*** Guaíra, SP

**Rev.: 0**

***Eng. Renê Alexandre Galetti***

***Membro Titular do Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias – IBAPE/SP  
Especialista em Engenharia Geotécnica, Estrutural e de Avaliações e Perícias***

***CREA: 5061122995***

***ART: 2620240737618***

**Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 003/24**

Olímpia, 27 de março de 2024

## **1- INTRODUÇÃO**

O presente relatório tem por finalidade estabelecer a memória de cálculo para elaboração de projeto de fundações de um reservatório metálico tipo taça coluna seca de 250 m<sup>3</sup>, coluna com 14,40 m, localizado no Acesso III da Rodovia Assis Chateaubriand, Município de Guaíra.

## **2- CARREGAMENTOS**

Neste item serão demonstrados os carregamentos atuantes na fundação, sendo eles:

**Cargas Verticais** → Carregamentos devido ao peso próprio do reservatório bem como a água armazenada;

**Forças Horizontais** → Força devida ao vento atuante no costado do reservatório.

### **2.1- CARGAS VERTICAIS**

As composições das cargas verticais, como já dito, são àquelas devido ao peso próprio do reservatório somado a reserva d'água.

Conforme apontado em projeto estrutural do reservatório elaborado preteritamente, o seu peso próprio é de 20000 Kg (200 KN), portanto temos:

**Peso vazio do reservatório** →  $P_v = 20000 \text{ Kg} = 200 \text{ KN}$

Tendo em vista que peso específico da água é  $\gamma_w = 10 \text{ KN/m}^3$ , peso total de água é de 2500 KN, somando-se ao peso vazio do reservatório temos que o peso cheio é de:

**Peso cheio do reservatório →  $P_c = 2700 \text{ KN}$**

Considerando o modelo do reservatório em estudo (taça coluna seca), podemos considerar as cargas verticais são transmitidas à fundação de maneira concentrada pelo contato da coluna à fundação, logo temos:

**Carga vertical mínima →  $CV_{\min} = 200 \text{ KN}$**

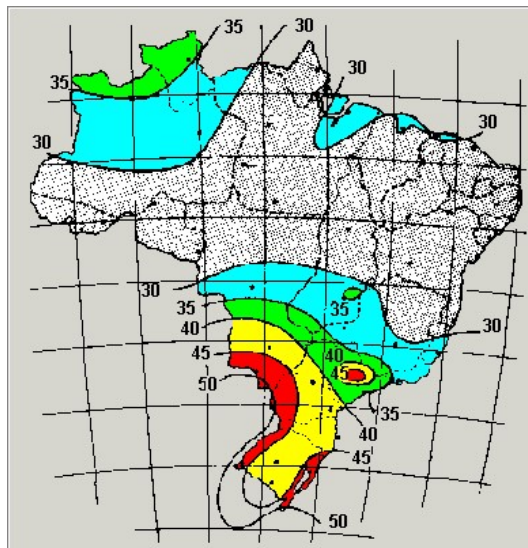
**Carga vertical máxima →  $CV_{\max} = 2700 \text{ KN}$**

## **2.2- FORÇAS HORIZONTAIS**

As forças horizontais que agem sobre o reservatório são as forças devidas aos esforços de vento, definidas pela NBR 6123/23 – “Forças devidas ao vento em edificações”.

### **2.2.1- VELOCIDADE BÁSICA DO VENTO ( $V_0$ )**

A velocidade básica do vento ( $V_0$ ) é definida conforme isopletras de velocidades básicas, figura 1, página 11, NBR 6123/23:



**Figura 1 – Isopletas da velocidade básica de vento (NBR 6123/23)**

A cidade de Guaíra localiza-se na parte oeste do estado, sendo a velocidade básica do vento adotada como 40 m/s, logo:

$$V_0 = 40 \text{ m/s}$$

## **2.2.2- DETERMINAÇÃO DA PRESSÃO DINÂMICA OU PRESSÃO DE OBSTRUÇÃO (Q)**

### **2.2.2.1- VELOCIDADE CARACTERÍSTICA DO VENTO ( $V_k$ )**

A velocidade característica ( $V_k$ ) é a velocidade usada em projeto, sendo que são considerados os fatores topográficos ( $S_1$ ), influência da rugosidade (obstáculos no entorno

**Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 003/24**

da edificação) e dimensões da edificação (S2) e o fator de uso da edificação, que considera a vida útil e o tipo de uso (S3). A velocidade característica pode ser expressa como:

$$V_k = V_0 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3, \text{ sendo:}$$

$V_k \rightarrow$  Velocidade característica do vento [m/s];

$V_0 \rightarrow$  Velocidade básica do vento [m/s];

$S_1 \rightarrow$  Fator topográfico;

$S_2 \rightarrow$  Fator de rugosidade e dimensões da edificação;

$S_3 \rightarrow$  Fator estatístico.

### **2.2.2- FATOR TOPOGRÁFICO ( $S_1$ )**

O fator topográfico ( $S_1$ ) é definido pelo item 5.2 da NBR 6123/23, podendo tomar os seguintes valores:

a) *Terrenos planos ou fracamente acidentados:  $S_1 = 1,00$ ;*

b) *Taludes e morros:*

- *Taludes e morros alongados nos quais pode ser admitido um fluxo de ar bidimensional soprando no sentido indicado na Figura 3;*

- *No ponto A (morros) e nos pontos A e C (taludes):  $S_1 = 1,00$ ;*

- *No ponto B: [ $S_1$  é uma função  $S_{1(z)}$ ]:*



Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 003/24

$$\theta \leq 3^\circ: S_{1(z)} = 1,0$$

$$6^\circ \leq \theta \leq 17^\circ: S_{1(z)} = 1,00 + [2,50 - (z/d)] \operatorname{tg}(\theta - 3^\circ) \geq 1,00$$

$$\theta \geq 45^\circ S_{1(z)} = 1,00 + [2,50 - (z/d)] 0,31 \geq 1,00$$

[interpolar linearmente para  $3^\circ < \theta < 6^\circ < 17^\circ < \theta < 45^\circ$ ]

Onde:

$z \rightarrow$  altura medida a partir da superfície do terreno no ponto considerado;

$d \rightarrow$  diferença de nível entre a base e o topo do talude ou morro;

$\theta \rightarrow$  inclinação média do talude ou encosta do morro.

Nota: Entre A e B e entre B e C, o fator  $S_1$  é obtido por interpolação linear.

c) Vales profundos, protegidos de ventos de qualquer direção:  $S_1 = 0,90$ .

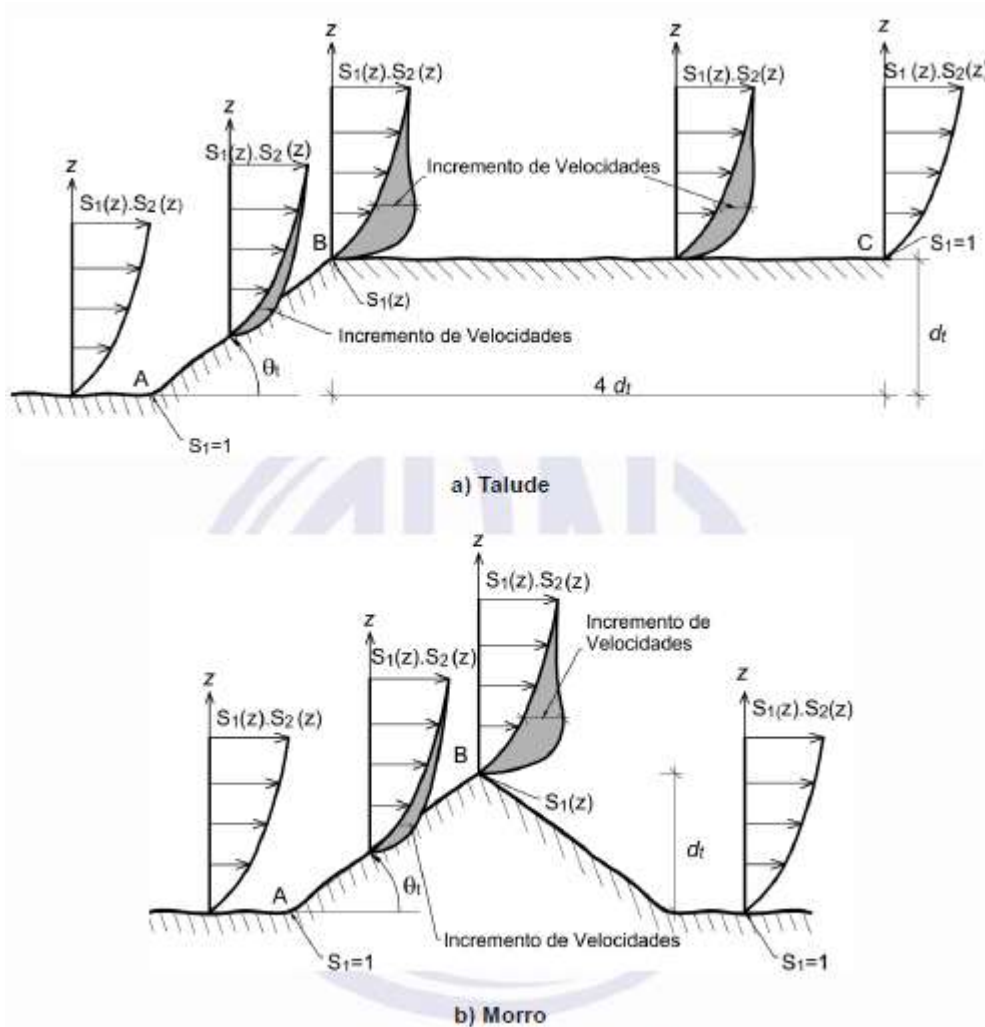


Figura 2 – Fator topográfico  $S_1(z)$

Figura 2 – Fator topográfico  $S_1(z)$

Portanto para o nosso caso temos como possibilidade a aplicação do item (a), logo:

$$S_1 = 1,00$$

**2.2.3- FATOR DE RUGOSIDADE DO TERRENO, DIMENSÕES DA EDIFICAÇÃO  
E ALTURA SOBRE O TERRENO ( $S_2$ )**

Este fator ( $S_2$ ) é definido pelo item 5.3 da NBR 6123/23

$S_2$  é determinado definindo uma categoria (rugosidade do terreno) e uma classe de acordo com as dimensões da edificação. As categorias são definidas, de acordo com a NBR 6123/23, e são apresentadas abaixo:

**Categorias do Terreno Conforme NBR 6123/23**

<b>Categoria</b>	<b>Descrição do Ambiente</b>	<b>Exemplos</b>
I	Superfícies lisas de grandes dimensões, com mais de 5 km de extensão, medida na direção e sentido do vento incidente	mar calmo; lagos e rios; pântanos sem vegetação
II	Terrenos abertos em nível ou aproximadamente em nível, com poucos obstáculos isolados, tais como árvores e edificações baixas.	zonas costeiras planas; pântanos com vegetação rala; campos de aviação; pradarias e charnecas; fazendas sem sebes ou muros.
III	Terrenos planos ou ondulados com obstáculos, tais como sebes e muros, poucos quebra-ventos de árvores, edificações baixas e esparsas	granjas e casas de campo, com exceção das partes com matos; fazendas com sebes e/ou muros; subúrbios a considerável distância do centro, com casas baixas e esparsas.

Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 003/24

IV	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada.	zonas de parques e bosques com muitas árvores; cidades pequenas e seus arredores; subúrbios densamente construídos de grandes cidades; áreas industriais plena ou parcialmente desenvolvidas
V	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos, grandes, altos e pouco espaçados.	florestas com árvores altas, de copas isoladas; centros de grandes cidades; complexos industriais bem desenvolvidos.

**Tabela 1 – Categoria do terreno****Classes das Edificações Conforme NBR 6123/23**

Classe	Descrição
A	Todas as unidades de vedação, seus elementos de fixação e peças individuais de estruturas sem vedação. Toda edificação na qual a maior dimensão horizontal ou vertical não exceda 20 m.
B	Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal esteja entre 20 m e 50 m.
C	Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal exceda 50 m.

**Tabela 2 – Classes de edificações**

Temos, no nosso caso, os seguintes pares de parâmetros, **Categoria III e Classe B**.

**Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 003/24**

Após determinada a categoria e classe aplicamos os índices à tabela abaixo que pode ser encontrada na página 16 da NBR 6123/23, sendo assim o coeficiente  $S_2$  será estabelecido com o seguinte valor:

**Tabela 3 – Fator  $S_2$**

z (m)	Categoria														
	I			II			III			IV			V		
	Classe			Classe			Classe			Classe			Classe		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
≤ 5	1,06	1,04	1,01	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82	0,79	0,76	0,73	0,74	0,72	0,67
10	1,10	1,09	1,06	1,00	0,98	0,95	0,94	0,92	0,88	0,86	0,83	0,80	0,74	0,72	0,67
15	1,13	1,12	1,09	1,04	1,02	0,99	0,98	0,96	0,93	0,90	0,88	0,84	0,79	0,76	0,72
20	1,15	1,14	1,12	1,06	1,04	1,02	1,01	0,99	0,96	0,93	0,91	0,88	0,82	0,80	0,76
30	1,17	1,17	1,15	1,10	1,08	1,06	1,05	1,03	1,00	0,98	0,96	0,93	0,87	0,85	0,82
40	1,20	1,19	1,17	1,13	1,11	1,09	1,08	1,07	1,04	1,02	0,99	0,96	0,91	0,89	0,86
50	1,21	1,21	1,19	1,15	1,13	1,12	1,10	1,09	1,06	1,04	1,02	0,99	0,94	0,93	0,89
60	1,22	1,22	1,21	1,16	1,15	1,14	1,12	1,11	1,09	1,07	1,04	1,02	0,97	0,95	0,92
80	1,25	1,25	1,23	1,19	1,18	1,17	1,16	1,15	1,12	1,10	1,08	1,06	1,01	1,00	0,97
100	1,26	1,26	1,25	1,22	1,21	1,20	1,18	1,17	1,15	1,13	1,11	1,09	1,05	1,03	1,01
120	1,28	1,28	1,27	1,24	1,23	1,22	1,21	1,20	1,18	1,16	1,14	1,12	1,07	1,06	1,04
140	1,29	1,29	1,28	1,25	1,24	1,24	1,22	1,22	1,20	1,18	1,16	1,14	1,10	1,09	1,07
160	1,30	1,30	1,29	1,27	1,26	1,25	1,24	1,23	1,22	1,20	1,18	1,16	1,12	1,11	1,10
180	1,31	1,31	1,30	1,28	1,27	1,27	1,26	1,25	1,23	1,22	1,20	1,18	1,14	1,14	1,12
200	1,32	1,32	1,31	1,29	1,28	1,28	1,27	1,26	1,25	1,23	1,21	1,20	1,16	1,16	1,14
250	1,33	1,34	1,33	1,31	1,31	1,31	1,30	1,29	1,28	1,27	1,25	1,23	1,20	1,20	1,18
300				1,34	1,33	1,33	1,32	1,32	1,31	1,29	1,27	1,26	1,23	1,23	1,22
350							1,34	1,34	1,33	1,32	1,30	1,29	1,26	1,26	1,26
400										1,34	1,32	1,31	1,29	1,29	1,29
420										1,35	1,33	1,32	1,30	1,30	1,30
450													1,31	1,32	1,31
500													1,33	1,34	1,34

**Tabela 3 – Valores de  $S_2$**

**$S_2 = 1,06$  (interpolado)**

**2.2.4- FATOR ESTATÍSTICO ( $S_3$ )**

O fator ( $S_3$ ) consta no item 5.4 da NBR 6123/23, e é estabelecido através da tabela abaixo, que se encontra na página 17 da presente norma:

**Tabela 4 – Valores mínimos do fator estatístico  $S_3$** 

Grupo	Descrição	$S_3$	$T_p$ (anos)
1	Estruturas cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros e de forças de segurança, edifícios de centrais de controle, etc.). Pontes rodoviárias e ferroviárias. Estruturas que abrigam substâncias inflamáveis, tóxicas e/ou explosivas. Vedações das edificações do grupo 1 (telhas, vidros, painéis de vedação).	1,11	100
2	Estruturas cuja ruína represente substancial risco à vida humana, particularmente a pessoas em aglomerações, crianças e jovens, incluindo, mas não limitado a: <ul style="list-style-type: none"><li>edificações com capacidade de aglomeração de mais de 300 pessoas em um mesmo ambiente, como centros de convenções, ginásios, estádios etc.</li><li>creches com capacidade maior do que 150 pessoas;</li><li>escolas com capacidade maior do que 250 pessoas;</li></ul> Vedações das edificações do grupo 2 (telhas, vidros, painéis de vedação).	1,06	75
3	Edificações para residências, hotéis, comércio, indústrias. Estruturas ou elementos estruturais desmontáveis com vistas a reutilização. Vedações das edificações do grupo 3 (telhas, vidros, painéis de vedação).	1,00	50
4	Edificações não destinadas à ocupação humana (depósitos, silos) e sem circulação de pessoas no entorno. Vedações das edificações do grupo 4 (telhas, vidros, painéis de vedação).	0,95	37
5	Edificações temporárias não reutilizáveis. Estruturas dos Grupos 1 a 4 durante a construção (fator aplicável em um prazo máximo de 2 anos). Vedações das edificações do grupo 5 (telhas, vidros, painéis de vedação).	0,83	15

NOTA: Exclusivamente para o projeto das vedações, se permite que a velocidade característica seja calculada com o fator (0,82 x  $S_3$ ), em vez de  $S_3$ .

**Tabela 4 – Valores de  $S_2$** 

Em nosso caso, o valor de  $S_3$  é estabelecido pelo grupo 3, logo:

**$S_3 = 1,00$**

**2.2.5- PRESSÃO DINÂMICA (q)**

Utilizando-se da expressão do item 2.2.2.1 temos que a velocidade característica do vento ( $V_k$ ) vale:

$$V_k = 40 \cdot 1,00 \cdot 1,06 \cdot 1,00 \rightarrow$$

$$\rightarrow V_k = 42,40 \text{ m/s}$$

Com a velocidade ( $V_k$ ) temos condições de proceder os cálculos para a pressão dinâmica do vento ( $q$ ), definida pelo 4.2, item c, da NBR 6123/23 através da seguinte expressão:

$$q = 0,613 \cdot V_k^2, \text{ sendo:}$$

$q \rightarrow$  Pressão dinâmica do vento [Kpa];

$V_k \rightarrow$  Velocidade característica do vento [m/s].

$$q = 0,613 \cdot 42,40^2 \rightarrow$$

$$\rightarrow q = 1102 \text{ N/m}^2 = 1,10 \text{ KPa} \rightarrow$$

$$\rightarrow q = 1,10 \text{ KPa}$$



### **2.3- FORÇA DE ARRASTO ( $F_a$ )**

Passaremos aqui a definição da força horizontal devida ao vento conforme preconiza a NBR 6123/23. Para tanto são necessários os coeficientes de forma para a obtenção de tais parâmetros.

Inicialmente realizaremos a definição do Número de Reynolds para o reservatório, sendo este coeficiente definido pela seguinte expressão:

$$Re = 70000 \cdot V_k \cdot L_1, \text{ sendo:}$$

$Re \rightarrow$  Número de Reynolds [ $m^2/s$ ];

$V_k \rightarrow$  Velocidade característica do vento [ $m/s$ ];

$L_1 \rightarrow$  Dimensão referência (diâmetro do elemento no nosso caso) [ $m$ ];

$$Re = 70000 \cdot 42,40 \cdot 3,82 \rightarrow$$

$$\rightarrow Re = 11337760 = 11,34 \times 10^6 \rightarrow$$

$$\rightarrow Re = 11,34 \times 10^6 \text{ m}^2/s$$

Com o Número de Reynolds é possível encontrar o coeficiente de arrasto ( $C$ ) através da tabela 14, página 33, da NBR 6123/23, sendo:

Tabela 14 – Coeficientes de arrasto  $C_a$  para corpos de seção constante (continua)

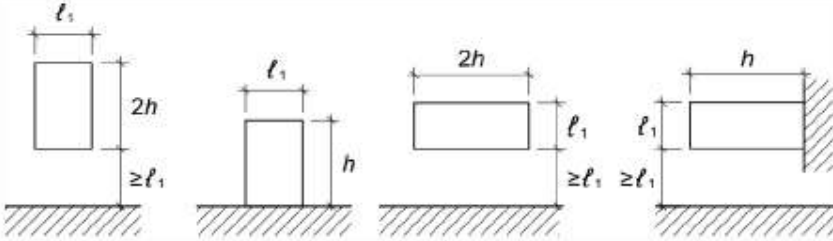
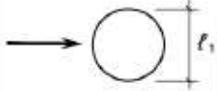
 <p>Vento perpendicular ao plano da figura</p>									
Seção transversal		$Re \times 10^{-5}$ a	$h / \ell_1$						
			1/2	1	2	5	10	20	$\infty$
	Liso (metal, concreto, alvenaria rebocada)	$\leq 3,5$	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2
		$\geq 4,2$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6
	Com rugosidades ou saliências = $0,02 \ell_1$	Todos valores	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,2
	Com rugosidades ou saliências = $0,08 \ell_1$	Todos valores	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4

Tabela 5 – Valores de C

Adotando a superfície metálica com saliências da ordem de  $0,02 l_1$ , temos que o coeficiente C vale:

$$C = 0,90$$

Logo a força de arrasto será calculada pela seguinte expressão:

$$F_a = C \cdot q \cdot A_e, \text{ sendo:}$$

$F_a \rightarrow$  Força de arrasto [KN];

$C \rightarrow$  Coeficiente de arrasto;

$q \rightarrow$  Pressão dinâmica do vento [KPa];

$A_e \rightarrow$  Área efetiva.

Como o reservatório em estudo é um reservatório tipo taça, é necessário verificar as componentes na coluna e no corpo superior do reservatório.

Logo temos:

**Força de arrasto na coluna:**

$$F_a = 0,90 \cdot 1,10 \cdot (2,22 \times 14,40) \rightarrow$$

$$\rightarrow F_a = 32 \text{ KN}$$

**Força de arrasto no corpo superior:**

$$F_a = 0,90 \cdot 1,10 \cdot (3,82 \times 22,80) \rightarrow$$

$$\rightarrow F_a = 87 \text{ KN}$$

**2.4- QUADRO RESUMO**

Abaixo é apresentado quadro resumo com o plano esforços que agem sobre a fundação do reservatório:

<b>Carga vertical mínima distribuída pela coluna</b>	<b>Carga vertical máxima distribuída pela coluna</b>	<b>Força horizontal (Força de Arrasto)</b>	<b>Momento devido ao vento</b>
<b>200 KN</b>	<b>2700 KN</b>	<b>119 KN*</b>	<b>2475 KN.m*</b>

**\* Ver memória de cálculo do reservatório.**

**Tabela 6 – Quadro Resumo de Carregamentos**

**3- FUNDAÇÃO****3.1- SOLO LOCAL**

Em março de 2024 foram executadas pela MTW Sondagens, as campanhas de sondagem para estudo do subsolo da área de instalação dos reservatórios (boletim nº 456).

Foram executados 4 estudos de sondagem. Para a melhor pertinência do DEAGUA, no sentido da escolha do melhor local para instalação do reservatório em estudo, considerando este critério a favor da segurança, adotaremos o perfil que apresente as condições menos favoráveis ao assentamento da fundação. Em nossa avaliação, este perfil é o SP-04, que apresentamos abaixo:

Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 003/24

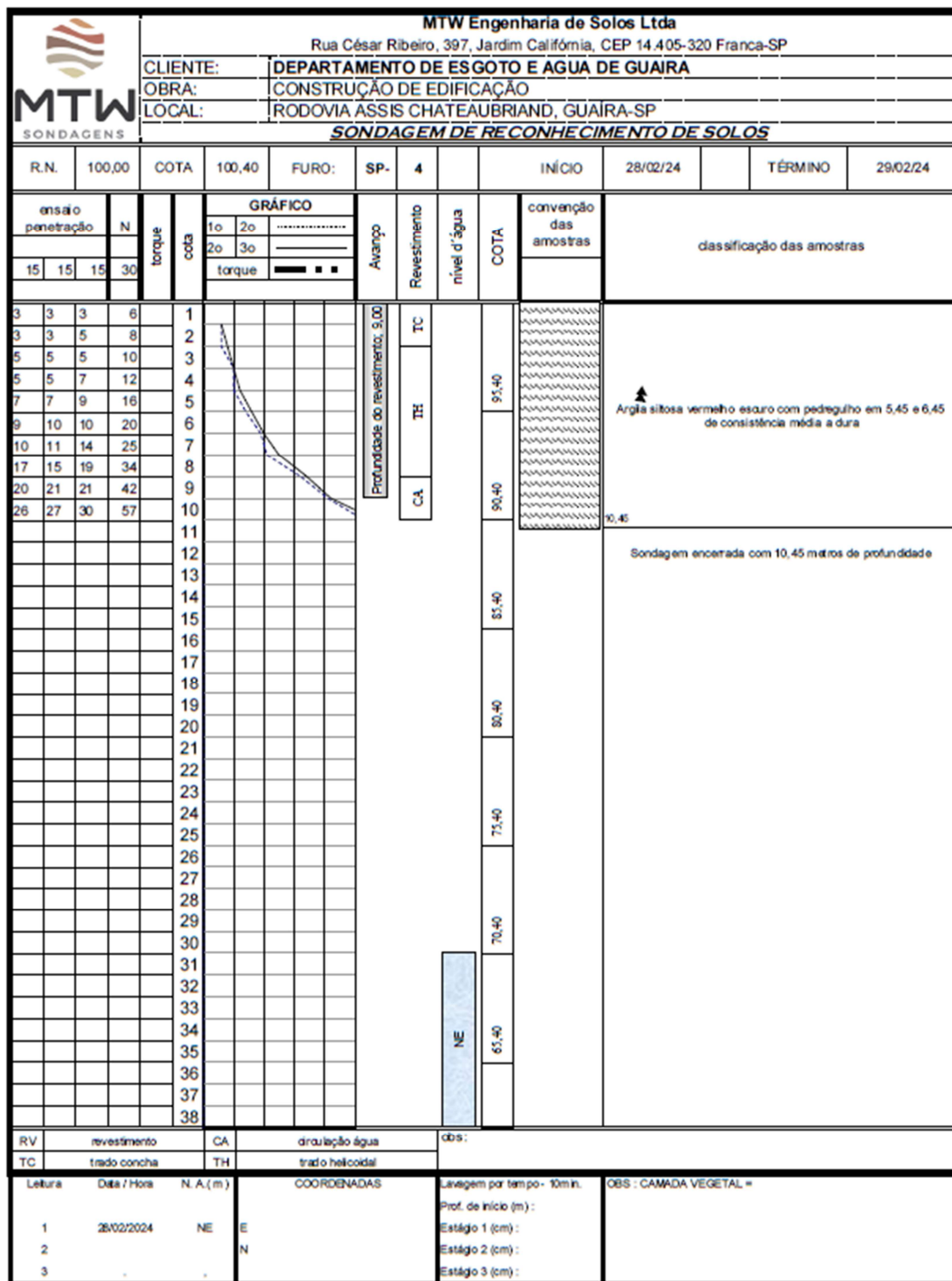


Figura 4 – SP-04, Sondagem 456 – MTW

### **3.1- ESCOLHA DO TIPO DE FUNDAÇÃO**

Conforma análise do boletim de sondagem temos as seguintes características do solo:

- **Argila siltosa média a dura:** *de 0,00 m à 10,45 m de profundidade;*
- **Ocorrência do nível d'água:** *Não ocorrido.*

Tendo em vista as características do solo será adotado, inicialmente, estacas escavadas, diâmetro de 40 cm em conformidade com o anexo "I" da NBR 6122/2019.

### **3.2- CAPACIDADE DE CARGA VERTICAL DA ESTACA**

Para a estimativa de capacidade de carga vertical das estacas será adotado o Método Aoki & Velloso (1975). A capacidade de carga de uma estaca (Carga de Ruptura –  $Q_u$ ) será obtida pela soma da Carga de Ponta ( $Q_p$ ) com a Carga do Atrito Lateral ( $Q_a$ ), assim como na equação abaixo:

$$Q_u = Q_p + Q_a$$

A carga resistida pela ponta ( $Q_p$ ) segue a equação abaixo:

$$Q_p = [(K \cdot N) / F_1] \cdot A_p, \text{ sendo,}$$

$K \rightarrow$  coeficiente que varia em função do tipo de solo;

$N \rightarrow N_{SPT}$  da sondagem;

$F_1 \rightarrow$  parâmetro que varia em função do tipo de estaca;

$A_p \rightarrow$  área da ponta da estaca.

A carga máxima suportada pelo atrito lateral é calculada pela fórmula a seguir:

$$Q_a = S \{ \alpha \cdot [(K \cdot N) / F_2] \cdot A_l \}, \text{ sendo,}$$

$Q_a \rightarrow$  é o valor da carga do atrito lateral;

$\alpha \rightarrow$  coeficiente que varia em função do tipo de solo;

$K \rightarrow$  coeficiente que varia em função do tipo de solo;

$N \rightarrow N_{SPT}$  da sondagem;

$F_2 \rightarrow$  parâmetro que varia em função do tipo de estaca.

Abaixo apresentamos os diversos tipos de coeficientes para aplicação no método.



Coeficientes K e $\alpha$ Para Diferentes Tipo de Solo		
Tipo de Solo	K (MPa)	$\alpha$ (%)
AREIA	1,00	1,40
AREIA SILTOSA	0,80	2,00
AREIA SILTO-ARGILOSA	0,70	2,40
AREIA ARGILOSA	0,60	3,00
AREIA ARGILO-SILTOSA	0,50	2,80
SILTE	0,40	3,00
SILTE ARENOSO	0,55	2,20
SILTE ARENO-ARGILOSO	0,45	2,80
SILTE ARGILOSO	0,23	3,40
SILTE ARGILO-ARENOSO	0,25	3,00
ARGILA	0,20	6,00
ARGILA ARENOSA	0,35	2,40
ARGILA ARENO-SILTOSA	0,30	2,80
ARGILA SILTOSA	0,22	4,00
ARGILA SILTO-ARENOSA	0,33	3,00

**Tabela 7 – Coeficientes do solo para o método Aoki & Velosso (1975)**

Coeficientes F1 e F2 Para os Diferentes Tipos de Estacas		
Tipo de Estaca	F1	F2
Franki de fuste apilado	2,30	3,00
Franki de fuste vibrado	2,30	3,20
Metálica	1,75	3,50
Premoldada de concreto cravada a percussão	2,50	3,50
Premoldada de concreto cravada por prensagem	1,20	2,30
Escavada com lama bentonítica	3,50	4,50
Raiz	2,20	2,40
Strauss	4,20	3,90
Hélice contínua	3,00	3,80
Escavada	3,00	6,00

**Tabela 8 – Coeficientes das estacas para o método Aoki & Velosso (1975)**

Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 003/24

Passamos a verificação da capacidade de carga para estacas escavadas, com diâmetro de 40 cm, inicialmente com 9,00 m de profundidade, os cálculos serão realizados de maneira eletrônica através do MS Excel 2016.

<u>Capacidade de Carga de Estacas Pelo Método Aoki &amp; Velloso (1975)</u>						
<b>Diâmetro da Estaca:</b>		40	cm	<b>Coefficientes da Estaca</b>		
<b>Comprimento da Estaca:</b>		9,00	m	F1: 3,00		
<b>Tipo de Estaca:</b>		Escavadas	m	F2: 6,00		
				Perímetro: 125,664 cm		
				Área Lateral: 1,26 m²		
Prof. (m)	S.P.T. (nº golpes)	Tipo de solo	Coef. K (Mpa)	Coef. a (%)	Resistência Lateral (kN)	Res. Lat. Acumulada (kN)
1	0	Argila Siltosa	0,22	4,00	0	0
2	8	Argila Siltosa	0,22	4,00	15	15
3	10	Argila Siltosa	0,22	4,00	18	33
4	12	Argila Siltosa	0,22	4,00	22	55
5	16	Argila Siltosa	0,22	4,00	29	85
6	20	Argila Siltosa	0,22	4,00	37	122
7	25	Argila Siltosa	0,22	4,00	46	168
8	34	Argila Siltosa	0,22	4,00	63	230
9	42	Argila Siltosa	0,22	4,00	77	308
10					0	308
11					0	308
12					0	308
13					0	308
14					0	308
15					0	308
16					0	308
17					0	308
18					0	308
19					0	308
20					0	308
21					0	308
22					0	308
23					0	308
24					0	308
25					0	308
26					0	308
27					0	308
28					0	308
29					0	308
30					0	308
S.P.T. da Ponta: 47			Resistência de Ponta:		433	KN
			Resistência Lateral:		308	KN
Coef. K da Ponta: 0,22 MPa			Resistência Total Geotécnica:		370	KN
			Resistência Total Estrutural:		572	KN
Furo de Referência: SP-4			Resistência Total Adotada:		370	KN

**Tabela 9 – Planilha de Capacidade de Carga Referente ao SP-01**

Temos os seguintes resultados:

**Carga estrutural admissível da estaca escavada de 40 cm:  $P_e = 572 \text{ KN}$**

Obtido através da expressão  $P_e = [(0,85 \cdot F_{cd}) \cdot S] / 2$ , sendo:

$P_e \rightarrow$  Carga estrutural admissível da estaca [KN];

$F_{cd} \rightarrow F_{ck}/1,40$ , resistência à compressão minorada do concreto [Mpa];

$F_{ck} \rightarrow$  Resistência à compressão do concreto, no caso de estacas adotado o valor de cálculo de 15 MPa, conforme dispostos na NBR 6122/2019 – “Projeto e execução de fundações” [Mpa];

$S \rightarrow$  Área da seção de concreto da estaca, no caso de estaca de 40 cm igual à 0,126 m<sup>2</sup>;

2  $\rightarrow$  Coeficiente de segurança.

$$P_e = \{[0,85 \cdot (15000 / 1,4)] \cdot 0,126\} / 2 \rightarrow$$

$$\rightarrow P_e = 572 \text{ KN}$$

Tendo em vista que a resistência de ponta é maior do que resistência ao atrito lateral da estaca, em atendimento ao item 8.2.1.2 da NBR 6122/2019 o valor da ponta será adotado igual ao valor da resistência ao atrito lateral, logo:

$$P_g = (308 + 308) / 2 \rightarrow$$

$$\rightarrow P_g = 308 \text{ KN}$$

**Para que esta premissa seja assegurada o fundo do fuste deverá ser apilado para a remoção do solo revolvido e não eliminado pelo trado.**

### **3.2.1- EFEITO DE GRUPO**

Conforme as definições do item 8.3 da NBR 6122/2019 – “Projeto e execução de fundações” temos que:

*“Entende-se por efeito de grupo de estacas ou tubulões como o processo de interação dos diversos elementos que constituem uma fundação ao transmitirem ao solo as cargas que lhes são aplicadas. Esta interação acarreta uma superposição de tensões, de tal sorte que o recalque do grupo é, em geral, diferente daquele do elemento isolado.*

*A carga admissível ou carga resistente de projeto de um grupo de estacas ou tubulões não pode ser superior à de uma hipotética sapata de mesmo contorno que o do grupo e assente a uma profundidade acima da ponta das estacas ou tubulões igual a 1/3 do comprimento de penetração na camada de suporte, como mostrado na Figura 6.”*



**Figura 6 – Grupo de elementos de fundação profunda**

**Figura 5 – Figura 6 da NBR 6122/2019**

Passaremos a verificar a carga máxima admissível na sapata hipotética.

Para a estimativa de capacidade de carga do solo utilizaremos o método Teixeira (1996), método semi-empírico baseado que relaciona o número do SPT (Standard Penetration Test) do solo com a tensão admissível do solo, conforme expressão abaixo:

$$\sigma_{adm} = N_{SPT} / 5, \text{ sendo:}$$

$\sigma_{adm}$  → Tensão Admissível do solo [Kgf /cm<sup>2</sup>];

$N_{SPT}$  → Número do SPT na cota de assentamento do radier;

Temos que a 1/3 do embutimento proposto (6 m) o  $N_{SPT}$  é 20 (calculado por interpolação dos valores da sondagem), logo:

$$\sigma_{adm} = 20 / 5 \rightarrow$$

$$\rightarrow \sigma_{adm} = 4,00 \text{ Kgf/cm}^2 \rightarrow$$

$$\rightarrow \sigma_{adm} = 400 \text{ KPa}$$

Portanto temos que para uma sapata hipotética circunscrita ao diâmetro da base do reservatório (3,00 m - estimado) a carga máxima é:

$$P_{max} = \sigma_{adm} \cdot S, \text{ sendo:}$$

$P_{max} \rightarrow$  Carga máxima admissível do solo [KN];

$\sigma_{adm} \rightarrow$  Tensão Admissível do solo [KPa];

$S \rightarrow$  Área da sapata hipotética [m<sup>2</sup>];

Obs.: Adotado inicialmente a projeção do bloco de fundações com (5,00 x 5,00) m.

$$P_{max} = 400 \cdot 25,00 \rightarrow$$

$$\rightarrow P_{max} = 10000 \text{ KN}$$

**Logo temos que para a quantidade de estacas a serem verificadas, o somatório de cargas unitárias desses elementos não poderá ser maior que 10000 KN, conforme preconiza a NBR 6122/2019.**

**3.2.2- VERIFICAÇÃO DA QUANTIDADE DE ESTACAS**

Temos as seguintes cargas atuantes na fundação:

**Carga vertical total nas estacas:**

**Peso cheio do reservatório: 2700 KN**

**Peso bloco de coroamento: (5,00 x 5,00 x 1,00 x 25) = 625 KN (estimado)**

**Carga adicional de compressão advinda do momento devido ao vento:**

Componentes de compressão / Tração:

$$C_{c/t} = M / D, \text{ sendo:}$$

$C_{c/t}$  → Componente de compressão / tração devido ao momento de vento [KN];

$M$  → Momento devido à força de vento [KN.m];

$D$  → Diâmetro da coluna do reservatório [m].

$$C_{c/t} = 2475 / 2,22 \rightarrow$$

$$\rightarrow C_{c/t} = (+/-) 1115 \text{ KN}$$



Logo temos que:

**Carga vertical total:  $(2700 + 625 + 1115) = 4440 \text{ KN}$**

**Carga admissível de cada estaca: 308 KN**

**Número de estacas adotado:**

$$N = C_{vt} / C_{ae}, \text{ sendo:}$$

$N \rightarrow$  Número necessário de estacas;

$C_{vt} \rightarrow$  Carga vertical total [KN];

$C_{ae} \rightarrow$  Carga admissível de cada estaca [KN].

$$N = 4440 / 308 \rightarrow$$

**$\rightarrow N \cong 14,50$ , adotado 16 estacas (por conta da simetria)**

É necessário verificar a quantidade de estacas adotada com o efeito de grupo:



Carga máxima levando conta o efeito de grupo: 10000 KN



Carga total das estacas:  $16 \times 308 = 4928 \text{ KN}$

Logo temos que  $4928 < 10000$ , portanto verifica-se a adoção, frente às cargas geotécnicas, de 16 estacas escavadas com diâmetro de 40 cm, profundidade estimada de 9,00 m.

### **3.3- CAPACIDADE DE CARGA HORIZONTAL DA ESTACA**

Para a estimativa de capacidade de carga horizontal das estacas adotaremos os procedimentos adotados por DAVISSON M. T., no trabalho Estimating Buckling Loads for Piles e MONTOYA, JIMENEZ; et al, no livro HORMIGÓN ARMADO, cálculos de maneira automática através de planilha de Excel contendo em sua rotina os ábacos abaixo:

Coeficientes m		Solo com $K_h$ crescente com a profundidade (X)									
	$\frac{X}{L}$	$L/\mathcal{L}$									<div>Momento</div>  <div> <math>M = H_o \cdot \mathcal{L} \cdot m</math>  <math>\mathcal{L} = \sqrt[5]{\frac{EI}{n_h}}</math>  <math>n_h = K_h \frac{Q}{x}</math> </div>
		2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	
	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,000	
	0,125	0,250	0,351	0,324	0,375	0,463	0,523	0,541	0,602	0,625	
	0,250	0,431	0,536	0,613	0,680	0,728	0,766	0,772	0,790	0,768	
	0,375	0,510	0,628	0,708	0,739	0,763	0,734	0,669	0,616	0,582	
	0,500	0,485	0,568	0,652	0,641	0,638	0,527	0,424	0,308	0,227	
	0,625	0,386	0,423	0,483	0,440	0,407	0,283	0,187	0,106	0,041	
	0,750	0,216	0,236	0,278	0,221	0,202	0,103	0,050	-0,015	-0,020	
	0,875	0,072	0,062	0,081	0,063	0,051	0,032	-0,008	-0,009	-0,010	
	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	

	$\frac{X}{L}$	$L/\mathcal{L}$									<div>Momento</div>  <div> <math>M = M_o \cdot m</math> </div>
		2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	
	0,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	
	0,125	0,993	0,990	0,987	0,984	0,980	0,965	0,950	0,946	0,931	
	0,250	0,944	0,938	0,932	0,885	0,861	0,813	0,760	0,702	0,647	
	0,375	0,838	0,802	0,781	0,700	0,658	0,543	0,471	0,368	0,300	
	0,500	0,661	0,628	0,592	0,485	0,410	0,311	0,216	0,131	0,061	
	0,625	0,460	0,417	0,375	0,311	0,212	0,126	0,042	-0,009	-0,027	
	0,750	0,250	0,213	0,188	0,162	0,074	0,017	-0,018	-0,023	-0,019	
	0,875	0,073	0,065	0,050	0,009	0,022	-0,012	-0,011	-0,009	-0,003	
	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	

**Figura 6 – Coeficientes horizontais para obtenção de momento fletor**

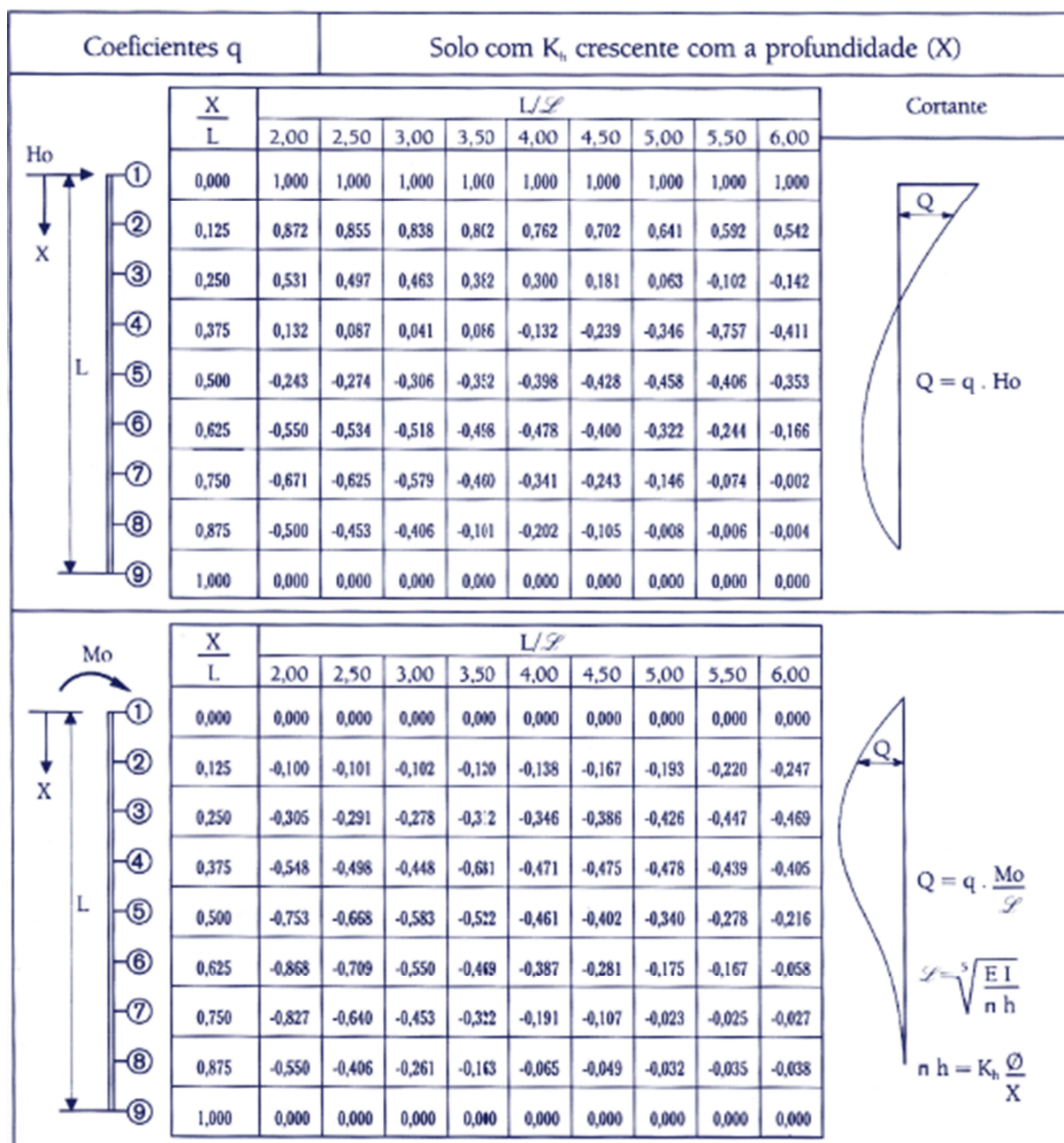


Figura 7 – Coeficientes horizontais para obtenção de esforço cortante

Coeficientes y

Solo com  $K_h$  crescente com a profundidade (X)

$\frac{X}{L}$	$L/\mathcal{L}$									
	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	
0,000	4,732	3,718	2,704	2,602	2,500	2,402	2,304	2,304	2,304	
0,125	3,827	2,995	2,162	1,907	1,712	1,554	1,396	1,396	1,396	
0,250	3,003	2,233	1,463	1,233	1,002	0,820	0,638	0,638	0,638	
0,375	2,246	1,572	0,897	0,692	0,487	0,345	0,203	0,203	0,203	
0,500	1,438	0,750	0,506	0,253	0,176	0,086	-0,016	-0,016	-0,016	
0,625	0,729	0,465	0,201	0,097	-0,008	-0,056	-0,103	-0,103	-0,103	
0,750	0,002	-0,054	-0,105	-0,144	-0,102	-0,100	-0,098	-0,098	-0,098	
0,875	-0,718	-0,515	-0,312	-0,213	-0,113	-0,110	-0,007	-0,007	-0,007	
1,000	-1,438	-1,000	-0,500	-0,263	-0,108	-0,008	0,000	0,000	0,000	

Deslocamento

$$Y = y \cdot \frac{H_o \mathcal{L}^3}{E I}$$

$$\mathcal{L} = \sqrt[3]{\frac{E I}{n_h}}$$

$$n_h = K_h \cdot \frac{\phi}{X}$$

$\frac{X}{L}$	$L/\mathcal{L}$									
	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	
0,000	3,326	2,539	1,752	1,619	1,587	1,587	1,587	1,587	1,587	
0,125	2,602	1,885	1,168	0,991	0,813	0,768	0,723	0,723	0,723	
0,250	1,975	1,339	0,702	0,520	0,338	0,271	0,203	0,203	0,203	
0,375	1,237	0,775	0,313	0,247	0,221	0,063	-0,096	-0,096	-0,096	
0,500	0,702	0,208	0,089	-0,048	-0,108	-0,126	-0,162	-0,162	-0,162	
0,625	0,186	0,055	-0,076	-0,035	-0,114	-0,110	-0,105	-0,105	-0,105	
0,750	-0,436	-0,286	-0,136	-0,123	-0,109	-0,104	-0,098	-0,098	-0,098	
0,875	-0,784	-0,516	-0,248	-0,157	-0,066	-0,059	-0,052	-0,052	-0,052	
1,000	-1,349	-0,825	-0,256	-0,168	-0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	

$$\dot{Y} = y \cdot \frac{M_o \mathcal{L}^2}{E I}$$

**Figura 8 – Coeficientes horizontais para obtenção de deslocamentos**

Logo, temos a seguinte configuração de força horizontal:

**Força horizontal total (força de arrasto): 119 KN**

**Número de estacas: 16**

**Força horizontal em cada estaca:  $(119 / 16) = 7,50$  KN**

**OBS.: O valor momento aplicado na estaca é igual a zero, visto que o momento fletor age sobre o diafragma rígido (bloco de coroamento ou laje de fundação) sendo transferido às estacas sob forma de força normal (binário).**

Passamos a verificação das reações horizontais das estacas levando em conta que os cálculos serão realizados de maneira eletrônica através do MS Excel 2016.



Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 003/24

## Dimensionamento de Fundações Profundas Sujeitas a Forças Horizontais

Diâmetro da Estaca / Tubulão: 40 cm Mom. Inércia: 125664 cm<sup>4</sup>  
 S.P.T. Médio do Solo: 12 golpes Const. Hor. (Kh): 0,60 kgf/cm<sup>2</sup>  
 Prof. da Estaca / Tubulão (L): 9,00 m Comp. Elástico (I): 213 cm  
 Força Horizontal Aplicada (H0): 7,50 kN L / I: 4  
 Momento Fletor Aplicado (M0): 0,00 kN.m Referência Obra: Reservatório

Coeficientes de Interação do Solo						
Profundidade Considerada (X)	Momento		Cortante		Deslocamento	
	H <sub>0</sub>	M <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	M <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	M <sub>0</sub>
0,00	0,000	1,000	1,000	0,000	2,500	1,587
1,13	0,461	0,930	0,762	-0,138	1,712	0,813
2,25	0,723	0,861	0,309	-0,346	1,002	0,358
3,38	0,763	0,658	-0,132	-0,471	0,487	0,221
4,50	0,638	0,410	-0,398	-0,461	0,176	-0,108
5,63	0,407	0,212	-0,478	-0,357	-0,068	-0,114
6,75	0,202	0,074	-0,341	-0,194	-0,102	-0,106
7,88	0,061	0,022	-0,202	-0,065	-0,113	-0,066
9,00	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,168	-0,070

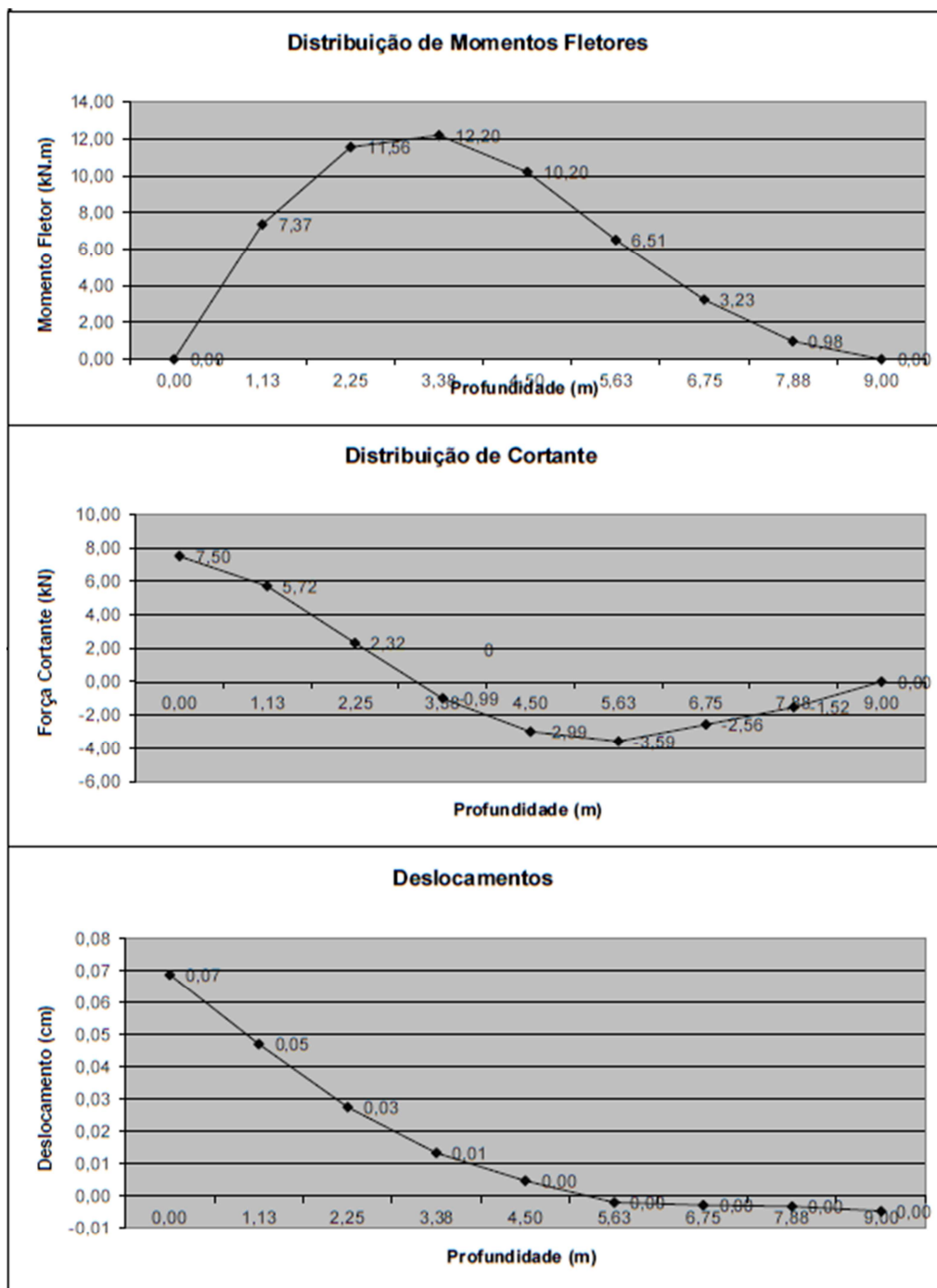
Resultados						
Profundidade Considerada (X)	Momento (kN.m)		Cortante (kN)		Deslocamento (cm)	
	H <sub>0</sub>	M <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	M <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	M <sub>0</sub>
0,00	0,00	0,00	7,50	0,00	0,07	0,00
1,13	7,37	0,00	5,72	0,00	0,05	0,00
2,25	11,56	0,00	2,32	0,00	0,03	0,00
3,38	12,20	0,00	-0,99	0,00	0,01	0,00
4,50	10,20	0,00	-2,99	0,00	0,00	0,00
5,63	6,51	0,00	-3,59	0,00	0,00	0,00
6,75	3,23	0,00	-2,56	0,00	0,00	0,00
7,88	0,98	0,00	-1,52	0,00	0,00	0,00
9,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Resultados			
Profundidade	Momento (kN.m)	Cortante (kN)	Deslocamento (cm)
0,00	0,00	7,50	0,07
1,13	7,37	5,72	0,05
2,25	11,56	2,32	0,03
3,38	12,20	-0,99	0,01
4,50	10,20	-2,99	0,00
5,63	6,51	-3,59	0,00
6,75	3,23	-2,56	0,00
7,88	0,98	-1,52	0,00
9,00	0,00	0,00	0,00

**Tabela 10 – Planilha de Capacidade de Carga Horizontal**



Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 003/24



**Figura 9 – Distribuição de Momento, Cortante e Deslocamentos nas Estacas**

Temos os seguintes resultados:

**Momento fletor máximo na estaca: 12,20 KN.m**

**Profundidade de ocorrência do momento fletor máximo: 3,35 m**

**Força cortante máxima na estaca: 7,50 KN**

**Profundidade de ocorrência da força cortante máxima: 0,00 m (cabeça da estaca)**

**Deslocamento máximo na estaca: 0,07 cm = 0,70 mm**

**Profundidade de ocorrência do deslocamento máximo: 0,00 m (cabeça da estaca)**

### **3.4 – VERIFICAÇÃO DA ARMADURA DA ESTACA DEVIDO AOS ESFORÇOS TRANSVERSAIS**

#### **3.4.1 – ARMADURA LONGITUDINAL**

Coefficientes  $\mu$  e  $\nu$ :

$$\mu = M_d / A_c \cdot h \cdot f_{cd}$$

$$v = N_d / A_c \cdot f_{cd}, \text{ sendo:}$$

$\mu \rightarrow$  Coeficiente que leva em consideração o momento fletor na estaca;

$v \rightarrow$  Coeficiente que leva em consideração a força normal à estaca;

$A_c \rightarrow$  Área da seção da estaca [m<sup>2</sup>];

$h \rightarrow$  Diâmetro da estaca [m];

$N_d \rightarrow$  Carga vertical máxima de cálculo em cada estaca [KN];

$M_d \rightarrow$  Momento máximo de cálculo em cada estaca [KN.m];

$f_{cd} \rightarrow$  Resistência à compressão de cálculo do concreto.

Segundo tabela 4 da NBR 6122/2019 o concreto a ser verificado para estacas escavadas é o  $f_{ck} = 25$  Mpa, com coeficiente de minoração de 3,10, logo o  $f_{cd}$  adotado para as verificações das armaduras será de 8,10 MPa ( $25 / 3,10$ ).

Portanto temos:

$$\mu = (12,20 \cdot 1,40) / 0,126 \cdot 0,40 \cdot 8100 \rightarrow$$

$$\rightarrow \mu = 0,042$$

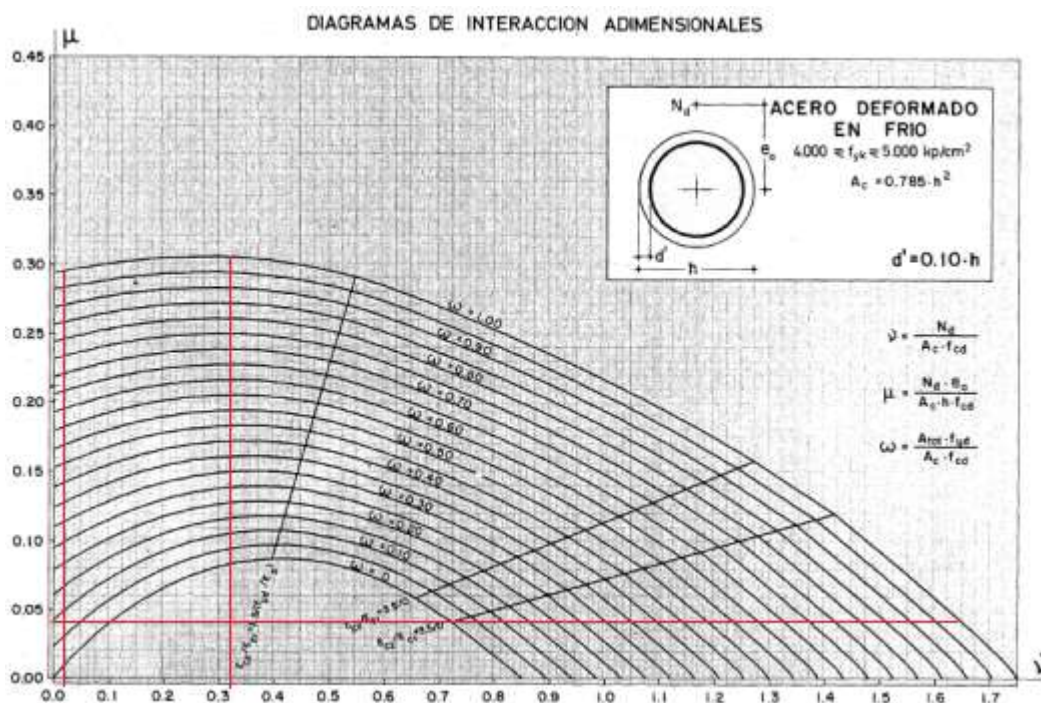
$$v_{\min} = (12,75 \cdot 1,40) / (0,126 \cdot 8100) \rightarrow$$

$$\rightarrow v_{\min} = 0,017$$

$$v_{\max} = (227 \cdot 1,40) / (0,126 \cdot 8100) \rightarrow$$

$$\rightarrow v_{\max} = 0,312$$

Localizando as coordenadas  $\mu$  e  $v$  no ábaco de Montoya et al (1976), temos o valor de  $\omega$ :



**Figura 10 – Coeficientes propostos por Montoya et al (1976)**

Interpolando os valores da tabela temos que  $\omega_{\max} = 0$  (situação do reservatório cheio) e  $\omega_{\min} = 0,075$  (situação do reservatório vazio).

Logo a armadura é calculada através da expressão:

$$A_s = [\omega \cdot A_c \cdot f_{cd}] / f_{yd}, \text{ sendo:}$$

$A_s \rightarrow$  Área de aço [ $\text{cm}^2$ ];

$\omega \rightarrow$  Coeficiente obtido pela tabela 14;

$A_c \rightarrow$  Área da seção da estaca [ $\text{cm}^2$ ];

$f_{cd} \rightarrow$  Resistência à compressão de cálculo do concreto [ $\text{KN}/\text{cm}^2$ ];

$f_{yd} \rightarrow$  Resistência de cálculo do aço [ $\text{KN}/\text{cm}^2$ ];

Logo:

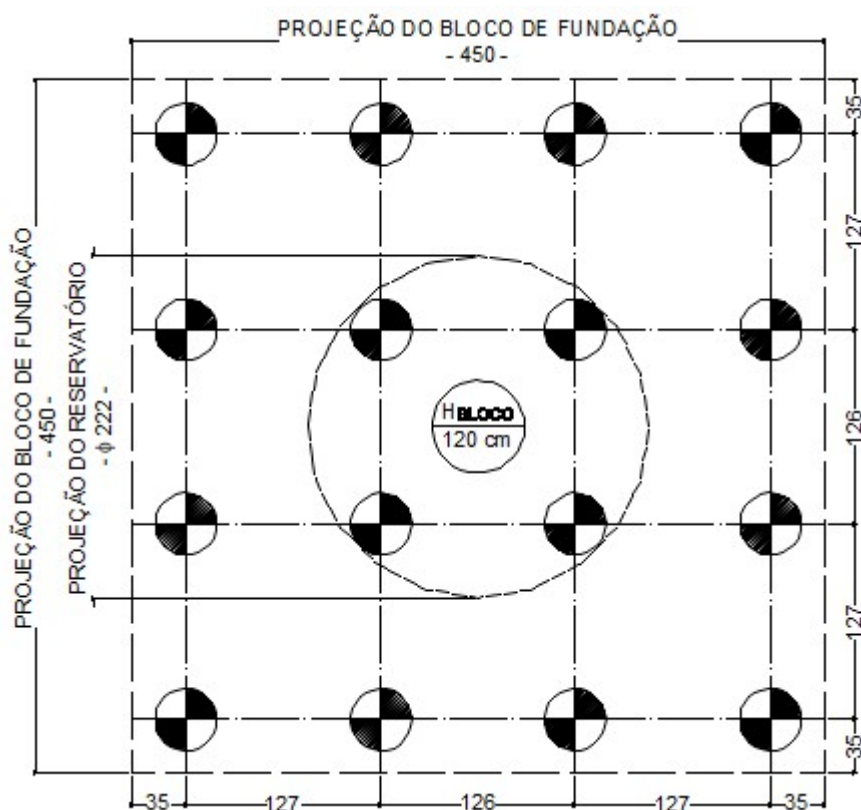
$$A_s = [0,075 \cdot 1256 \cdot 0,81] / 43,50 \rightarrow$$

$$\rightarrow A_s = 1,75 \text{ cm}^2$$

### 3.4.2 – VERIFICAÇÃO DA ARMADURA DE TRAÇÃO NAS ESTACAS

Para a verificação da armadura de tração, primeiramente é necessário determinar as cargas máximas e mínimas nas estacas devido ao momento fletor

Estas cargas serão verificadas devido à incidência do reservatório cheio e vazio e o peso do bloco, com a incidência do momento fletor devido ao vento, para tanto, será proposta a seguinte geometria:



**Figura 11 – Geometria proposta para o bloco de fundação**

A carga máxima nas estacas é dada pela seguinte equação:

$$R_i = (F / n_e) \pm [(M_w \cdot x, y_i) / \sum x, y_i^2], \text{ sendo:}$$

$R_i \rightarrow$  Reação na estaca [KN];

$F \rightarrow$  Carga de compressão [KN];

$n_e \rightarrow$  Número de estacas;

$M_w \rightarrow$  Momento devido ao vento [KN.m];

$x, y_i \rightarrow$  Coordenada das estacas em relação ao centro [m];

$+$   $\rightarrow$  Considerado momento positivo para verificar a compressão máxima;

$-$   $\rightarrow$  Considerado momento negativo para verificar se existe tração nas estacas.

#### **Verificação das condições das estacas com o reservatório cheio**

$$R_i = (3325 / 16) + [(2475 \cdot 1,90) / [(8 \cdot 1,90^2) + (4 \cdot 0,95^2)]] \rightarrow$$

$$\rightarrow R_i = 208 + 145 \rightarrow$$

$$\rightarrow R_i = 353 \text{ KN (compressão)}$$



$$R_i = (3325 / 16) - [(2475 \cdot 1,90) / [(8 \cdot 1,90^2) + (4 \cdot 0,95^2)]] \rightarrow$$

$$\rightarrow R_i = 208 - 145 \rightarrow$$

$$\rightarrow R_i = 63 \text{ KN (compressão)}$$

**Verificação das condições das estacas com o reservatório vazio**

$$R_i = (825 / 16) + [(2475 \cdot 1,90) / [(8 \cdot 1,90^2) + (4 \cdot 0,95^2)]] \rightarrow$$

$$\rightarrow R_i = 52 + 145 \rightarrow$$

$$\rightarrow R_i = 197 \text{ KN (compressão)}$$

$$R_i = (825 / 16) - [(2475 \cdot 1,90) / [(8 \cdot 1,90^2) + (4 \cdot 0,95^2)]] \rightarrow$$

$$\rightarrow R_i = 52 - 145 \rightarrow$$

$$\rightarrow R_i = - 93 \text{ KN (tração)}$$

Dos resultados acima depende-se dois valores importantes, o primeiro deles é a carga de tração de 93 KN, na qual será verificada a armadura adicional.

O segundo é que para a condição de reservatório cheio a estaca mais comprimida possui uma carga de 353 KN, maior que a carga geotécnica de 308 KN calculada.

Tendo em vista que esta condição é para o momento fletor devido ao vento máximo exigido, para uma rajada de 3 segundos, conforme NBR 6123/23, e dado os coeficientes de segurança adotados para a fundação depreende-se que a diferença entre as cargas calculadas (3000 Kg) é aceitável para o projeto, logo, passamos ao cálculo da armadura adicional de tração.

### **3.4.2.1 – VERIFICAÇÃO DA TRAÇÃO NAS ESTACAS**

A armadura adicional necessária aos esforços de tração é calculada através das expressões abaixo:

$$\omega = [\phi / (2 \cdot \eta_b - 0,75)] \cdot [(3 \cdot \sigma_s^2) / (E_s \cdot f_{ctk,inf})], \text{ sendo:}$$

$\omega \rightarrow$  Coeficiente para adoção de abertura de fissura (1 – estacas não protegidas em meio agressivo);

$\phi \rightarrow$  Diâmetro da armadura (16,00 mm – adotado);

$\eta_b \rightarrow$  Coeficiente de conformação superficial da armadura (1,50);

$\sigma_s \rightarrow$  Tensão máxima no aço para garantir a abertura de fissura prefixada [Mpa];

$f_{ctk,inf} \rightarrow$  Resistência média a tração do concreto, inferior [MPa];

$E_s \rightarrow$  Módulo de deformação do aço [MPa];

Portanto temos a seguinte relação para  $\sigma_s$ :

$$1,00 = [16,00 / (2 \cdot 1,50 - 0,75)] \cdot [(3 \cdot \sigma_s^2) / (210000 \cdot 2,03)] \rightarrow$$

$$\rightarrow 1,00 = 5,00 \cdot 10^{-5} \cdot \sigma_s^2 \rightarrow$$

$$\rightarrow \sigma_s = 141 \text{ MPa}$$

Portanto a área de aço para os esforços de tração será:

$$A'_s = T / \sigma_s, \text{ sendo:}$$

$A'_s \rightarrow$  Armadura adicional para a tração [cm<sup>2</sup>];

$T \rightarrow$  Força de tração na estaca [KN];

$\sigma_s \rightarrow$  Tensão máxima no aço para garantir a abertura de fissura prefixada [KN/cm<sup>2</sup>].

$$A'_s = 93 / 14,10 \rightarrow$$

$$\rightarrow A'_s = 6,60 \text{ cm}^2$$

### **3.4.3 – VERIFICAÇÃO DA ARMADURA MÍNIMA**

É necessário a comparação da armadura calculada com a armadura mínima exigida pela tabela 4 da NBR 6122/2019:

Temos que  $A_s - \min$ :

$$A_s - \min = (0,4\% \cdot A_c), \text{ sendo:}$$

$A_{s, \min} \rightarrow$  Área de aço mínima [ $\text{cm}^2$ ];

$A_c \rightarrow$  Área da seção de concreto [ $\text{cm}^2$ ];

$$A_{s, \min} = (0,4\% \cdot 1260) \rightarrow$$

$$\rightarrow A_{s, \min} = 5,04 \text{ cm}^2$$

$$A_{s, \text{calculado}} = 1,75 + 6,60 \rightarrow$$

$$\rightarrow A_{s, \text{calculado}} = 8,35 \text{ cm}^2$$

**Temos, portanto, que a armadura necessária aos esforços solicitantes é de 8,35 cm<sup>2</sup>, adotando barras de 12,50 mm, temos um total 8 barras  $\phi$  12,50 mm ( $A_s$  – efetivo = 9,82 cm<sup>2</sup>).**

### **3.4.2 – ARMADURA TRANSVERSAL**

Para a verificação da armadura transversal devem ser satisfeitas as seguintes relações, conforme estabelecido pela NBR 6118/2023:

$$V_{sd} < V_{Rd2}$$

$$V_{sd} < V_{Rd3} = V_c + V_{sw}$$

$V_c \rightarrow$  Força cortante resistente de cálculo do concreto [KN];

$V_{sw} \rightarrow$  Força cortante resistente de cálculo do aço [KN];

$V_{sd} \rightarrow$  Força cortante solicitante de cálculo, na seção [KN];

$V_{Rd2} \rightarrow$  Força cortante resistente de cálculo, relativa à ruína das diagonais comprimidas de concreto [KN];

$V_{Rd3} = V_c + V_{sw} \rightarrow$  Força cortante resistente de cálculo, relativa à ruína por tração diagonal [KN].

$$V_{Rd2} = 0,27 \cdot \alpha_{v2} \cdot f_{cd} \cdot A_c$$

$$\alpha_{v2} = [1 - (f_{ck} / 250)], \text{ com } f_{ck} \text{ em Mpa}$$

$$\alpha_{v2} = [1 - (8,10 / 250)] \rightarrow$$

$$\rightarrow \alpha_{v2} = 0,967$$

$$V_{Rd2} = 0,27 \cdot 0,967 \cdot 8100 \cdot 0,126 \rightarrow$$

$$\rightarrow V_{Rd2} = 267 \text{ KN}$$

Logo temos a condição  $V_{sd} < V_{Rd2}$ , seguinte:

$$7,50 \cdot 1,40 < 267 \rightarrow$$

$$\rightarrow 10,50 \text{ KN} < 267 \text{ KN}$$

**Portanto temos satisfeito a primeira condição.**

Passaremos a verificar a armadura transversal através da condição  $V_{Rd3} = V_c + V_{sw}$ :

$$V_c = 1,20 \cdot f_{ctd} \cdot A_c$$

$$f_{ctd} = [0,70 \cdot (0,30 \cdot f_{ck}^{2/3})] / \gamma_c$$

$$f_{ctd} = (0,70 \cdot (0,30 \times 8060^{2/3}) / 1,40 \rightarrow$$

$$\rightarrow f_{ctd} = 60,30 \text{ KPa}$$

$$V_c = 1,20 \cdot 60,30 \cdot 0,126 \rightarrow$$

$$\rightarrow V_c = 9,11 \text{ KN}$$

$$V_{sw} = (A_{sw} / S) \cdot 0,90 \cdot d \cdot f_{yd}$$

Foi adotado como armadura transversal das estacas ( $A_{sw}$ ),  $\phi$  6,30 mm e espaçamento de 20 cm, para largura útil da estaca de 60 cm temos  $(40 - 5 - 5) = 30$  cm, sendo assim, temos:

$$V_{sw} = (1,56 \cdot 10^{-4} / 0,20) \cdot 0,90 \cdot 0,30 \cdot 435000 \rightarrow$$

$$\rightarrow V_{sw} = 91,61 \text{ KN}$$

Logo temos a condição  $V_{sd} < V_{Rd3} = V_c + V_{sw}$ , seguinte:



$$7,50 \cdot 1,40 < 9,11 + 91,61 \rightarrow$$

$$\rightarrow 10,50 \text{ KN} < 100,72 \text{ KN}$$

Portanto temos que a armadura das estacas, composta pela armadura longitudinal por 8 barras longitudinais de 12,50 mm, comprimento de 9,00 m e armadura transversal de 6,30 mm a cada 20 cm, concreto  $f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$ , conforme anexo I da NBR 6122/2019, atendem aos esforços provenientes do aumento da capacidade do reservatório.

#### **4- VERIFICAÇÃO DA ANCORAGEM DO RESERVATÓRIO**

A ancoragem do reservatório será verificada segundo os dispostos na norma API 650/207 – “Welded Steel Tanks for Oil Storage”.

##### **4.1- FORÇA DE TRAÇÃO NOS CHUMBADORES ( $T_b$ )**

A força de tração nos chumbadores ( $T_b$ ) é calculada através do item 5.11.3 da norma API 650/2007, através da seguinte expressão:

$$T_b = [4 \cdot (M_w / (D \cdot n))] - (W / n), \text{ sendo:}$$

$T_b \rightarrow$  Força de tração nos chumbadores [KN];

$M_w \rightarrow$  Momento de tombamento [KN.m];

D → Diâmetro da coluna do reservatório [m];

n → Número de chumbadores adotados;

W → Peso vazio do reservatório (200 KN).

Para a verificação do diagrama de forças horizontais ver memória de cálculo do reservatório.

Conforme apresentado, o momento de tombamento devido ao vento vale:

$$M_w = (32 \times 7,20) + (87 \times 25,80) \rightarrow$$

$$\rightarrow M_w = 2475 \text{ KN.m}$$

Adotando inicialmente 20 chumbadores, temos:

$$T_b = [4 \cdot (2475 / (2,22 \cdot 20))] - (200 / 20) \rightarrow$$

$$\rightarrow T_b = 223 - 10 \rightarrow$$

$$\rightarrow T_b = 213 \text{ KN}$$

Conforme os cálculos adotaremos 20 chumbadores com diâmetro de 1.1/4" (área da seção  $0,0008 \text{ m}^2 = 8 \text{ cm}^2$ ), material SAE 1045, com isso podemos realizar a comparação de tensão nos chumbadores:

$$A_b = T_b \cdot \gamma_f / \sigma_e \cdot \gamma_c, \text{ sendo:}$$

$A_b \rightarrow$  Área necessária da ancoragem [ $\text{m}^2$ ];

$T_b \rightarrow$  Força de tração nos dispositivos de ancoragem [KN];

$\gamma_f \rightarrow$  Coeficiente de majoração do carregamento;

$\gamma_c \rightarrow$  Coeficiente de minoração da tensão dos materiais;

$\sigma_e \rightarrow$  Tensão de escoamento do material [KPa].

$$A_b = (213 \cdot 1,40) / (310000 \cdot 0,85) \rightarrow$$

$$\rightarrow A_b = 0,0011 \text{ m}^2 = 11 \text{ cm}^2$$

**Logo temos área necessária < área dos chumbadores ( $8 \text{ cm}^2 < 11 \text{ cm}^2$ ), portanto o tem-se verificado as especificações de segurança para utilização de 20 chumbadores diâmetro 1.1/4", material SAE 1045.**

#### **4.2- COMPRIMENTO DE ANCORAGEM DO CHUMBADOR**

Conforme o método proposto pelo AISC-ASD o comprimento total do chumbador é a soma da região reta mais a região curva, sendo elas:

**Região Reta:**

$$L_r = 12 \cdot d_c, \text{ sendo:}$$

$L_r \rightarrow$  Comprimento da região reta do chumbador [m];

$d_c \rightarrow$  Diâmetro do chumbador [m].

$$L_r = 12 \cdot 0,032 \rightarrow$$

$$\rightarrow L_r = 0,384 \text{ m} = 380 \text{ mm}$$

**Adotado  $L_r = 35 \text{ cm}$**

**Região Curva**

$$L_c = (1,21 \cdot T_b) / (f_{ck} \cdot d_c), \text{ sendo:}$$

$L_c \rightarrow$  Comprimento da região curva do chumbador [m];

$T_b \rightarrow$  Força de tração no chumbador [KN];

$f_{ck} \rightarrow$  Resistência à compressão característica do concreto [KPa];

$d_c \rightarrow$  Diâmetro do chumbador [m].

$$L_h = (1,21 \cdot 213) / (25000 \cdot 0,032) \rightarrow$$

$$\rightarrow L_h = 0,32 \text{ m} = 32 \text{ cm}$$

**Adotado  $L_c = 30 \text{ cm}$**

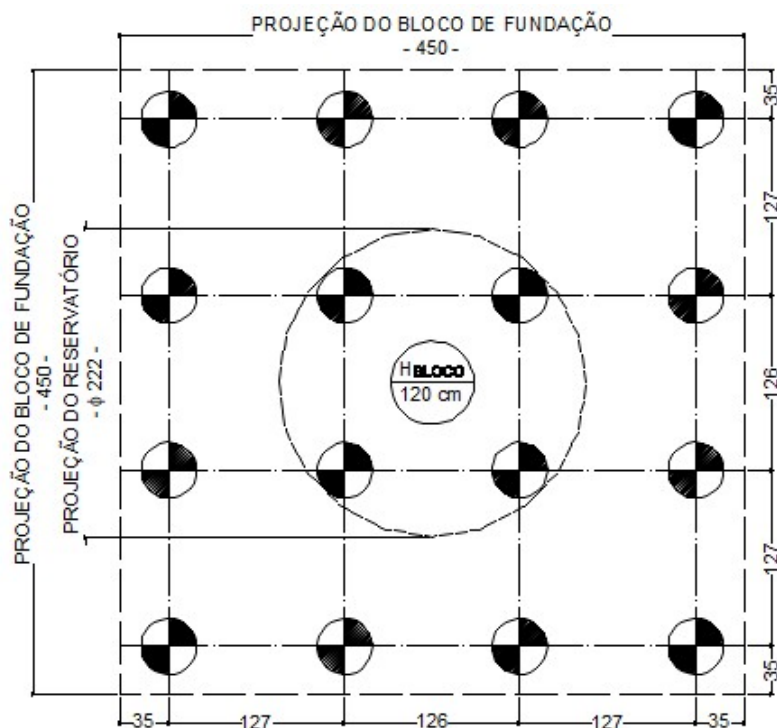
**Portanto temos verificado às condições para a utilização de 20 chumbadores tipo “J”, SAE 1045, diâmetro 1.1/4”, comprimento efetivo de 65 cm.**

## **5- DIMENSIONAMENTO DO BLOCO DE FUNDAÇÃO**

O bloco e fundação será dimensionado segundo a teoria de bloco rígido, conforme o item 22.5.2.1 da NBR 6118/2014.

Abaixo é apresentada a geometria do bloco a ser dimensionado:

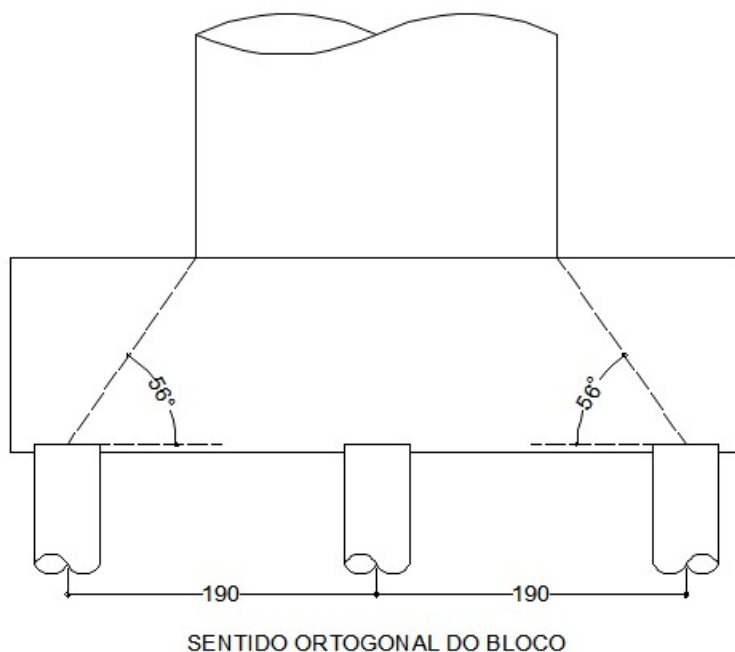
Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 003/24



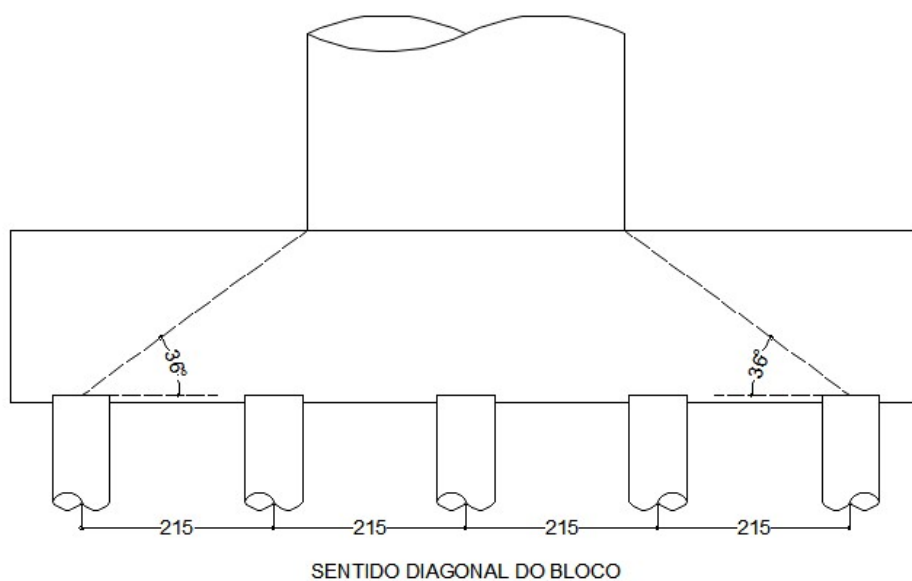
**Figura 12 – Geometria do bloco a ser calculado**

Para a determinação das armaduras do bloco de fundações é necessário a verificação das bielas de compressão que solicitam as estacas, abaixo apresentamos as inclinações das bielas, obtidas analiticamente, conforme segue:

Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 003/24



**Figura 13 – Bielas para o sentido ortogonal do bloco de fundações**



**Figura 14 – Bielas para o sentido diagonal do bloco de fundações**



Conforme prescreve o item 22.7.1 da NBR 6118/2023, a determinação da altura útil (d) para que o bloco trabalhe na hipótese de bloco rígido é análogo à hipótese do item 22.6.1, ou seja:

$$d = (500 - 222) / 3 \rightarrow$$

$$\rightarrow d = 93 \text{ cm}$$

Considerando o embutimento da estaca no bloco igual a 5 cm, temos a altura total 98 cm, sendo adotado 120 cm e  $d = 115 \text{ cm}$ .

Comparando com o método proposto pelo CEB-70 (boletim 73, fascículo 4), a altura do bloco deve obedecer a seguinte inequação:

$$2/3 c < h < 2c, \text{ sendo:}$$

$c \rightarrow$  Distância da face da coluna ao centro da estaca mais distante (1,58 m);

$h \rightarrow$  Altura do bloco [m].

Temos então:

$$2/3 (1,20) < 1,20 < 2 \cdot 1,58 \rightarrow$$

$$\rightarrow 0,80 < 1,20 < 3,16, \text{ portanto ok}$$

Conforme as figuras 13 e 14, temos bielas com inclinação de 36° e 56°

A força na biela ( $F_b$ ) é calculada por meio da expressão abaixo e é função da reação da estaca mais comprimida:

$$F_b = R+ / \text{sen}\beta, \text{ sendo:}$$

$F_b \rightarrow$  Força na biela de compressão [KN];

$R+ \rightarrow$  Reação na estaca mais comprimida [KN];

$\beta \rightarrow$  ângulo de inclinação da biela.

**Biela de 36°:**

$$F_b = 308 / \text{sen}36^\circ \rightarrow$$

$$\rightarrow F_b = 524 \text{ KN}$$

**Biela de 56°:**

$$F_b = 308 / \sin 56^\circ \rightarrow$$

$$\rightarrow F_b = 371 \text{ KN}$$

Logo, tem-se que a situação crítica é àquela que corresponde à biela do sentido diagonal do bloco, ou seja 524 KN.

Por meio das forças nas bielas determina-se a força nos tirantes, como o bloco é simétrico temos que  $T_x = T_y$ :

$$T_i = F_b \cdot \cos \beta, \text{ sendo:}$$

$T_i \rightarrow$  Força no tirante [KN];

$F_b \rightarrow$  Força na biela de compressão [KN];

$\beta \rightarrow$  ângulo de inclinação da biela.

$$T_i = 524 \cdot \cos 36^\circ \rightarrow$$

$$\rightarrow T_i = 423 \text{ KN}$$

Com as componentes de força nos tirantes é possível calcular a armadura necessária:

$$A_s = T_i \cdot \gamma_f / f_{yd}, \text{ sendo:}$$

$A_s \rightarrow$  Área de armadura necessária [cm<sup>2</sup>];

$T_i \rightarrow$  Força no tirante [KN];

$f_{yd} \rightarrow$  Resistência ao escoamento de cálculo do aço [KN/cm<sup>2</sup>];

$\gamma_f \rightarrow$  Coeficiente de ponderação das ações (1,40).

$$A_s = 423 \cdot 1,40 / 43,50 \rightarrow$$

$$\rightarrow A_s = 13,70 \text{ cm}^2$$

**Portanto para a área do tirante de 13,70 cm<sup>2</sup> são necessárias 7 barras  $\phi$  16,00 mm ( $A_{s\text{-efetivo}} = 14,07 \text{ cm}^2$ ).**

A armadura de distribuição inferior bem como a armadura superior podem ser tomadas como 30% da armadura principal:

$$A_{s\text{-distribuição}} = 0,30 \cdot 13,70 \rightarrow$$

$$\rightarrow A_{s\text{-distribuição}} = 4,11 \text{ cm}^2$$

**Portanto adotaremos a armadura de distribuição 6 barras de  $\phi$  12,50 mm ( $A_{s\text{-efetivo}} = 4,71 \text{ cm}^2$ );**

A armadura lateral é 1/8 da armadura principal:

$$A_{s\text{-distribuição}} = (1/8) \cdot 13,70 \rightarrow$$

$$\rightarrow A_{s\text{-distribuição}} = 1,71 \text{ cm}^2$$

**Portanto adotaremos a armadura lateral com 5  $\phi$  8,00 mm ( $A_{s\text{-efetivo}} = 2,51 \text{ cm}^2$ ).**

Por fim resta verificar as tensões nodais (bielas de compressão) nas regiões superiores e inferiores através da expressão abaixo:

$$(F_b \cdot n) / (A_{\text{coluna}} \cdot \text{sen}\beta) < 0,85 \cdot f_{cd}$$

$$(F_b) / (A_{\text{estaca}} \cdot \text{sen}\beta) < 0,85 \cdot f_{cd}, \text{ sendo}$$

$F_b \rightarrow$  Força na biela de compressão [KN];

$A_{coluna} \rightarrow$  Área da coluna do reservatório [cm<sup>2</sup>];

$A_{estaca} \rightarrow$  Área da estaca utilizada [cm<sup>2</sup>];

$F_{cd} \rightarrow$  Resistência a compressão de cálculo do concreto [KN/cm<sup>2</sup>].

Utilizando concreto  $f_{ck} = 30$  MPa (3,00 KN/m<sup>2</sup>), temos:

$$(524 \cdot 16) / (38708 \cdot \sin 36^\circ) < 0,85 \cdot (3,00 / 1,40) \rightarrow$$

$$\rightarrow 0,368 < 1,821 \therefore \text{Verifica}$$

$$(524) / (1256 \cdot \sin 36^\circ) < 0,85 \cdot (3,00 / 1,40) \rightarrow$$

$$\rightarrow 0,710 < 1,821 \therefore \text{Verifica}$$

**Isto posto, temos verificadas as condições de estabilidade do bloco de fundação, conforme as armaduras calculadas e, concreto 30 MPa.**

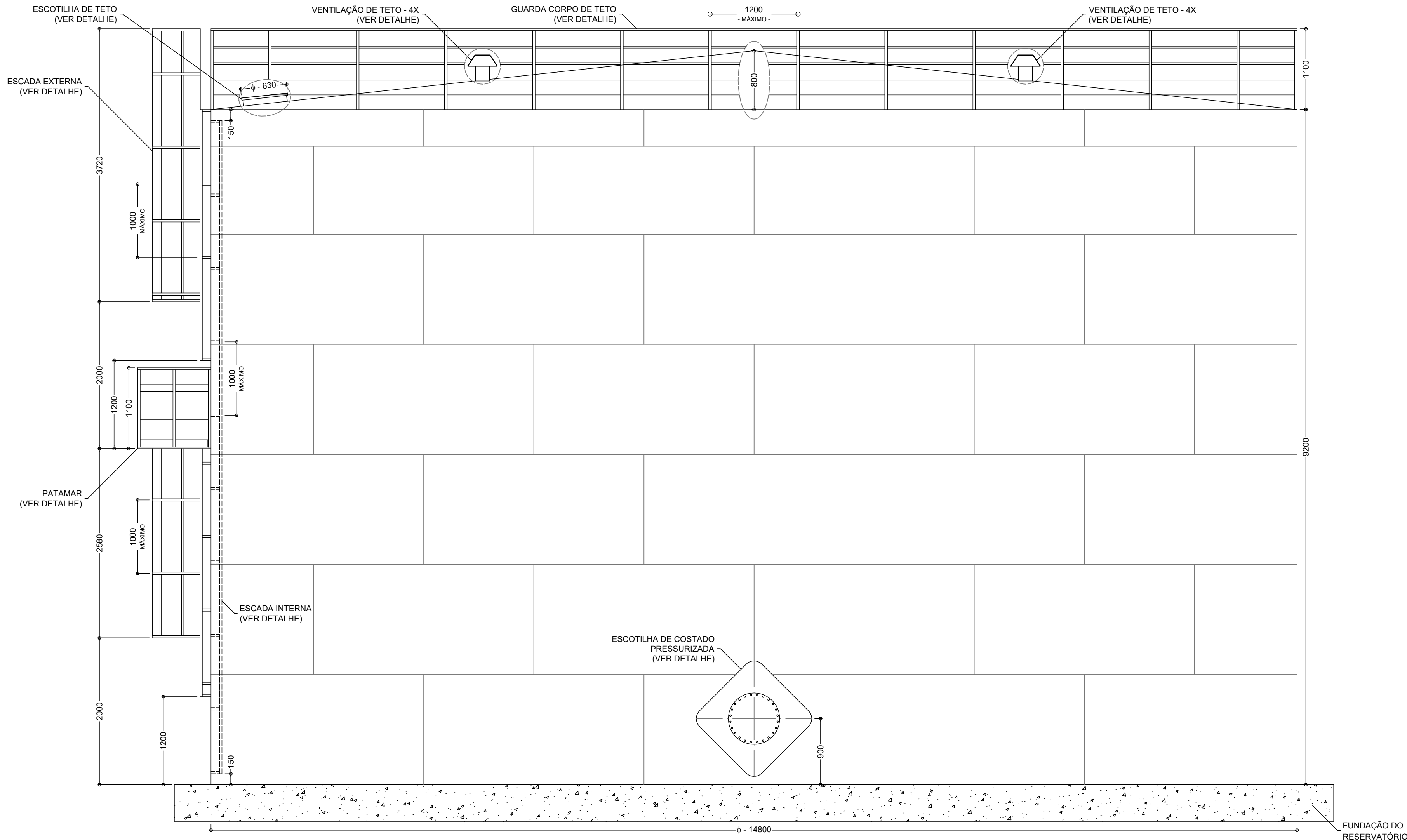
## **6- CONCLUSÕES**

Conforme apresentado as condições iniciais deste relatório verificam com segurança as premissas normativas para elaboração do projeto de fundação para o reservatório metálico tipo taça coluna seca de 250 m<sup>3</sup>, coluna com 14,40 m em questão.

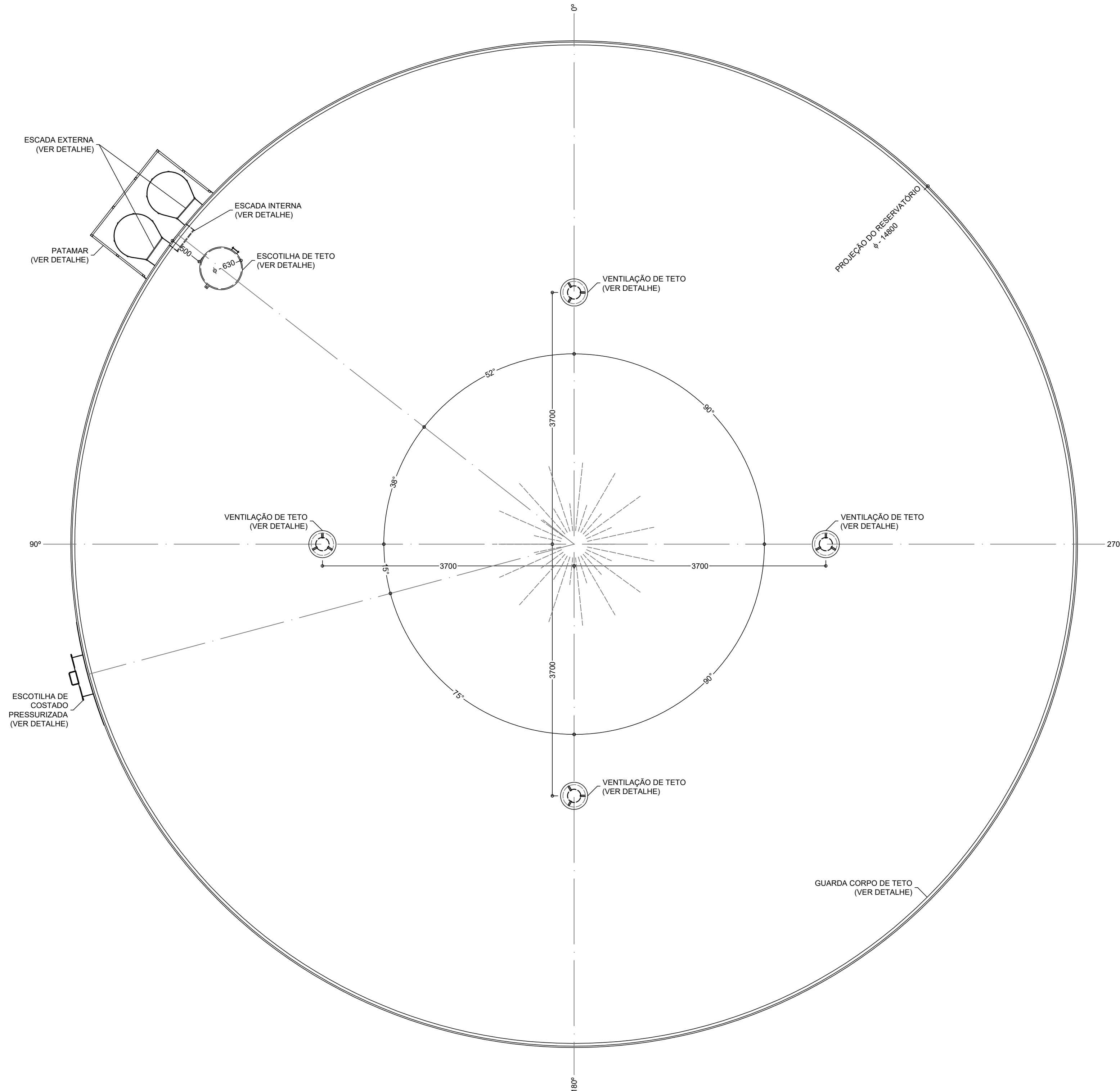
É o relatório,

**Eng. Renê Alexandre Galetti**  
*Membro Titular do Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias – IBAPE/SP*  
*Especialista em Engenharia Geotécnica, Estrutural e de Avaliações e Perícias*  
CREA: 5061122995  
ART: 2620240737618

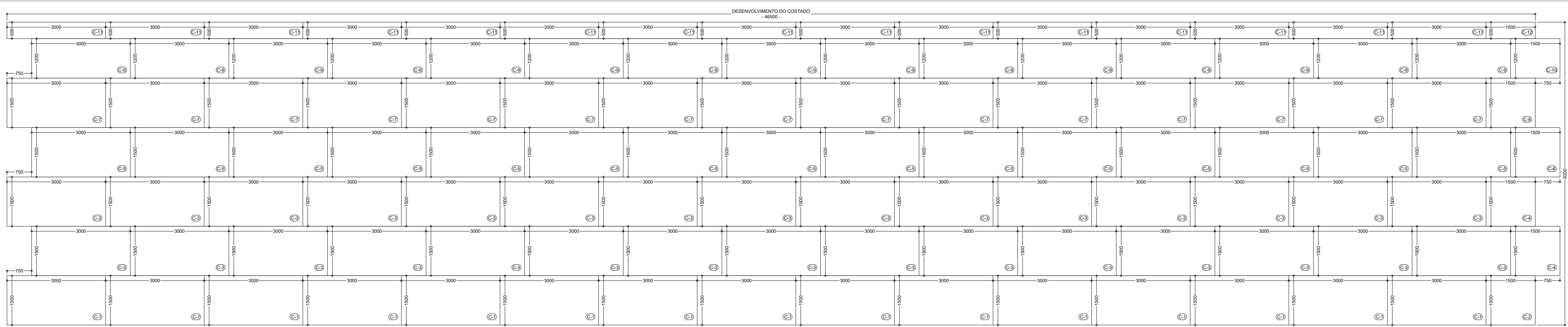




ELEVÇÃO DO RESERVATÓRIO  
ESCALA 1:40



IMPLANTAÇÃO DO TETO DO RESERVATÓRIO  
ESCALA 1:40



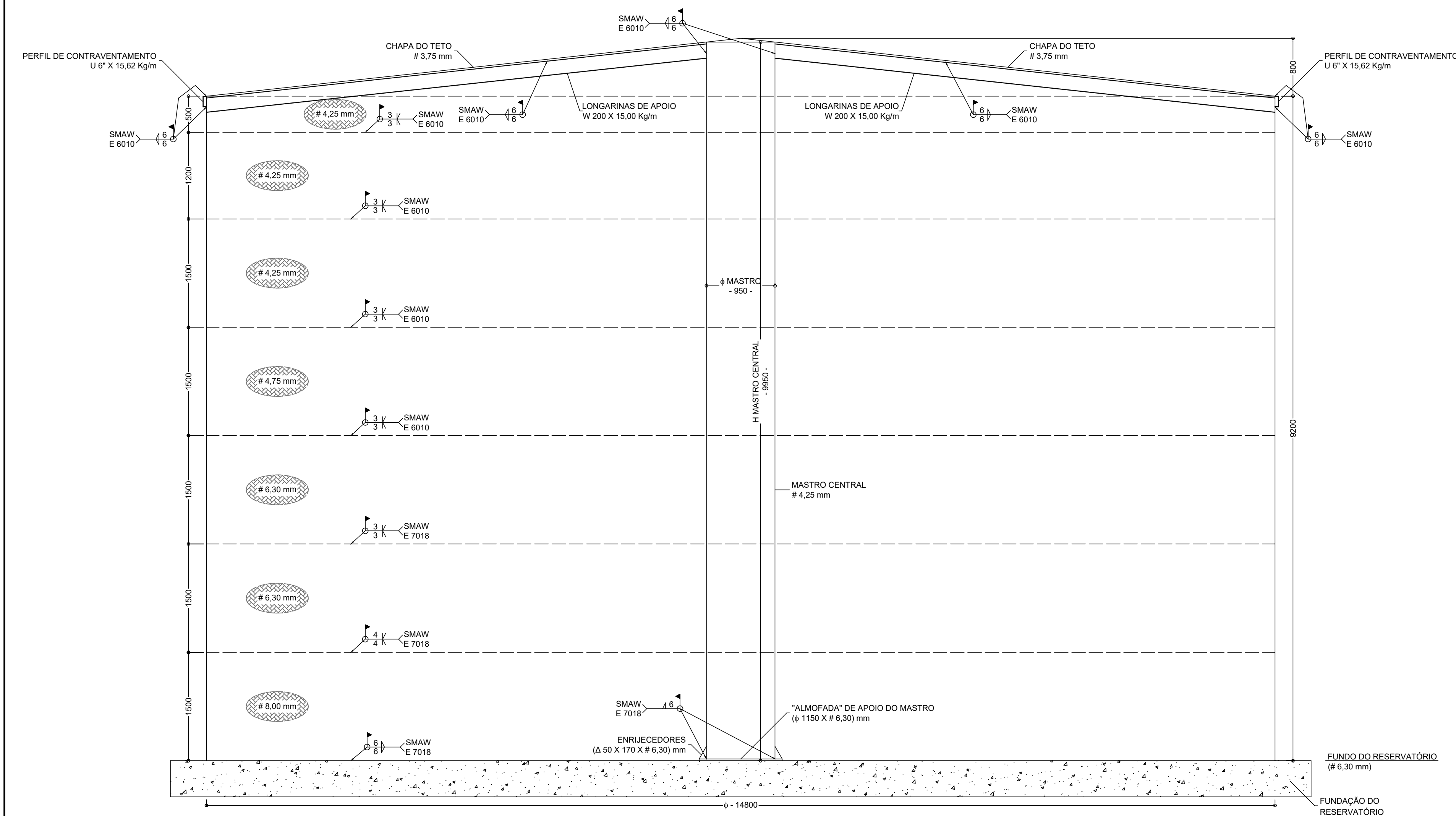
LISTA DE MATERIAIS									
ELEMENTO	MATERIAL	DIMENSÕES	QUANT.	PESO TOTAL	ELEMENTO	MATERIAL	DIMENSÕES	QUANT.	PESO TOTAL
C-1	ASTM A-36	(1500 X 3000 X 8,00) m	15 CHAPAS	4320 Kg	C-7	ASTM A-36	(1500 X 3000 X 4,25) m	15 CHAPAS	2295 Kg
C-2	ASTM A-36	(1500 X 1500 X 8,00) m	1 CHAPA	144 Kg	C-8	ASTM A-36	(1500 X 1500 X 4,25) m	1 CHAPA	77 Kg
C-3	ASTM A-36	(1500 X 3000 X 6,30) m	30 CHAPAS	6804 Kg	C-9	ASTM A-36	(1200 X 3000 X 4,25) m	15 CHAPAS	1837 Kg
C-4	ASTM A-36	(1500 X 1500 X 6,30) m	2 CHAPAS	227 Kg	C-10	ASTM A-36	(1200 X 1500 X 4,25) m	1 CHAPA	61 Kg
C-5	ASTM A-36	(1500 X 3000 X 4,75) m	15 CHAPAS	2565 Kg	C-11	ASTM A-36	(500 X 3000 X 4,25) m	15 CHAPAS	785 Kg
C-6	ASTM A-36	(1500 X 1500 X 4,75) m	1 CHAPA	85 Kg	C-12	ASTM A-36	(500 X 1500 X 4,25) m	1 CHAPA	25 Kg
PESO TOTAL DO COSTADO:					ASTM A-36 19205 Kg				

PLANIFICAÇÃO DO COSTADO  
ESCALA 1:50

ENG. RENÉ ALEXANDRE GALETTI  
CREA: 5061122995

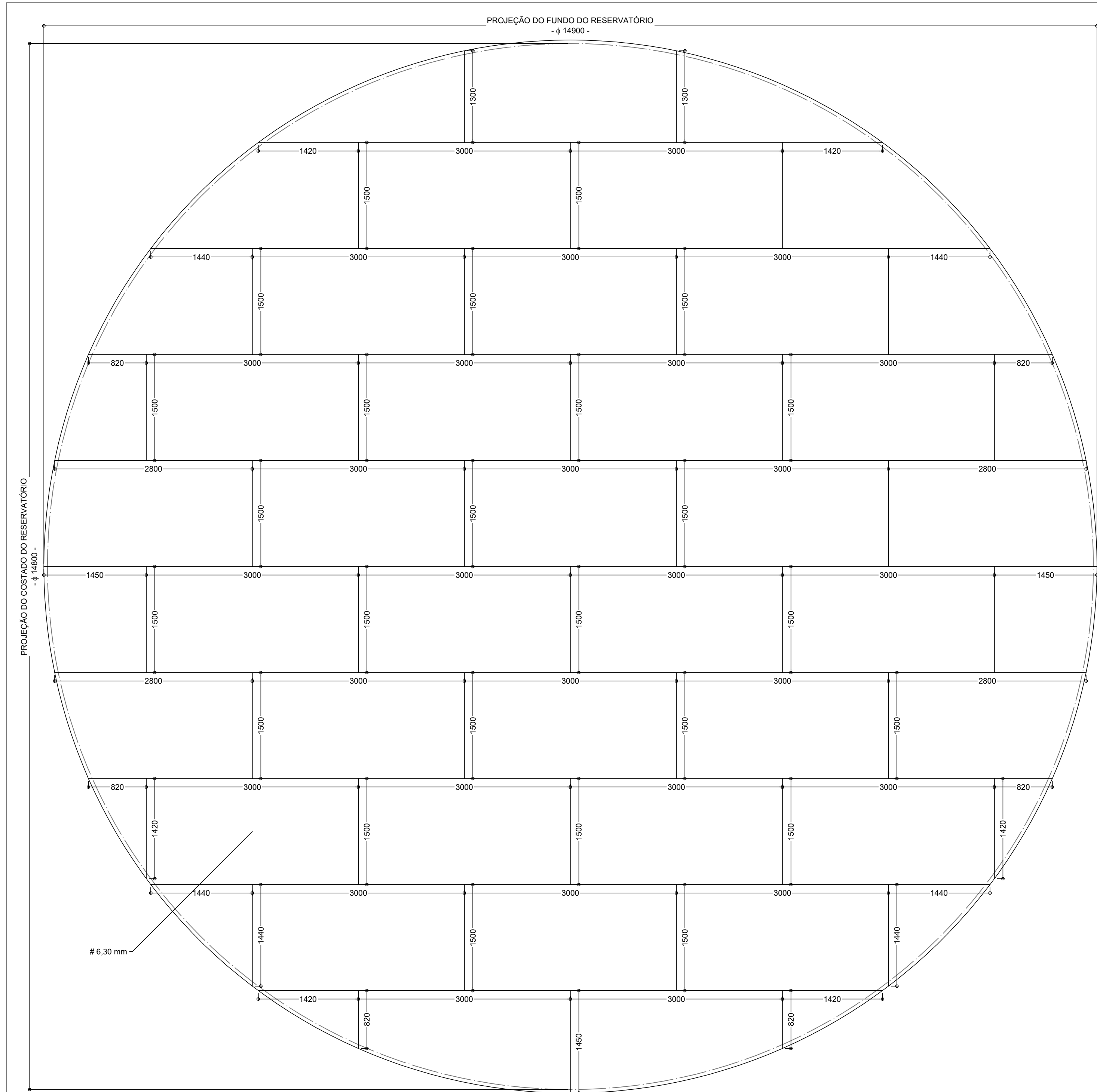
Nº	DATA	REVISÃO	EXECUTADO POR	APROVADO POR	DEÁGUA	DESENHOS DE REFERÊNCIA	NÚMEROS	NOTAS GERAIS	NOTAS GERAIS	NOTAS GERAIS	NOTAS GERAIS	DEÁGUA	PROJETO E CONSULTORIA	RESERVATÓRIO METÁLICO TIPO	CONTRATO
0	25/04/24	EMIÇÃO INICIAL	R. A. G.	-	ACEITO	DATA	-	-	-	-	-	DEPARTAMENTO DE ESGOTO E ÁGUA DE GUARÁ	296/2024	APOIADO DE 1500 m²	296/2024
								- DIMENSÕES EM MILÍMETRO (mm);	- RESERVATÓRIO DESTINADO A ARMAZENAR ÁGUA LIMPA, PH DE 5 A 9 E	- SOLDA INTERNA E EXTERNA ATRAVÉS DE PROCESSO ELÉTRICO (SMAW)	-	PROJETO: ENG. RENÉ ALEXANDRE GALETTI	ABR/2024	- (14,80 X 9,20) m -	01/06
								- COTAS EM METRO (m), QUANDO INDICADAS;	- TUBO DE CLOQUE DE ATÉ 5,00 mps;	- UTILIZANDO ELETRODOS AWS E 6010; E 7018 CONFORME NORMA AWS A5.10	-	ARG: DEÁGUA - 001-24			
								- VERIFICAR MEDIDAS NA OBRA;	- O AÇO DESTINADO A ESTRUTURA E BOCAS DO TANQUE SERÁ DO TIPO	-	ACEITO: / /	CREA: 5061122995	LOCAL: PROJETO EXECUTIVO DO RESERVATÓRIO		
								- NÃO TOMAR MEDIDAS POR ESCALA.	- O AÇO DESTINADO A GUARDA CORPOS, ESCADAS E OUTROS	-	VISTO: / /	A.N.T.: 2620240735846	ABR/2024	ACESSO III, GUAÍRA, SP	INDICADA





ELEVÇÃO DA ESTRUTURA DO RESERVATÓRIO

ESCALA 1:40

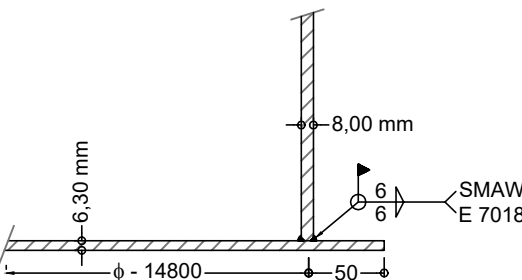


PLANIFICAÇÃO DO FUNDO

ESCALA 1:40

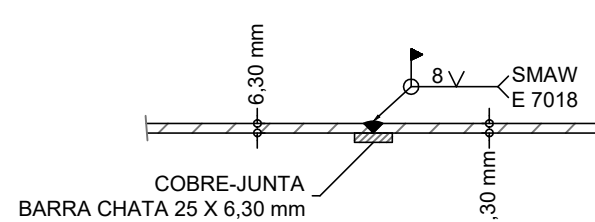
DETALHES DE MONTAGEM DO FUNDO

ESCALA INDICADA



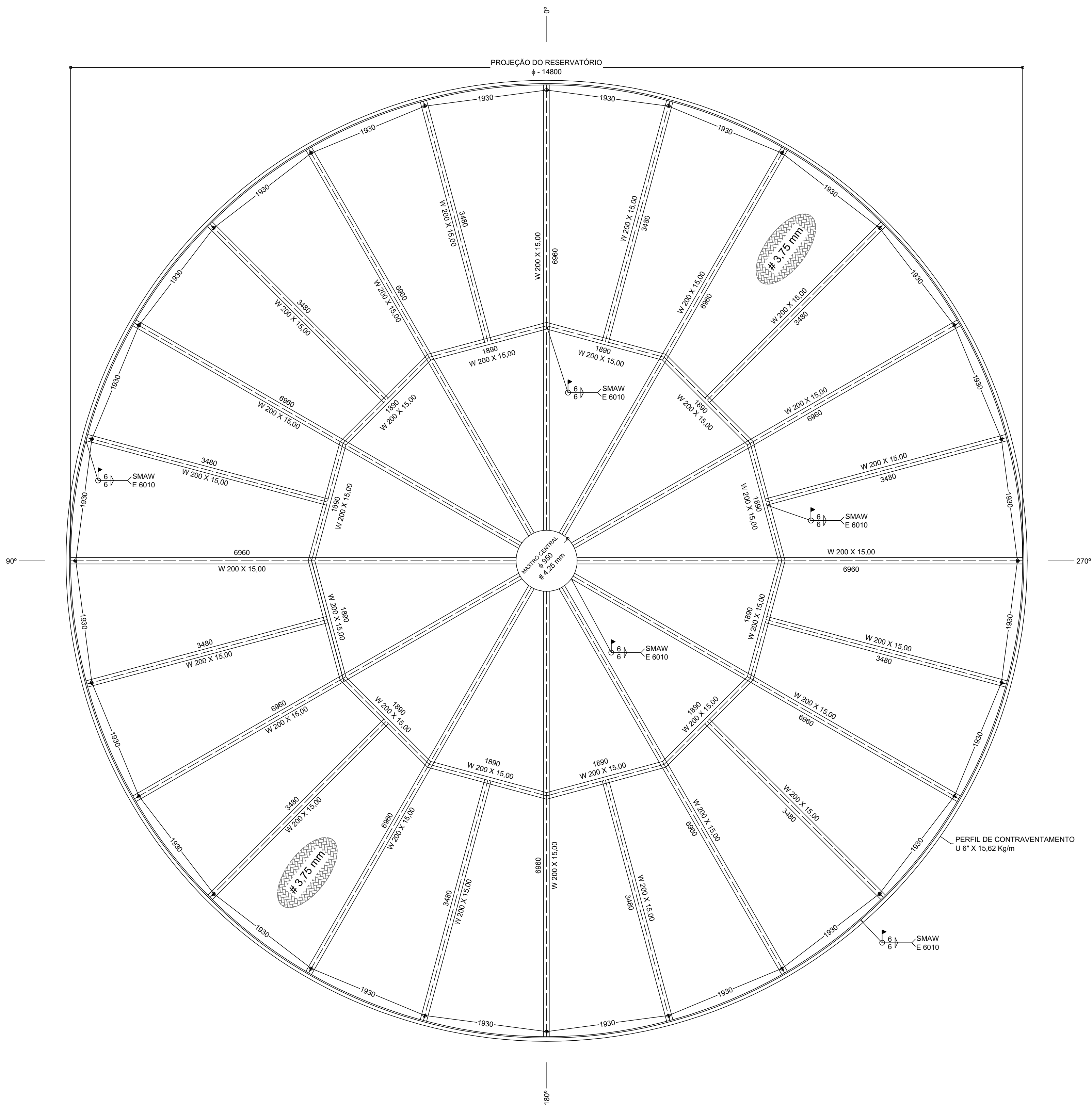
DETALHE DA LIGAÇÃO FUNDO - COSTADO

ESCALA 1:5



DETALHE DA LIGAÇÃO SOLDADA DAS CHAPAS DO FUNDO

ESCALA 1:5




MONTAGEM DA ESTRUTURA AUXILIAR DO TETO DO RESERVATÓRIO

ESCALA 1:40

LISTA DE MATERIAIS						
MATERIAL	PERFIL	ESPECIFICAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PESO UNIT.	PESO TOTAL
ASTM A-36	FUNDO DO RESERVATÓRIO # 6,30 mm	φ 14900 mm - DESENVOLVIDO	m²	174,37	50,40 Kg/m²	8788 Kg
ASTM A-36	BARRA CHATA 25 X 6,30 mm	COBRE JUNTAS	m	170,00	1,26 Kg/m	214 Kg
ASTM A-36	PRIMEIRO ANEL - # 8,00 mm	(φ 14800 X 1500) mm	m²	69,75	64,00 Kg/m²	4464 Kg
ASTM A-36	SEGUNDO E TERCEIRO ANEL # 6,30 mm	(φ 14800 X 3000) mm	m²	139,50	50,40 Kg/m²	7031 Kg
ASTM A-36	QUARTO ANEL - # 4,75 mm	(φ 14800 X 1500) mm	m²	69,75	38,00 Kg/m²	2650 Kg
ASTM A-36	QUINTO ANEL - # 4,25 mm	(φ 14800 X 1500) mm	m²	69,75	34,00 Kg/m²	2372 Kg
ASTM A-36	SEXTO ANEL - # 4,25 mm	(φ 14800 X 1200) mm	m²	55,80	34,00 Kg/m²	1898 Kg
ASTM A-36	SÉTIMO ANEL - # 4,25 mm	(φ 14800 X 500) mm	m²	23,25	34,00 Kg/m²	790 Kg
ASTM A-36	PERFIL DE CONTRAVENTAMENTO	U 6" X 15,62	m	46,50	15,62 Kg/m	727 Kg
ASTM A-36	LONGARINAS DE APOIO	W 200 X 15,00	m	158,00	15,00 Kg/m	2370 Kg
ASTM A-36	MASTRO CENTRAL	(φ 950 X 4,25) mm	m	9,95	102,00 Kg/m	1015 Kg
ASTM A-36	'ALMOFADA' DE APOIO DO MASTRO	(Δ 1150 X 6,30) mm	PC	1	53,00 Kg	53 Kg
ASTM A-36	ENRUECEDORES	Δ 50 X 170 X # 6,30) mm	PC	10	0,30 Kg	3 Kg
ASTM A-36	CHAPA DO TETO DO RESERVATÓRIO # 3,75 mm	φ 14900 mm - DESENVOLVIDO	m²	174,37	30,00 Kg/m²	5231 Kg
ASTM A-36	VENTILAÇÃO DE TETO	VER DETALHE	PC	4	6,37 Kg	26 Kg
ASTM A-36	ESCOTILHA DE TETO	VER DETALHE	PC	1	10,00 Kg	10 Kg
ASTM A-36	ESCOTILHA DE COSTADO	VER DETALHE	PC	1	113 Kg	113 Kg
SAE 1008	GUARDA CORPO DE TETO	VER DETALHE	m	46,50	12,78 Kg/m	595 Kg
SAE 1008	PATAMAR DE DESCANSO	VER DETALHE	PC	1	74 Kg	74 Kg
SAE 1008	ESCADA INTERNA	VER DETALHE	m	8,90	5,81 Kg/m	52 Kg
SAE 1008	ESCADA EXTERNA	VER DETALHE	m	6,80	5,81 Kg/m	40 Kg
SAE 1008	GUARDA CORPO DE ESCADA	VER DETALHE	m	6,30	7,14 Kg/m	45 Kg
PESO TOTAL DO RESERVATÓRIO:					38561 Kg	

Nº	DATA	REVISÃO	EXECUTADO POR	APROVADO POR	DEAGUA		DESENHOS DE REFERÊNCIA	NÚMEROS	NOTAS GERAIS	NOTAS GERAIS	NOTAS GERAIS	NOTAS GERAIS	DEAGUA	PROJETO E CONSULTORIA	RESERVATÓRIO METÁLICO TIPO	CONTRATO:
					ACEITO	DATA										
0	25/04/24	EMIÇÃO INICIAL	R. A. G.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	296/2024
									- DIMENSÕES EM MILÍMETRO (mm);	- RESERVATÓRIO DESTINADO A ARMAZENAR ÁGUA LIMPA, PH DE 5 A 9 E TEOR DE CLORO DE ATÉ 5,00 mg/l;	- SOLDADA INTERNA E EXTERNA ATRAVÉS DE PROCESSO ELÉTRICO (SMAW) UTILIZANDO ELETRODOS AWS E 6010; E 7018 CONFORME NORMA AWS A5.18 E AWS A5.1;	-				
									- COTAS EM METRO (m), QUANDO INDICADAS;	- O AÇO DESTINADO A ESTRUTURA E BOCAS DO TANQUE SERÁ DO TIPO ASTM A-36 E O AÇO DESTINADO A GUARDA CORPOS, ESCADAS E OUTROS SERÃO DO TIPO SAE 1008;						
									- VERIFICAR MEDIDAS NA OBRA;							
									- NÃO TOMAR MEDIDAS POR ESCALA.							

DEAGUA				PROJETO E CONSULTORIA		RESERVATÓRIO METÁLICO TIPO		CONTRATO:	
DEPARTAMENTO DE ESGOTO E AGUA DE GUAIRA				296/2024		APOIADO DE 1500 m²		REV. 0 FL. 02/06	
VISTO E ACEITO						- (14,80 X 9,20) m -		ARG. DEAGUA - 001-24	
ANALISADO:		/ /		PROJETO: ENG. RENÉ ALEXANDRE GALETTI		ABR/2024		ABR/2024	
ACEITO:		/ /		CREA: 5061122995		ABR/2024		ABR/2024	
VISTO:		/ /		A.R.T.: 260240735846		ABR/2024		ABR/2024	

LOCAL:		ACESSO III, GUAIRA, SP		INDICADA	
--------	--	------------------------	--	----------	--

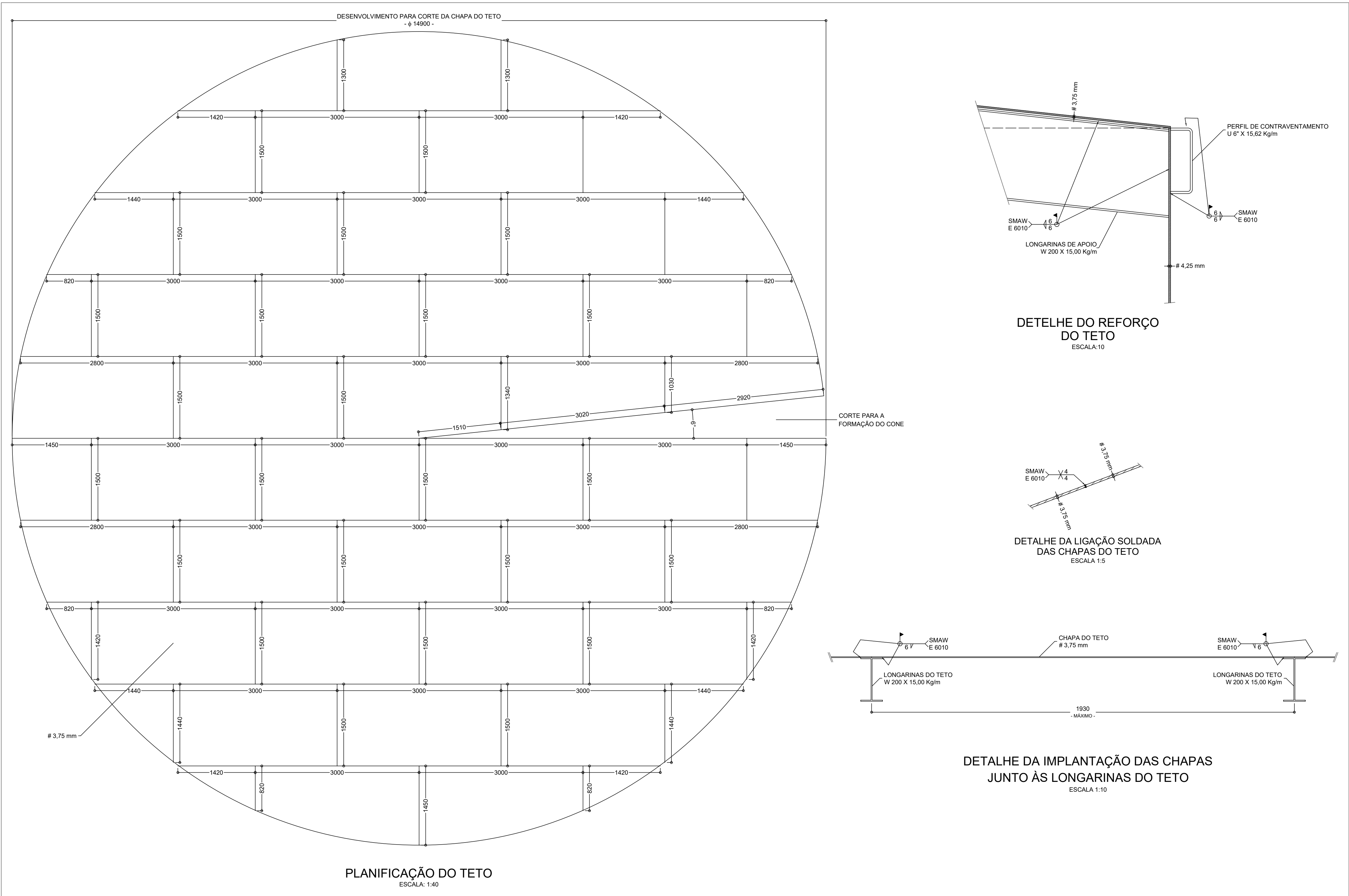
ENG. RENÉ ALEXANDRE GALETTI  
CREA: 5061122995



DEAGUA  
DEPARTAMENTO DE ESGOTO E ÁGUA DE GUARÁ

FORMATO A0 (118,90 X 84,10) cm





DETALHES DE MONTAGEM DO TETO  
ESCALA INDICADA

#### PROCEDIMENTO DE PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIE

##### - SUPERFÍCIE INTERNA:

- **JATEAMENTO ABRASIVO Sa 3 CONFORME NORMA SIS 05 5900/1967:** LIMPEZA POR JATEAMENTO ABRASIVO ÚMIDO AO METAL BRANCO. A SUPERFÍCIE DEVE APRESENTAR COLORAÇÃO METÁLICA UNIFORME, CORRESPONDENTE EM APARÊNCIA COM AOS PADRÕES VISUAIS COM DESIGNAÇÃO Sa 3.

- ESTE PREPARO DEVERÁ REMOVER A CAREPA DE LAMINAÇÃO, PRODUTOS DE CORROSÃO E MARETAL ESTRANHO. A SUPERFÍCIE DEVE APRESENTAR COLORAÇÃO METÁLICA UNIFORME, CORRESPONDENTE EM APARÊNCIA AOS GRAUS DE PREPARO PARA JATEAMENTO ABRASIVO Sa 3.

- OS GRAUS DE PREPARO PARA O JATEAMENTO Sa3 PODERÃO SER EXECUTADOS CONFORME O ESQUEMA ABAIXO.

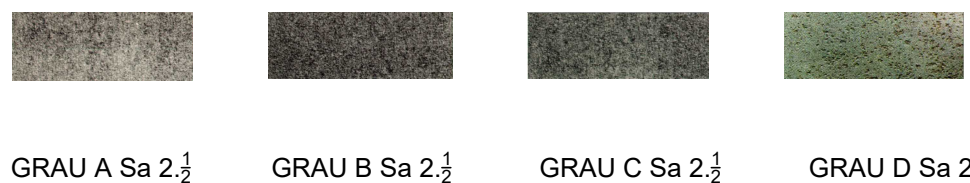


##### - SUPERFÍCIE EXTERNA:

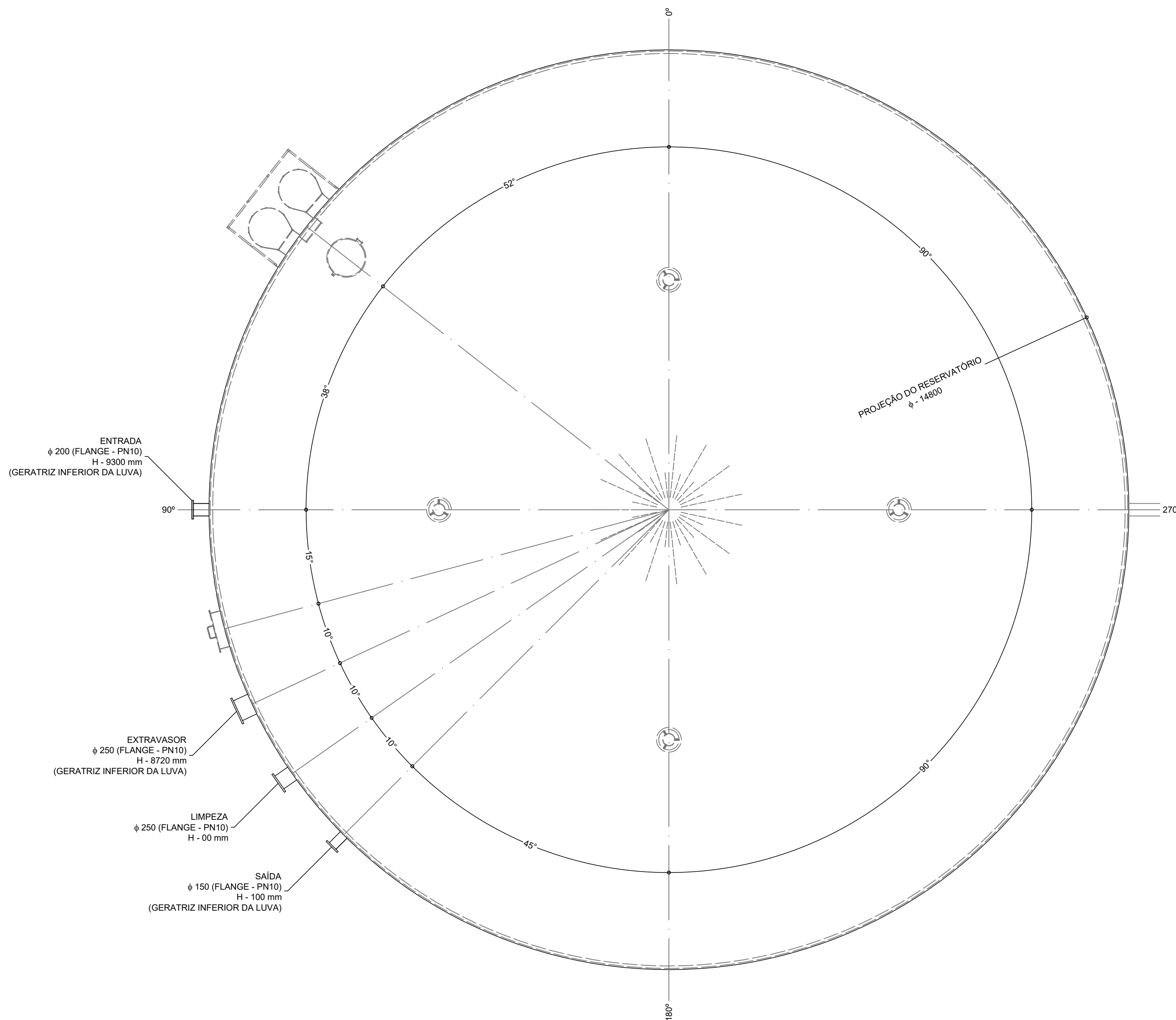
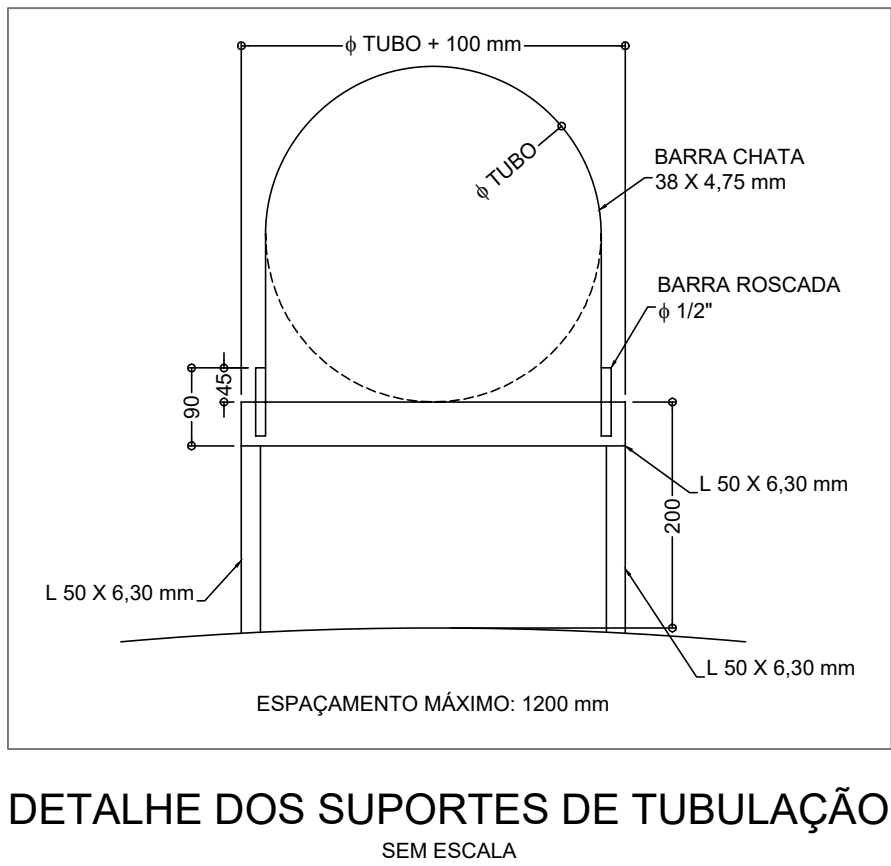
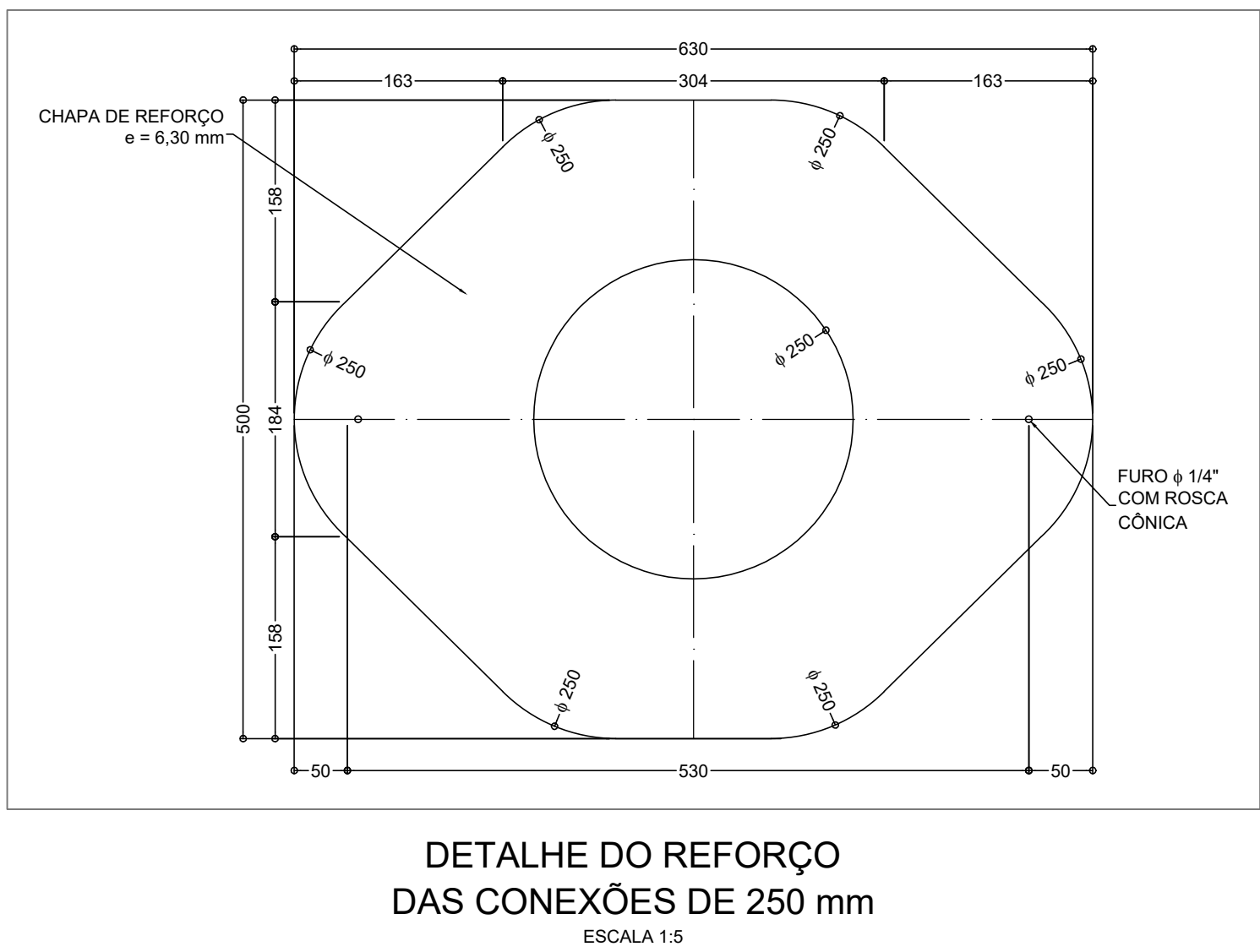
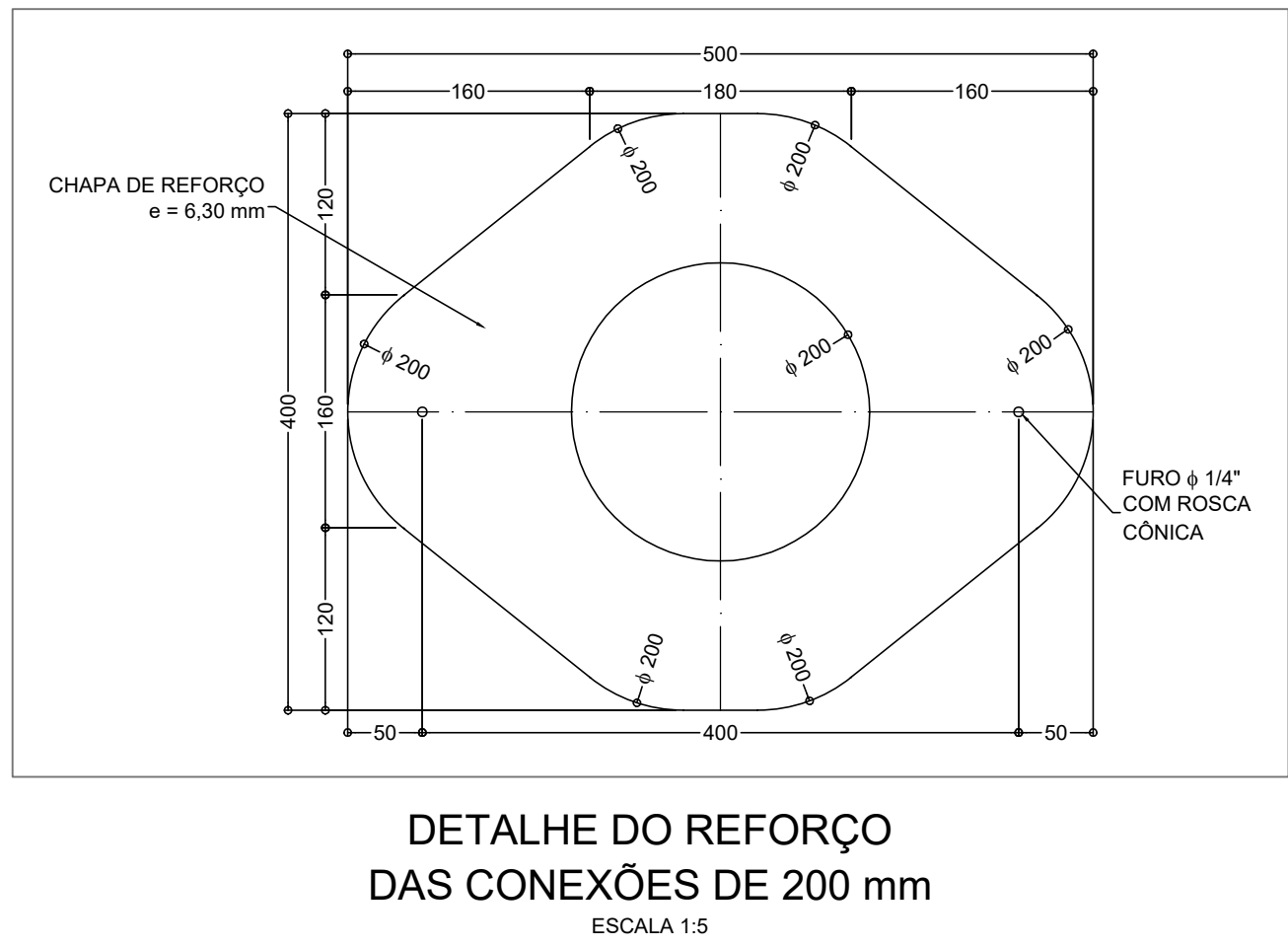
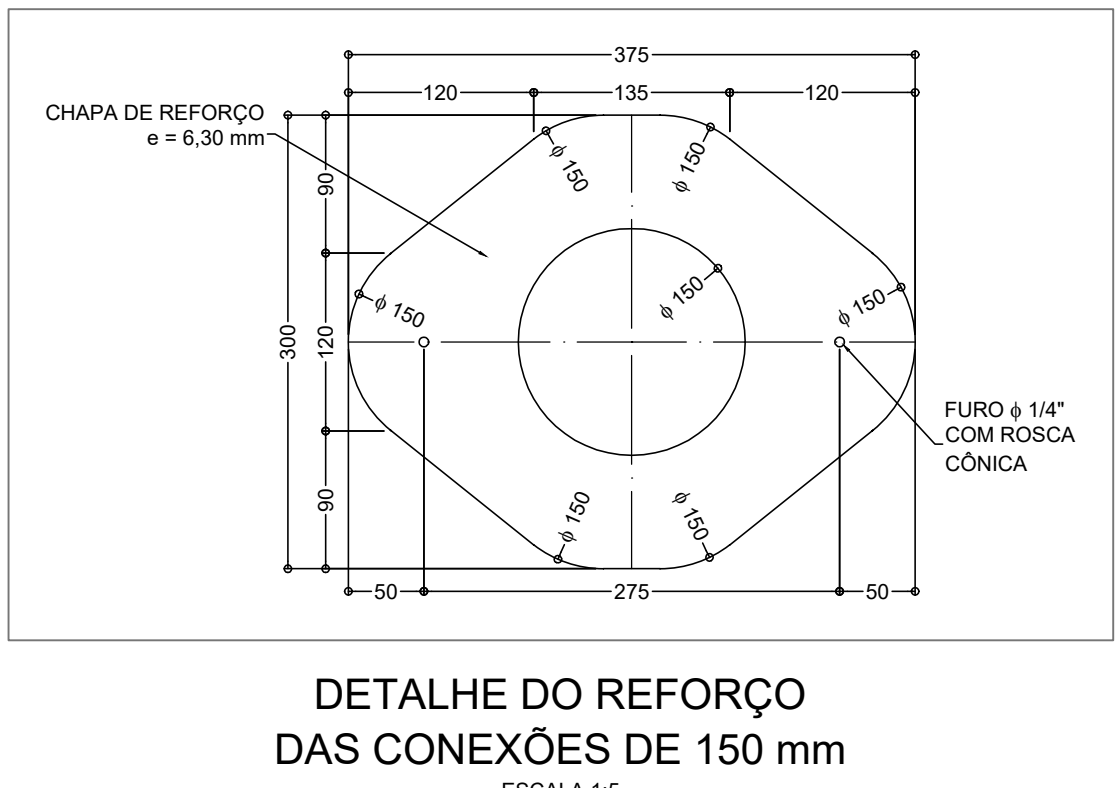
- **JATEAMENTO ABRASIVO Sa 2½ CONFORME NORMA SIS 05 5900/1967:** LIMPEZA POR JATEAMENTO ABRASIVO ÚMIDO AO METAL QUASE BRANCO. A SUPERFÍCIE DEVE APRESENTAR ASPECTO, CORRESPONDENTE AOS PADRÕES VISUAIS COM DESIGNAÇÃO Sa 2½.

- ESTE PREPARO DEVERÁ REMOVER A CAREPA DE LAMINAÇÃO, PRODUTOS DE CORROSÃO E MARETAL ESTRANHO DE MANEIRA TÃO PERFEITA QUE SEUS VESTÍGIOS APARECEM SOMENTE COMO MANCHAS TÊNUES OU ESTRIAS. A SUPERFÍCIE DEVE APRESENTAR ASPECTO CORRESPONDENTE EM APARÊNCIA AOS GRAUS DE PREPARO PARA JATEAMENTO ABRASIVO Sa 2½.

- OS GRAUS DE PREPARO PARA O JATEAMENTO Sa 2½ PODERÃO SER EXECUTADOS CONFORME O ESQUEMA ABAIXO.




PROCEDIMENTO DE PINTURA						
REVESTIMENTO INTERNO						
FILME DE PINTURA	MATERIAIS A SEREM UTILIZADOS	COR	Nº DEMÃOS	ESPESSURA		
				POR DEMÃO	TOTAL	
FUNDO	PRIME EPÓXI ÓXIDO DE FERRO DE ALTA ESPESSURA	VERMELHO	1	40 µm	40 µm	200 µm
INTERMEDIÁRIO	EPÓXI POLIAMIDA ATÓXICO DE ALTA ESPESSURA	AZUL	1	40 µm	80 µm	
ACABAMENTO	EPÓXI POLIAMIDA ATÓXICO DE ALTA ESPESSURA	AZUL	1	40 µm	80 µm	
ESPESSURA TOTAL DO REVESTIMENTO INTERNO:						
REVESTIMENTO EXTERNO						
FILME DE PINTURA	MATERIAIS A SEREM UTILIZADOS	COR	Nº DEMÃOS	ESPESSURA		
				POR DEMÃO	TOTAL	
FUNDO	PRIME EPÓXI ÓXIDO DE FERRO DE ALTA ESPESSURA	VERMELHO	1	40 µm	40 µm	170 µm
INTERMEDIÁRIO	EPÓXI POLIAMIDA DE ALTA ESPESSURA	AZUL	1	60 µm	60 µm	
ACABAMENTO	POLIURETANO ALIFÁTICO	BRANCO	2	35 µm	70 µm	
ESPESSURA TOTAL DO REVESTIMENTO EXTERNO:						
NOTA:						
- PARA OS MATERIAIS UTILIZADOS NO REVESTIMENTO INTERNO DEVERÃO APRESENTADOS CERTIFICADOS DE CONFORMIDADE COM A PORTARIA 2914 DO MINISTÉRIO DA SAÚDE.						

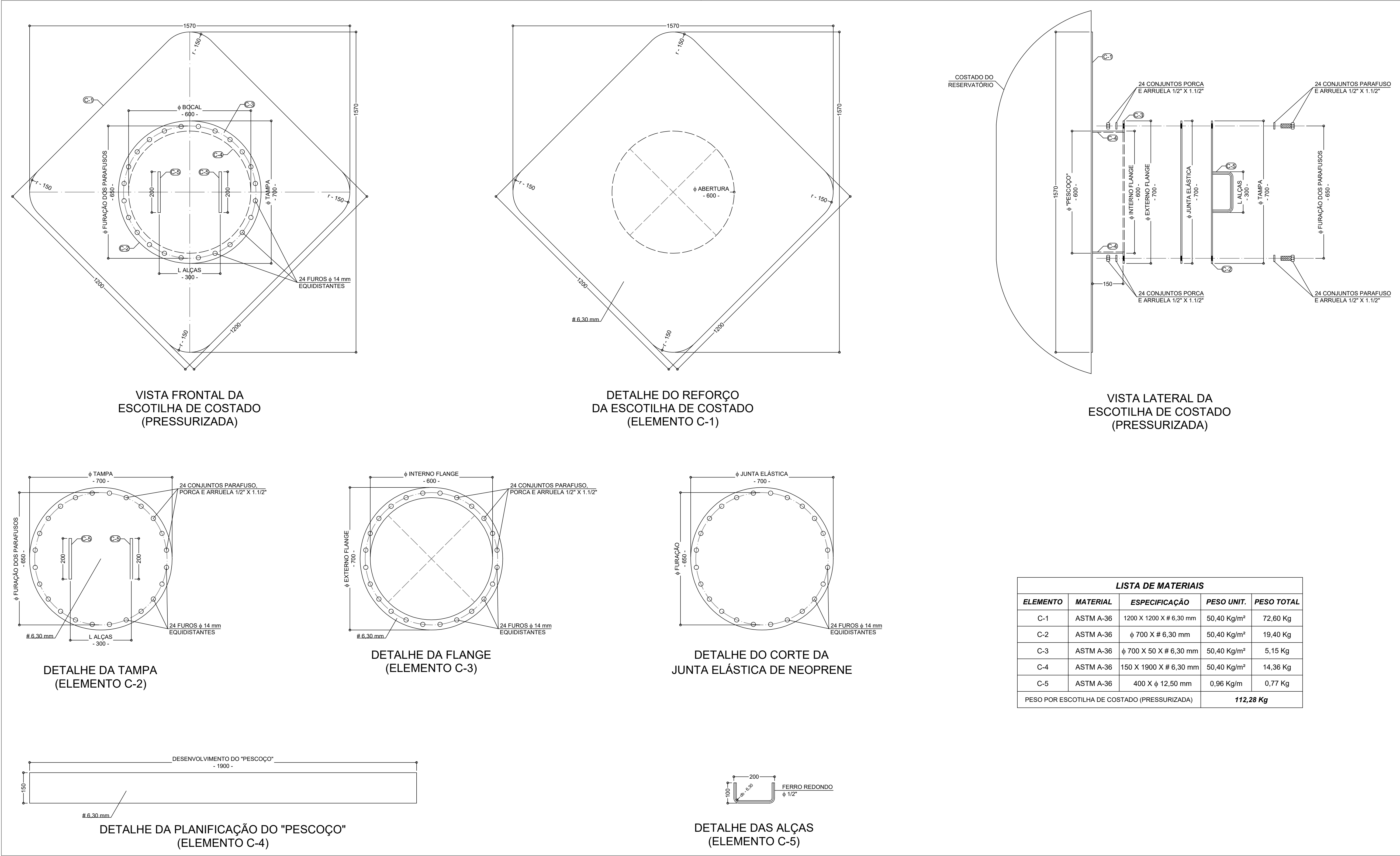


LOCAÇÃO DE LUVAS DO RESERVATÓRIO  
ESCALA 1:50

ENG. RENÉ ALEXANDRE GALETTI  
CREA: 5061122995

Nº	DATA	REVISÃO	EXECUTADO POR	APROVADO POR	DEAGUA		DESENHOS DE REFERÊNCIA	NÚMEROS	NOTAS GERAIS	NOTAS GERAIS	NOTAS GERAIS	NOTAS GERAIS	DEAGUA DEPARTAMENTO DE ESGOTO E AGUA DE GUARA	PROJETO E CONSULTORIA: 	RESERVATÓRIO METÁLICO TIPO APOIADO DE 1500 m³ - (14,80 X 9,20) m -	CONTRATO: 296/2024
					ACEITO	DATA										
0	25/04/24	EMIÇÃO INICIAL	R. A. G.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
									- DIMENSÕES EM MILÍMETRO (mm);	- RESERVATÓRIO DESTINADO A ARMAZENAR ÁGUA LIMPA, PH DE 5 A 9 E TEOR DE CLORO DE ATÉ 5,00 mg/l	-	-				
									- COTAS EM METRO (m), QUANDO INDICADAS;	- O AÇO DESTINADO À ESTRUTURA E BOCAS DO TANQUE SERÁ DO TIPO ASTM A-36 E O AÇO DESTINADO À GUARDA CORPOS, ESCADAS E OUTROS SERÃO DO TIPO SAE 1008;						
									- VERIFICAR MEDIDAS NA OBRA;							
									- NÃO TOMAR MEDIDAS POR ESCALA.							

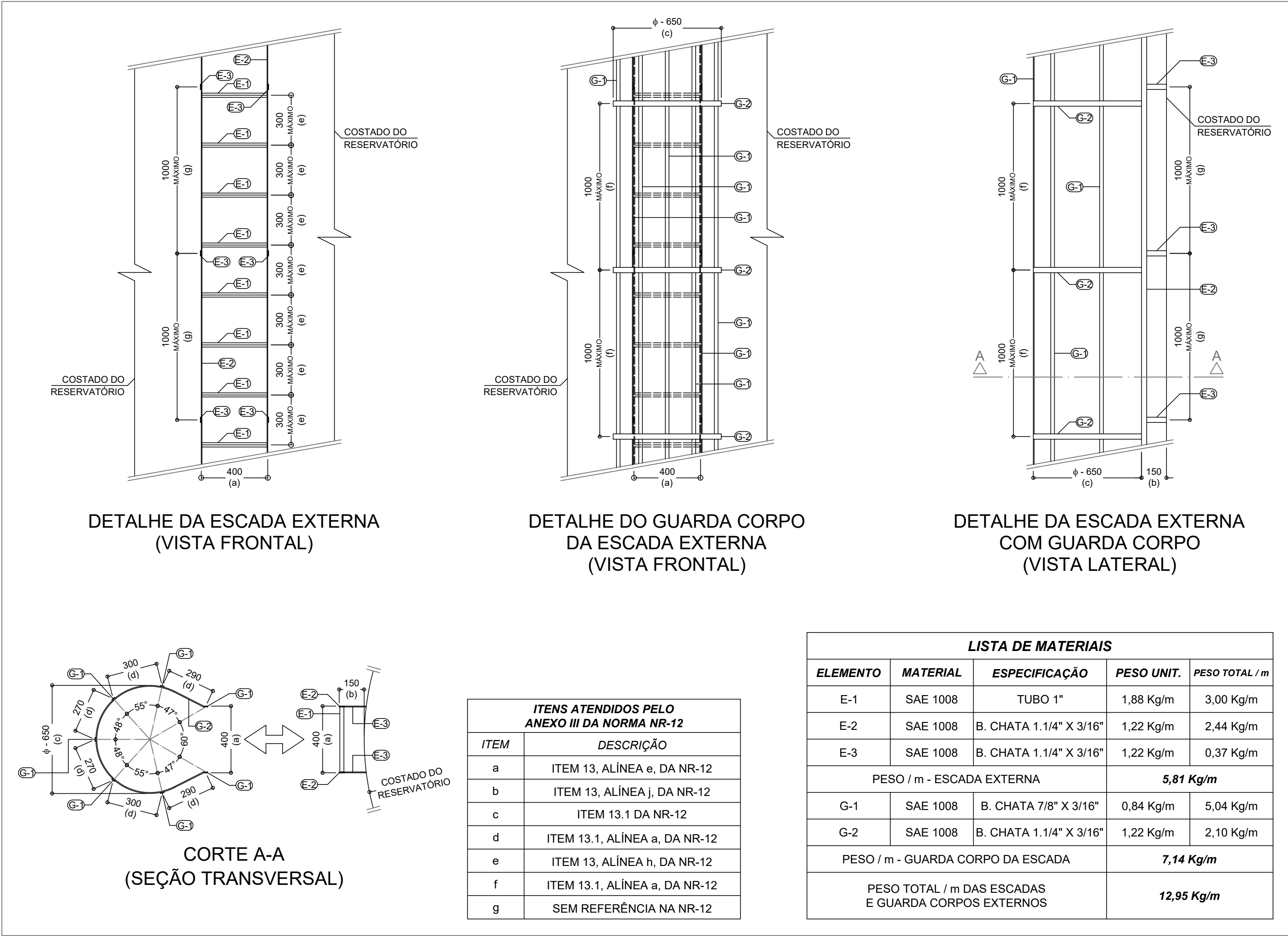




LISTA DE MATERIAIS				
ELEMENTO	MATERIAL	ESPECIFICAÇÃO	PESO UNIT.	PESO TOTAL
C-1	ASTM A-36	1200 X 1200 X # 6,30 mm	50,40 Kg/m²	72,60 Kg
C-2	ASTM A-36	φ 700 X # 6,30 mm	50,40 Kg/m²	19,40 Kg
C-3	ASTM A-36	φ 700 X 50 X # 6,30 mm	50,40 Kg/m²	5,15 Kg
C-4	ASTM A-36	150 X 1900 X # 6,30 mm	50,40 Kg/m²	14,36 Kg
C-5	ASTM A-36	400 X φ 12,50 mm	0,96 Kg/m	0,77 Kg
PESO POR ESCOTILHA DE COSTADO (PRESSURIZADA)			112,28 Kg	

ENG. RENÉ ALEXANDRE GALETTI  
CREA: 506112295

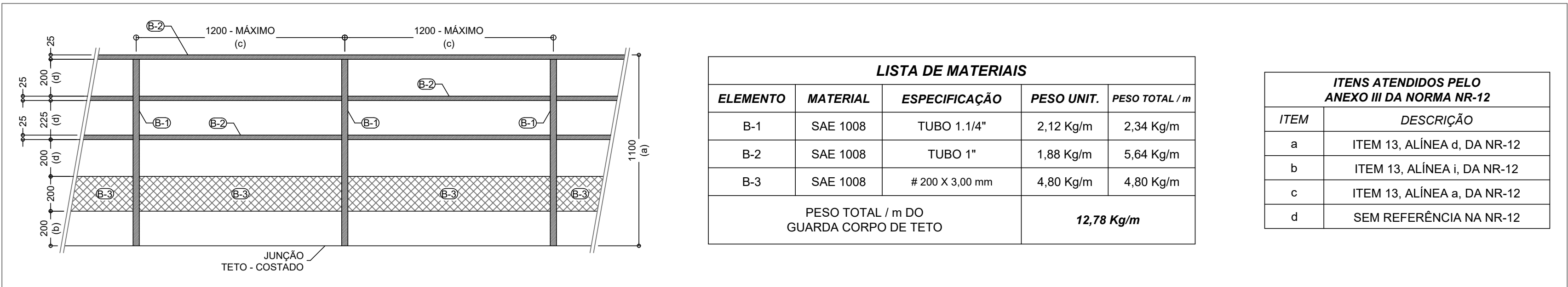
Nº	DATA	REVISÃO	EXECUTADO POR	APROVADO POR	DEÁGUA		DESENHOS DE REFERÊNCIA	NÚMEROS	NOTAS GERAIS	DEÁGUA DEPARTAMENTO DE ESGOTO E ÁGUA DE GUAÍRA VISTO E ACEITO	PROJETO E CONSULTORIA: galetti ENGENHARIA	RESERVATÓRIO METÁLICO TIPO APOIADO DE 1500 m³ - (14,80 X 9,20) m - PROJETO EXECUTIVO DO RESERVATÓRIO	LOCAL: ACESSO III, GUAÍRA, SP	CONTRATO: 296/2024 REV.: 0 FL.: 04/06 ARQ: DEÁGUA - 001-24 ESCALA: INDICADA
					ACEITO	DATA								
0	25/04/24	EMISSION INICIAL	R. A. G.	-	-	-	-	-	-	-	PROJETO: ENG. RENÉ ALEXANDRE GALETTI ABR./2024	-	-	-
									- DIMENSÕES EM MILÍMETRO (mm);	ANALISADO: / /	CREA: 506112295	-	-	-
									- COTAS EM METRO (m), QUANDO INDICADAS;	ACEITO: / /	A.R.T.: 2620240735846	-	-	-
									- VERIFIAR MEDIDAS NA OBRA;	VISTO: / /	ABR./2024	-	-	-
									- NÃO TOMAR MEDIDAS POR ESCALA.			-	-	-



DETALHE DA ESCADA EXTERNA COM GUARDA

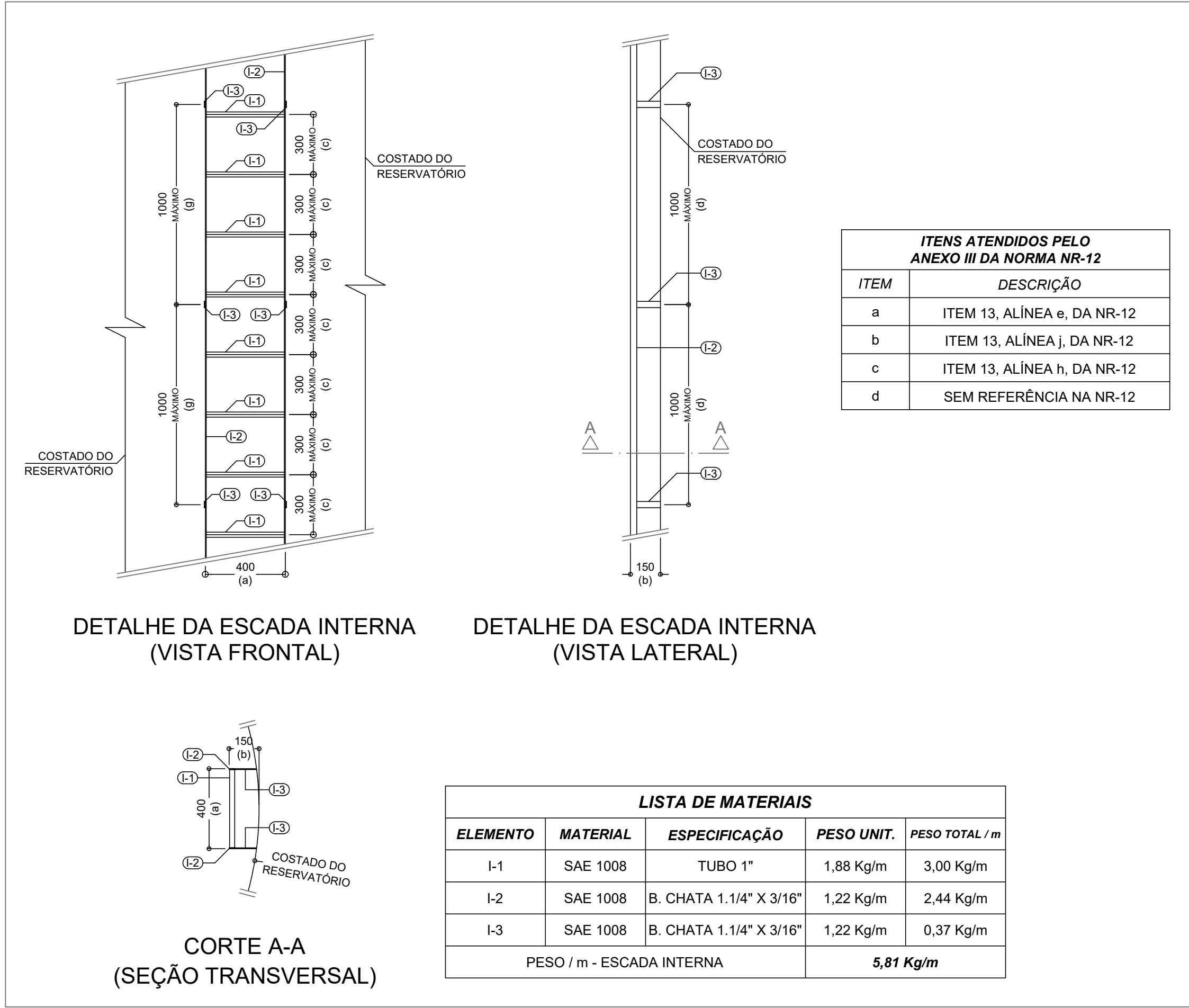
ESCALA 1:20

ENG. RENÉ ALEXANDRE GALETTI  
CREA: 5061122995



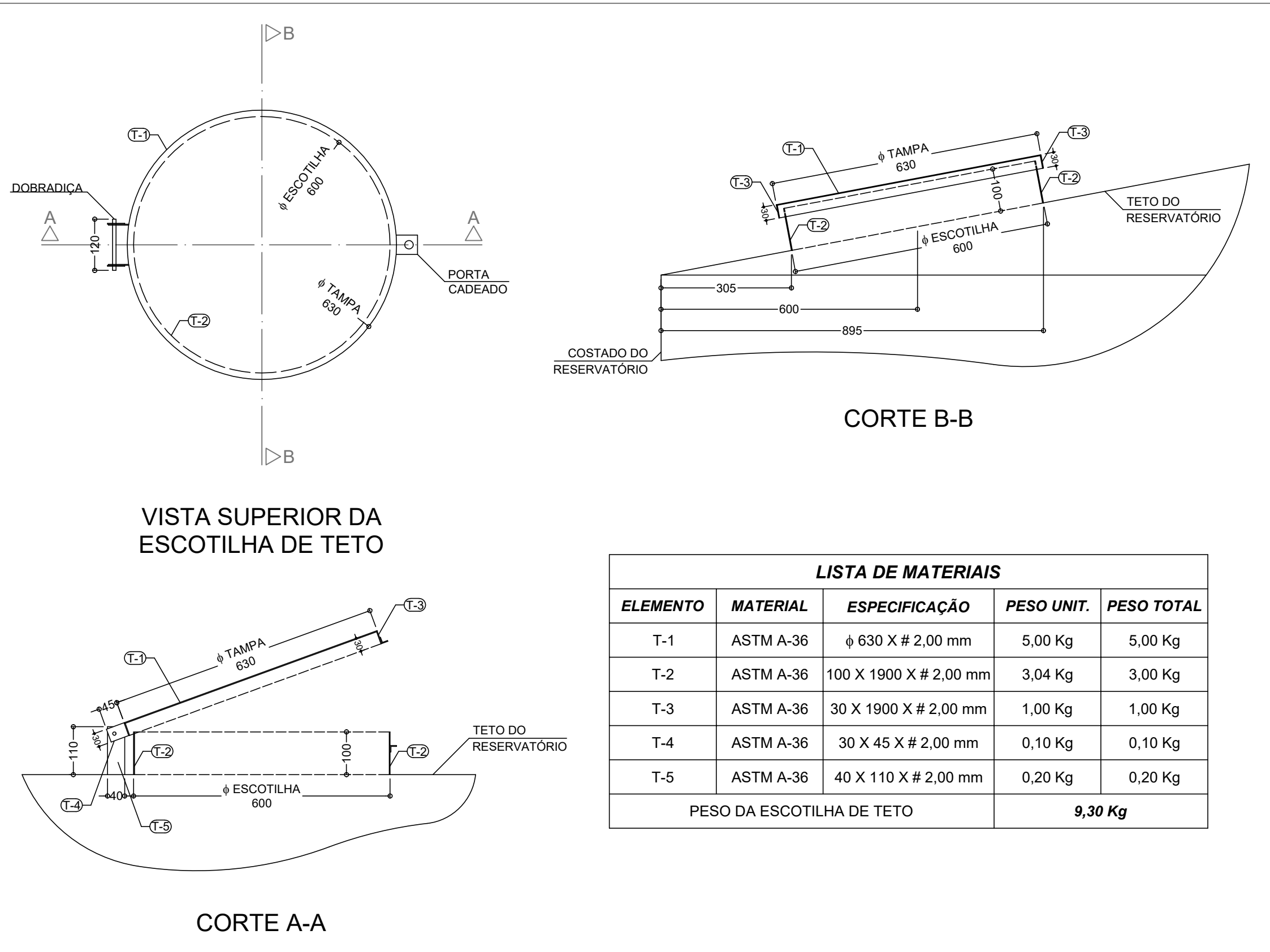
DETALHE DO GUARDA CORPO DE TETO

ESCALA 1:20




DETALHE DA ESCADA INTERNA

ESCALA 1:20



DETALHE DA ESCOTILHA DE TETO

ESCALA 1:10

Nº	DATA	REVISÃO	EXECUTADO POR	APROVADO POR	DEÁGUA		DESENHOS DE REFERÊNCIA	NÚMEROS	NOTAS GERAIS	DEÁGUA DEPARTAMENTO DE ESGOTO E ÁGUA DE GUAÍARA	VISTO E ACEITO	PROJETO E CONSULTORIA:		RESERVATÓRIO METÁLICO TIPO APOIADO DE 1500 m³ - (14,80 X 9,20) m -	PROJETO EXECUTIVO DO RESERVATÓRIO	LOCAL:	ACESSO III, GUAÍARA, SP		CONTRATO:
					ACEITO	DATA						PROJETO: ENG. RENÉ ALEXANDRE GALETTI	ABR/2024						REV.: 0
0	25/04/24	EMISSION INICIAL	R. A. G.	-	-	-	-	-	-	-	-	ANALISADO:	/ /	CREA: 5061122995	ABR/2024				
									- DIMENSÕES EM MILÍMETRO (mm);			ACEITO:	/ /	A.R.T.: 2620240735846	ABR/2024				
									- COTAS EM METRO (m), QUANDO INDICADAS;										
									- VERIFIAR MEDIDAS NA OBRA;										
									- NÃO TOMAR MEDIDAS POR ESCALA.										







## ***Memorial Descritivo***

***Obra:*** Construção de Reservatório Metálico Tipo Apoiado

***Cliente:*** DEÁGUA – Departamento e Esgoto e Água de Guaíra

***Município:*** Guaíra, SP

**Rev.: 0**

***Eng. René Alexandre Galetti***

***Membro Titular do Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias – IBAPE/SP  
Especialista em Engenharia Geotécnica, Estrutural e de Avaliações e Perícias  
CREA: 5061122995  
ART: 2620240735846***



Olímpia, 25 de abril de 2024

## **1- OBJETIVO**

Este relatório tem por objetivo apresentar o memorial descritivo para construção de reservatório metálico de 1500 m<sup>3</sup>, com 14,80 m de diâmetro e 9,20 m de altura, localizado no Acesso III da Rodovia Assis Chateaubriand, Município de Guaíra.

## **2- ASSENTAMENTO SOBRE A FUNDAÇÃO**

Antes do início da montagem deverá ser aplicado, sobre a projeção do reservatório (14,80 m de diâmetro), impermeabilizante, base asfáltica, a fim de proteger o metal base do fundo frente à possíveis efeitos de umidade.

Considera-se este procedimento como parte integrante do revestimento do reservatório, uma vez que a superfície do fundo em contato com a fundação não receberá o procedimento de revestimento externo apontado abaixo.

## **3- PRÉ-FABRICAÇÃO DO RESERVATÓRIO**

Tendo em vista as características do reservatório (diâmetro elevado que impede a montagem em fábrica), o material deverá ser entregue, em obra, refilado, calandrado, e com aplicação do revestimento primer.

Os acessórios (escadas, guarda corpos e patamares de descanso) poderão ser fornecidos finalizados, apenas para a soldagem no reservatório antes de sua finalização.

As chapas do fundo do reservatório (# 6,30 mm) e do primeiro ao terceiro anel (# 8,00 mm e 6,30 mm) deverão ser chanfradas para a correta penetração do filete soldado.

Todas as chapas deverão ser refiladas (esquadrejadas e cortadas conforme as curvaturas) de modo a constituírem as medidas apresentadas no projeto.

Para a preparação a superfície (que será descrita em item específico) deverá ser realizado aplicação de fita adesiva de proteção, com largura de 5,00 cm, em cada face, para a correta execução dos ensaios não destrutivos de solda.

As fitas adesivas somente serão retiradas após a aplicação do revestimento primer.

Todo material que comporá a estrutura do reservatório deverá ser do tipo ASTM A-36, sendo aceitas marcas comerciais conforme siderúrgica específica, e todo material para a execução dos acessórios (escadas, guarda corpos e patamares) poderá ser do tipo SAE 1008, ou superior.

A estrutura do reservatório será composta pelos seguintes elementos:

**Fundo:** # 6,30 mm;

**Primeiro anel:** # 8,00 mm, com 1,50 m de altura;

**Segundo e terceiro anéis:** # 6,30 mm com 3,00 m de altura, composta por dois anéis de 1,50 m;

**Quarto anel:** # 4,75 mm, com 1,50 m de altura;

**Quinto anel:** # 4,25 mm, com 1,50 m de altura;

**Sexto anel:** # 4,25 mm, com 1,20 m de altura;

**Sétimo anel:** # 4,25 mm, com 0,50 m de altura;

**Teto:** # 3,75 mm para o fechamento do teto, apoiado sobre mastro central de  $\phi$  950 x 9950 mm, # 4,25 mm, com vigas radiais e transversais de perfil W 200 x 15,00 Kg/m.

#### **4- PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM**

Toda a solda do reservatório será do tipo elétrica (procedimento SMAW) conforme norma AWS 5.1 e AWS 5.18, utilizando eletrodos do tipo E 7018 no fundo e nos três primeiros anéis e eletrodos do tipo E 6010 no teto, mastro central e teto e suas estruturas complementares.

Nos elementos cujas chapas possuírem espessura de 8,00 mm e 6,30 mm deverá ser executado solda de raiz e acabamento, nos demais filete único.

O reservatório deverá ser soldado nas duas faces (interna e externa) com exceção do fundo que terá solda sobre cobre juntas.

Antes da realização da pintura, todo filete soldado deverá ser preparado com aplicação de escova rotativa com cerdas de inox.

#### **5- INSTALAÇÃO DOS ACESSÓRIOS**

Após o término da soldagem deverá ser realizada a instalação dos acessórios (escadas, guarda-corpos e patamares), bem como os bocais e olhais constantes do projeto.

Todos os acessórios deverão ser instalados nas posições conforme dispõe do projeto do reservatório.

## **6- PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE**

### **6.1- PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE INTERNA**

A superfície interna deverá ser preparada com aplicação de jateamento abrasivo Sa 3 – Metal branco, em conformidade com a norma SIS-05 5900/1967 – “*Pictorial surface preparation standards for painting steel*”.

Deverá ser apresentado ao DEAGUA o relatório de rugosidade do jateamento para a comprovação do perfil mínimo do jateamento Sa 3.

Conforme descrito no item 3 deverá ser realizado aplicação de fita adesiva de proteção, com largura de 5,00 cm, em cada face, para a correta execução dos ensaios não destrutivos de solda, logo, as bordas das chapas não receberão o jateamento.

A preparação da superfície das bordas será executada pela aplicação das escovas rotativas, conforme item 4.

### **6.2- PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE EXTERNA**

A superfície externa deverá ser preparada com aplicação de jateamento abrasivo Sa 2.1/2 – Metal quase branco, ou superior, em conformidade com a norma SIS-05 5900/1967 – “*Pictorial surface preparation standards for painting steel*”.

Deverá ser apresentado ao DEAGUA o relatório de rugosidade do jateamento para a comprovação do perfil mínimo do jateamento Sa 2.1/2, ou superior.

Conforme descrito no item 3 deverá ser realizado aplicação de fita adesiva de proteção, com largura de 5,00 cm, em cada face, para a correta execução dos ensaios não destrutivos de solda, logo, as bordas das chapas não receberão o jateamento.

A preparação da superfície das bordas será executada pela aplicação das escovas rotativas, conforme item 4.

## **7- REVESTIMENTO**

### **7.1- REVESTIMENTO DA SUPERFÍCIE INTERNA**

O revestimento da superfície interna será executado através da aplicação de primer-epóxi óxido de ferro de alta espessura na cor vermelha, com 40  $\mu\text{m}$ , nos procedimentos de fábrica.

Após o término da soldagem, com consequente realização dos ensaios não destrutivos, deverá ser aplicado através de trincha o mesmo primer-epóxi nas juntas soldadas que foram protegidos pela fita adesiva.

Em um intervalo de 48 horas após a aplicação do primer-epóxi, nas juntas soldadas, deverá ser realizado lixamento da superfície do revestimento com a finalidade da retirada do brilho da tinta, após o lixamento a superfície deverá ser lavada para a eliminação dos resíduos da lixa.

O acabamento será executado com aplicação de duas demãos de 80  $\mu\text{m}$  de epóxi poliamida de alta espessura, na cor azul ou branco, com intervalo de demãos de no mínimo 24 horas.

O revestimento interno deverá ter uma espessura total seca de 200  $\mu\text{m}$ .

Deverá ser entregue ao DEÁGUA laudo emitido por laboratório especializado (Falcão Bauer, Adolpho Lutz, etc), em conformidade com a portaria 2914 do Ministério da Saúde que comprove a atoxidade do revestimento e sua adequação para o consumo humano.

## **7.2- REVESTIMENTO DA SUPERFÍCIE EXTERNA**

O revestimento da superfície externa será executado através da aplicação de primer-epóxi óxido de ferro de alta espessura na cor vermelha, com 40  $\mu\text{m}$ , nos procedimentos de fábrica.

Após o término da soldagem, com consequente realização dos ensaios não destrutivos, deverá ser aplicado através de trincha o mesmo primer-epóxi nas juntas soldadas que foram protegidos pela fita adesiva.

Em um intervalo de 48 horas após a aplicação do primer-epóxi, nas juntas soldadas, deverá ser realizado lixamento da superfície do revestimento com a finalidade da retirada do brilho da tinta, após o lixamento a superfície deverá ser lavada para a eliminação dos resíduos da lixa.

O acabamento será executado com aplicação de uma demão de 60  $\mu\text{m}$  de epóxi poliamida de alta espessura, na cor azul ou branco.

Em um intervalo de 24 horas após a aplicação do epóxi poliamida deverá ser aplicado duas demãos de 35  $\mu\text{m}$  de poliuretano alifático na cor branca.

O revestimento interno deverá ter uma espessura total seca de 170  $\mu\text{m}$ .

## **8- ENSAIOS E TESTES**

Para a garantia da qualidade do reservatório deverão ser executado os seguintes ensaio não destrutivo (END):

### **- Solda:**

Ensaio Visual Dimensional (EVS) em 100% dos filetes soldados;

Líquido Penetrante (LP) em 20% dos cruzamentos de chapas e em 100% das juntas de conexões.

### **- Fundo:**

Caixa de vácuo em 10% dos cruzamentos.

### **- Pintura:**

Ensaio de aderência após a aplicação do primer epóxi, método “A”, corte “X” em 5% das chapas que compõe o reservatório;

Controle da espessura da camada seca em 100% da superfície.



## 9- RECEBIMENTO DO RESERVATÓRIO

Para o recebimento do reservatório o proponente deverá encaminhar ao DEÁGUA a Anotação de Responsabilidade Técnica dos serviços de pré-fabricação e montagem final do reservatório.

O reservatório será considerado entregue após o DEÁGUA realizar o teste de estanqueidade do reservatório e não ser verificado nenhum tipo de vazamento das juntas soldadas.

O proponente se responsabilizará pela garantia dos serviços prestados por um período de 2 (dois) anos para a pintura e de 5 (cinco) anos para a estrutura em conformidade com os dispostos da NBR 15.575.

É o relatório,

**Eng. Renê Alexandre Galetti**  
Membro Titular do Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias – IBAPE/SP  
Especialista em Engenharia Geotécnica, Estrutural e de Avaliações e Perícias  
CREA: 5061122995  
ART: 2620240735846



# ***Memória de Cálculo Para Elaboração de Projeto de Reservatório***

***Obra:*** Construção de Reservatório Metálico Tipo Apoiado

***Cliente:*** DEÁGUA – Departamento e Esgoto e Água de Guaíra

***Município:*** Guaíra, SP

**Rev.: 0**

***Eng. René Alexandre Galetti***

***Membro Titular do Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias – IBAPE/SP  
Especialista em Engenharia Geotécnica, Estrutural e de Avaliações e Perícias***

***CREA: 5061122995***

***ART: 2620240735846***

Olímpia, 25 de abril de 2024

## **1- OBJETIVO**

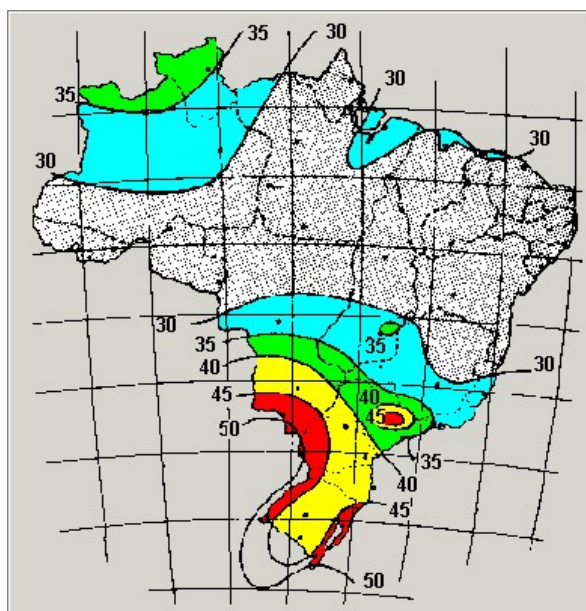
O presente relatório tem por finalidade apresentar a memória de cálculo para desenvolvimento de projeto estrutural de reservatório metálico de 1500 m<sup>3</sup>, com 14,80 m, altura de 9,20 m e lâmina d'água a 8,72 m, localizado no Acesso III da Rodovia Assis Chateaubriand, Município de Guaíra.

## 2- DETERMINAÇÃO DAS FORÇAS HORIZONTAIS

As forças horizontais que agem sobre o reservatório são as forças devidas aos esforços de vento, definidas pela NBR 6123/88 – “Forças devidas ao vento em edificações”.

### 2.1- VELOCIDADE BÁSICA DO VENTO ( $V_0$ )

A velocidade básica do vento ( $V_0$ ) é definida conforme isopletas de velocidades básicas, figura 1, página 6, NBR 6123/88:



**Figura 1 – Isopletas da velocidade básica de vento (NBR 6123/88)**

A cidade de Guaíra localiza-se na parte oeste do estado, sendo a velocidade básica do vento adotada como 40 m/s, logo:

$$V_0 = 40 \text{ m/s}$$

## **2.2- DETERMINAÇÃO DA PRESSÃO DINÂMICA OU PRESSÃO DE OBSTRUÇÃO (Q)**

### **2.2.1- VELOCIDADE CARACTERÍSTICA DO VENTO ( $V_K$ )**

A velocidade característica ( $V_K$ ) é a velocidade usada em projeto, sendo que são considerados os fatores topográficos ( $S_1$ ), influência da rugosidade (obstáculos no entorno da edificação) e dimensões da edificação ( $S_2$ ) e o fator de uso da edificação, que considera a vida útil e o tipo de uso ( $S_3$ ). A velocidade característica pode ser expressa como:

$$V_K = V_0 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3, \text{ sendo:}$$

$V_K \rightarrow$  Velocidade característica do vento [m/s];

$V_0 \rightarrow$  Velocidade básica do vento [m/s];

$S_1 \rightarrow$  Fator topográfico;

$S_2 \rightarrow$  Fator de rugosidade e dimensões da edificação;

$S_3 \rightarrow$  Fator estatístico.

**2.2.1.2- FATOR TOPOGRÁFICO ( $S_1$ )**

O fator topográfico ( $S_1$ ) é definido pelo item 5.2 da NBR 6123/88, podendo tomar os seguintes valores:

a) *Terrenos planos ou fracamente acidentados:  $S_1 = 1,00$ ;*

b) *Taludes e morros:*

*- Taludes e morros alongados nos quais pode ser admitido um fluxo de ar bidimensional soprando no sentido indicado na Figura 3;*

*- No ponto A (morros) e nos pontos A e C (taludes):  $S_1 = 1,00$ ;*

*- No ponto B: [ $S_1$  é uma função  $S_{1(z)}$ ]:*

$$\theta \leq 3^\circ: S_{1(z)} = 1,0$$

$$6^\circ \leq \theta \leq 17^\circ: S_{1(z)} = 1,00 + [2,50 - (z/d)] \operatorname{tg}(\theta - 3^\circ) \geq 1,00$$

$$\theta \geq 45^\circ S_{1(z)} = 1,00 + [2,50 - (z/d)] 0,31 \geq 1,00$$

*[interpolar linearmente para  $3^\circ < \theta < 6^\circ < 17^\circ < \theta < 45^\circ$ ]*

Onde:

$z \rightarrow$  altura medida a partir da superfície do terreno no ponto considerado;

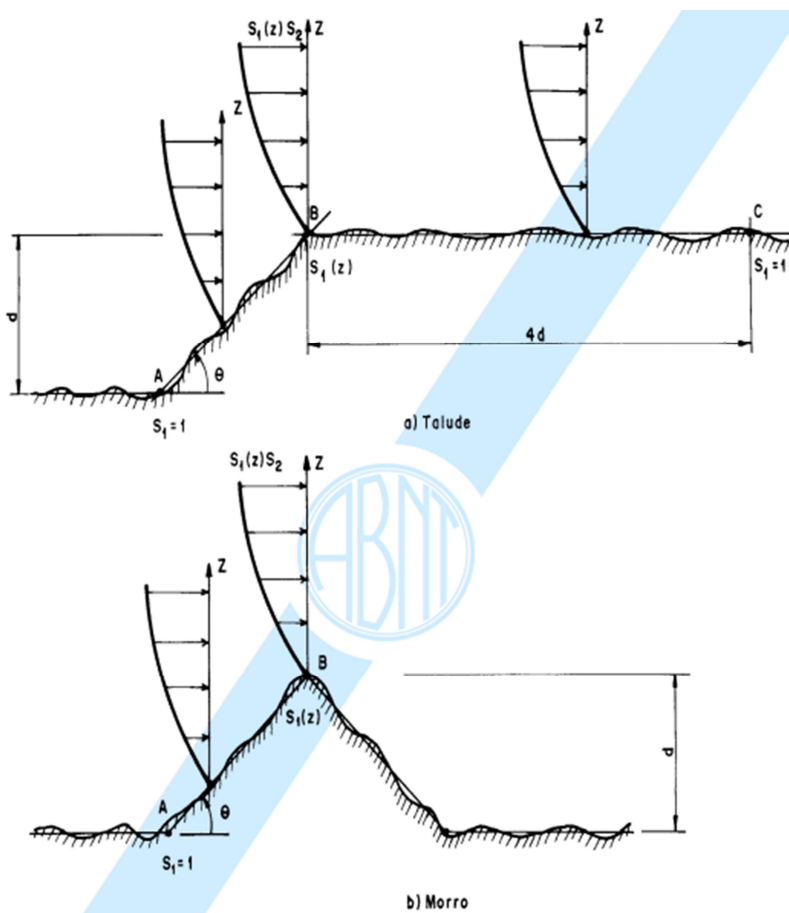
$d \rightarrow$  diferença de nível entre a base e o topo do talude ou morro;

$\theta \rightarrow$  inclinação média do talude ou encosta do morro.

Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 001/24

Nota: Entre A e B e entre B e C, o fator  $S_1$  é obtido por interpolação linear.

c) Vales profundos, protegidos de ventos de qualquer direção:  $S_1 = 0,90$ .



**Figura 2 – Fator topográfico  $S_{1(z)}$**

Portanto para o nosso caso temos como possibilidade a aplicação do item (a), logo:

$$S_1 = 1,00$$

**2.2.1.3- FATOR DE RUGOSIDADE DO TERRENO, DIMENSÕES DA EDIFICAÇÃO E ALTURA SOBRE O TERRENO ( $S_2$ )**

Este fator ( $S_2$ ) é definido pelo item 5.3 da NBR 6123/88

$S_2$  é determinado definindo uma categoria (rugosidade do terreno) e uma classe de acordo com as dimensões da edificação. As categorias são definidas, de acordo com a NBR 6123/88, e são apresentadas abaixo:

**Categorias do Terreno Conforme NBR 6123/88**

<b>Categoria</b>	<b>Descrição do Ambiente</b>	<b>Exemplos</b>
I	Superfícies lisas de grandes dimensões, com mais de 5 km de extensão, medida na direção e sentido do vento incidente	mar calmo; lagos e rios; pântanos sem vegetação
II	Terrenos abertos em nível ou aproximadamente em nível, com poucos obstáculos isolados, tais como árvores e edificações baixas.	zonas costeiras planas; pântanos com vegetação rala; campos de aviação; pradarias e charnecas; fazendas sem sebes ou muros.
III	Terrenos planos ou ondulados com obstáculos, tais como sebes e muros, poucos quebra-ventos de árvores, edificações baixas e esparsas	granjas e casas de campo, com exceção das partes com matos; fazendas com sebes e/ou muros; subúrbios a considerável distância do centro, com casas baixas e esparsas.



Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 001/24

IV	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada.	zonas de parques e bosques com muitas árvores; cidades pequenas e seus arredores; subúrbios densamente construídos de grandes cidades; áreas industriais plena ou parcialmente desenvolvidas
V	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos, grandes, altos e pouco espaçados.	florestas com árvores altas, de copas isoladas; centros de grandes cidades; complexos industriais bem desenvolvidos.

**Tabela 1 – Categoria do terreno****Classes das Edificações Conforme NBR 6123/88**

Classe	Descrição
A	Todas as unidades de vedação, seus elementos de fixação e peças individuais de estruturas sem vedação. Toda edificação na qual a maior dimensão horizontal ou vertical não exceda 20 m.
B	Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal esteja entre 20 m e 50 m.
C	Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal exceda 50 m.

**Tabela 2 – Classes de edificações**

Temos, no nosso caso, os seguintes pares de parâmetros, **Categoria III e Classe A.**

Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 001/24

Após determinada a categoria e classe aplicamos os índices à tabela abaixo que pode ser encontrada na página 10 da NBR 6123/88, sendo assim o coeficiente  $S_2$  será estabelecido com o seguinte valor:

z (m)	Categoria														
	I			II			III			IV			V		
	Classe			Classe			Classe			Classe			Classe		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
≤ 5	1,06	1,04	1,01	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82	0,79	0,76	0,73	0,74	0,72	0,67
10	1,10	1,09	1,06	1,00	0,98	0,95	0,94	0,92	0,88	0,86	0,83	0,80	0,74	0,72	0,67
15	1,13	1,12	1,09	1,04	1,02	0,99	0,98	0,96	0,93	0,90	0,88	0,84	0,79	0,76	0,72
20	1,15	1,14	1,12	1,06	1,04	1,02	1,01	0,99	0,96	0,93	0,91	0,88	0,82	0,80	0,76
30	1,17	1,17	1,15	1,10	1,08	1,06	1,05	1,03	1,00	0,98	0,96	0,93	0,87	0,85	0,82
40	1,20	1,19	1,17	1,13	1,11	1,09	1,08	1,06	1,04	1,01	0,99	0,96	0,91	0,89	0,86
50	1,21	1,21	1,19	1,15	1,13	1,12	1,10	1,09	1,06	1,04	1,02	0,99	0,94	0,93	0,89
60	1,22	1,22	1,21	1,16	1,15	1,14	1,12	1,11	1,09	1,07	1,04	1,02	0,97	0,95	0,92
80	1,25	1,24	1,23	1,19	1,18	1,17	1,16	1,14	1,12	1,10	1,08	1,06	1,01	1,00	0,97
100	1,26	1,26	1,25	1,22	1,21	1,20	1,18	1,17	1,15	1,13	1,11	1,09	1,05	1,03	1,01
120	1,28	1,28	1,27	1,24	1,23	1,22	1,20	1,20	1,18	1,16	1,14	1,12	1,07	1,06	1,04
140	1,29	1,29	1,28	1,25	1,24	1,24	1,22	1,22	1,20	1,18	1,16	1,14	1,10	1,09	1,07
160	1,30	1,30	1,29	1,27	1,26	1,25	1,24	1,23	1,22	1,20	1,18	1,16	1,12	1,11	1,10
180	1,31	1,31	1,31	1,28	1,27	1,27	1,26	1,25	1,23	1,22	1,20	1,18	1,14	1,14	1,12
200	1,32	1,32	1,32	1,29	1,28	1,28	1,27	1,26	1,25	1,23	1,21	1,20	1,16	1,16	1,14
250	1,34	1,34	1,33	1,31	1,31	1,31	1,30	1,29	1,28	1,27	1,25	1,23	1,20	1,20	1,18
300	-	-	-	1,34	1,33	1,33	1,32	1,32	1,31	1,29	1,27	1,26	1,23	1,23	1,22
350	-	-	-	-	-	-	1,34	1,34	1,33	1,32	1,30	1,29	1,26	1,26	1,26
400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,34	1,32	1,32	1,29	1,29	1,29
420	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,35	1,35	1,33	1,30	1,30	1,30
450	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,32	1,32	1,32
500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,34	1,34	1,34

**Tabela 3 – Valores de  $S_2$**

**$S_2 = 0,94$**

**2.2.1.4- FATOR ESTATÍSTICO ( $S_3$ )**

O fator ( $S_3$ ) consta no item 5.4 da NBR 6123/88, e é estabelecido através da tabela abaixo, que se encontra na página 10 da presente norma:

Grupo	Descrição	$S_3$
1	Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros e de forças de segurança, centrais de comunicação, etc.)	1,10
2	Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação	1,00
3	Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos, construções rurais, etc.)	0,95
4	Vedações (telhas, vidros, painéis de vedação, etc.)	0,88
5	Edificações temporárias. Estruturas dos grupos 1 a 3 durante a construção	0,83

**Tabela 4 – Valores de  $S_2$** 

Em nosso caso, o valor de  $S_3$  é estabelecido pelo grupo 3, logo:

**$S_3 = 1,00$**

**2.2.2- PRESSÃO DINÂMICA (q)**

Utilizando-se da expressão do item 7.1.2.1 temos que a velocidade característica do vento ( $V_k$ ) vale:

$$V_k = 40 \cdot 1,00 \cdot 0,94 \cdot 1,00 \rightarrow$$

$$\rightarrow V_k = 37,60 \text{ m/s}$$

Com a velocidade ( $V_k$ ) temos condições de proceder os cálculos para a pressão dinâmica do vento ( $q$ ), definida pelo 4.2, item c, da NBR 6123/88 através da seguinte expressão:

$$q = 0,613 \cdot V_k^2, \text{ sendo:}$$

$q \rightarrow$  Pressão dinâmica do vento [Kpa];

$V_k \rightarrow$  Velocidade característica do vento [m/s].

$$q = 0,613 \cdot 37,60^2 \rightarrow$$

$$\rightarrow q = 867 \text{ N/m}^2 = 0,90 \text{ KPa} \rightarrow$$

$$\rightarrow q = 0,90 \text{ KPa}$$

### 2.3- FORÇA DE ARRASTO ( $F_a$ )

Passaremos aqui a definição da força horizontal devida ao vento conforme preconiza a NBR 6123/88. Para tanto são necessários os coeficientes de forma para a obtenção de tais parâmetros.

Para a transformação da pressão dinâmica na força horizontal estática do vento é mister que se encontre os coeficientes de pressão externas para a forma cilíndrica do reservatório, conforme tabela 9, pag. 19 da NBR 6123/1988:

**Tabela 9 - Distribuição das pressões externas em edificações cilíndricas de seção circular**

$\beta$	Coeficiente de pressão externa $c_{pe}$			
	Superfície rugosa ou com saliências		Superfície lisa	
	$h/d=10$	$h/d \leq 2,5$	$h/d=10$	$h/d \leq 2,5$
0°	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0
10°	+0,9	+0,9	+0,9	+0,9
20°	+0,7	+0,7	+0,7	+0,7
30°	+0,4	+0,4	+0,35	+0,35
40°	0	0	0	0
50°	-0,5	-0,4	-0,7	-0,5
60°	-0,95	-0,8	-1,2	-1,05
70°	-1,25	-1,1	-1,4	-1,25
80°	-1,2	-1,05	-1,45	-1,3
90°	-1,0	-0,85	-1,4	-1,2
100°	-0,8	-0,65	-1,1	-0,85
120°	-0,5	-0,35	-0,6	-0,4
140°	-0,4	-0,3	-0,35	-0,25
160°	-0,4	-0,3	-0,35	-0,25
180°	-0,4	-0,3	-0,35	-0,25

**Tabela 5 – Coeficientes de Pressão Externa  $C_{pe}$**

A relação  $h/d$  vale:

$$h/d = 9,20/14,80 < 0,62$$

Logo, o coeficiente  $C_{pe}$  que produzirá a maior força horizontal, para superfícies lisas, é aquele cujo vento age a  $70^\circ$  da superfície, logo  $C_{pe-max} = 1,25$ .

Portanto a força de arrasto será calculada pela seguinte expressão:

$$F_a = C_{pe} \cdot q \cdot A_e, \text{ sendo:}$$

$F_a \rightarrow$  Força de arrasto [KN];

$C_{pe} \rightarrow$  Coeficiente de pressão externa;

$q \rightarrow$  Pressão dinâmica do vento [KPa];

$A_e \rightarrow$  Área efetiva [m<sup>2</sup>].

Logo temos:

$$F_a = 1,25 \cdot 0,90 \cdot (14,80 \times 9,20) \rightarrow$$

$$\rightarrow F_a = 154 \text{ KN}$$

### **3- FUNDO DO RESERVATÓRIO**

A verificação da espessura da chapa do fundo do reservatório se dará através da comparação da tensão admissível da chapa adotada com a tensão máxima de projeto, através dos dispostos na norma API 650, seção 5.10.9, pela seguinte expressão:

$$\sigma_{\text{fundo}} = [0,0005 \cdot D \cdot (H - 30,48) \cdot G] / (t - C), \text{ sendo:}$$

$\sigma_{\text{fundo}}$  → Tensão máxima na chapa do fundo [Kgf/cm<sup>2</sup>];

D → Diâmetro do reservatório [cm];

H → Altura do reservatório [cm];

G → Densidade do fluido [Kg/cm<sup>3</sup>];

t → Espessura da chapa do fundo [cm];

C → Sobreesspessura de corrosão (1,50 mm).

Inicialmente, adotaremos a chapa de fundo na espessura de 6,30 mm:

$$\sigma_{\text{fundo}} = [0,0005 \cdot 1480 \cdot (920 - 30,48) \cdot 1] / (0,630 - 0,15) \rightarrow$$

$$\rightarrow \sigma_{\text{fundo}} = (658 / 0,48) \rightarrow$$

$$\rightarrow \sigma_{\text{fundo}} = 1371 \text{ Kgf/cm}^2 = 137100 \text{ KPa}$$



Material da chapa do fundo → Chapa ASTM A-572 Grau 50

Tensão de escoamento do material →  $\sigma_e = 250 \text{ MPa} = 250000 \text{ KPa}$

**Logo temos que,  $\sigma_{\text{fundo}} < \sigma_e$  ( $137100 < 250000$ ), portanto o tem-se verificado as especificações normativas para o fundo adotando-se chapa na espessura e 6,30 mm, ASTM A-572 Grau 50.**

#### **4- VERIFICAÇÃO DO COSTADO**

Para a verificação do costado utilizaremos o modelo de cálculo previsto no **Código ASME VIII / 2013 – “Regras para a construção de vasos de pressão”, divisão I**, para a indicação dos critérios de segurança estrutural no reservatório.

Será apresentada a metodologia utilizada e, ao final, a indicação de uma planilha onde a espessura é isolada em função das outras variáveis. Somando todas as hipóteses obteremos a espessura mínima para a estrutura do costado.

Além do cálculo das espessuras necessárias será utilizado, para efeito de durabilidade, no reservatório, sobreespessura de corrosão de 1,50 mm.

Em função do diâmetro do reservatório, afim de que se evitem deformações devido ao processo de soldagem, será adotado espessura mínima comercial de 4,25 mm para os anéis do costado.

**4.1- TENSÕES LONGITUDINAIS DEVIDAS AO VENTO**

A tensão longitudinal devido ao vento no costado é calculada pela seguinte expressão:

$$\sigma_{lv} = (4 \cdot M) / (\pi \cdot D^2 \cdot t \cdot E), \text{ sendo:}$$

$\sigma_{lv}$  → Tensão longitudinal devido ao vento [KPa];

M → Momento atuante no costado [KN.m];

D → Diâmetro do reservatório [m];

t → Espessura do elemento verificado [m];

E → Eficiência da solda (70% para solda de topo).

Isolando a espessura temos:

$$t = (4 \cdot M) / (\sigma_{lv} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot E)$$

Utilizando um coeficiente de majoração dos esforços  $\gamma = 1,40$ , temos a expressão final:

$$t = [(4 \cdot M) / (\sigma_{lv} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot E)] \cdot \gamma$$

#### 4.2- TENSÕES CIRCUNFERENCIAIS

As tensões circunferenciais são àquelas oriundas da carga hidráulica, ou seja, as tensões principais, podendo serem calculadas pela expressão abaixo:

$$\sigma_c = (P \cdot r) / (t \cdot E), \text{ sendo:}$$

$\sigma_c \rightarrow$  Tensão circunferencial no elemento [KPa];

$P \rightarrow$  Pressão interna, no elemento verificado [KPa];

$r \rightarrow$  Raio do costado do reservatório [m];

$t \rightarrow$  Espessura do elemento verificado [m];

$E \rightarrow$  Eficiência da solda (70% para solda de topo).

Isolando a espessura temos:

$$t = (P \cdot r) / (\sigma_c \cdot E)$$

Utilizando um coeficiente de majoração dos esforços  $\gamma = 1,40$ , temos a expressão final:

$$t = (P \cdot r) / (\sigma_c \cdot E) \cdot \gamma$$

#### **4.3- PLANILHA DE VERIFICAÇÃO**

Apresentamos, abaixo, a planilha contendo a verificação da espessura necessária para os elementos do costado do reservatório, levando em conta a simultaneidade das ações, adicionando ao cálculo sobreespessura de corrosão no valor de 1,50 mm, com a espessura mínima comercial definida como sendo 4,25 mm:

Anel	Altura do Anel (m)	Altura Acumulada (m)	Espessura Devido às Tensões Circunferenciais** (mm)	Espessura Devido às Tensões Devido ao Vento (mm)	Sonreespessura de Corrosão (mm)	Espessura Total Calculada (mm)	Espessura Adotada (mm)
1	1,50	1,50	5,45	0,03	1,50	6,98	8,00
2	1,50	3,00	4,56	0,03	1,50	6,09	6,30
3	1,50	4,50	3,67	0,02	1,50	5,19	6,30
4	1,50	6,00	2,78	0,02	1,50	4,30	4,75
5	1,50	7,50	1,89	0,01	1,50	3,41	4,25
6	1,20	8,70	1,01	0,01	1,50	2,51	4,25
7	0,50	9,20	0,30	0,00	1,50	1,80	4,25

**Tabela 6 – Planilha de Cálculo**

Portanto tem-se verificado as condições de segurança e durabilidade do costado, conforme materiais adotados na tabela 6, material ASTM A-572 Grau 50.

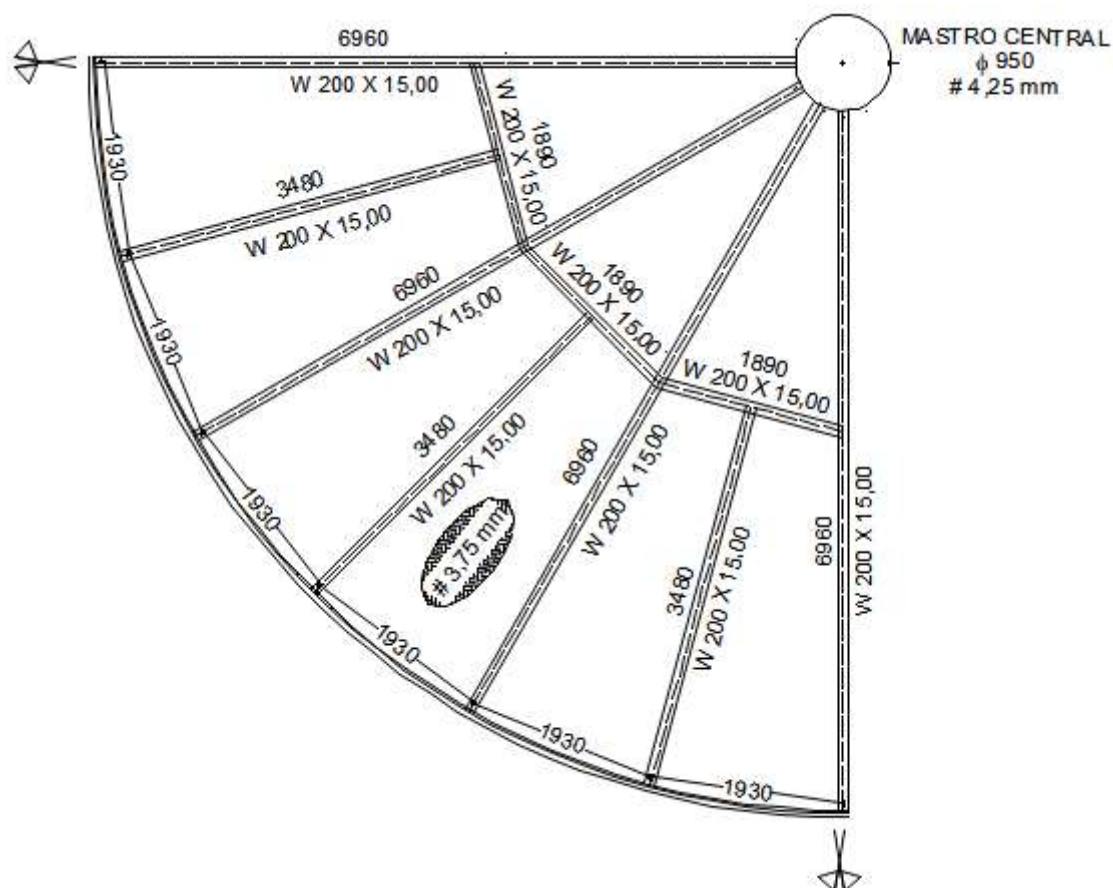
#### **5- VERIFICAÇÃO DO TETO DO RESERVATÓRIO**

Dado à dimensão necessária do diâmetro do reservatório, não se mostra economicamente viável a adoção do teto em sistema autoportante, logo, será necessário o uso de sistemas auxiliares para o suporte do teto (mastro central e longarinas superiores).

Ante o exposto, passaremos à verificação das estruturas que compõe o teto do reservatório, adotando sobrecarga de 60 Kg/m<sup>2</sup>, em conformidade com o item 6.5.5 da NBR 7821/1983.

**Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 001/24**

A geometria proposta para o teto é apresentada abaixo, com altura de 80 cm:



### Figura 3 – Geometria do Teto do Reservatório

## 5.1- CHAPA DE FECHAMENTO

A chapa de fechamento do teto será verificada segundo os dispostos na seção 5.10.5 do API 650 conforma a expressão abaixo:

$$e_{\min} = \{b \cdot [(0,6618 \cdot CT \cdot \gamma_f) / \sigma_e]^{1/3}\} + C, \text{ sendo:}$$

$e_{\min}$  → Espessura mínima a ser utilizada [mm];

$b$  → Espaçamento máximo entre as longarinas, conforme figura 3 [cm];

$CT$  → Carga total que age sobre o teto [KN/cm<sup>2</sup>] (adotaremos a carga de 0,60 KPa conforme item 6.5.5 da NBR 7821/1983).

$\gamma_f$  → Coeficiente de majoração do carregamento;

$\sigma_e$  → Tensão de escoamento do material (no caso 25 KN/cm<sup>2</sup>, para o aço ASTM A-572 Grau 50);

$C$  → Sobreesspessura de corrosão (1,20 mm, adotado).

Logo temos:

$$e_{\min} = \{193 \cdot [(0,6618 \cdot 6,00 \cdot 10^{-5} \cdot 1,40) / 25]^{1/3}\} + 1,00 \rightarrow$$

$$\rightarrow e_{\min} = (2,52 + 1,00) \rightarrow$$

$$\rightarrow e_{\min} = 3,52 \text{ mm}$$

Logo é necessária uma espessura de 3,52 mm para o suporte das cargas impostas, adotaremos, pois, chapa comercial na espessura de 3,75 mm, material ASTM A-572 Grau 50.

## **5.2- ANEL DE CONTRAVENTAMENTO**

A seção transversal do anel de contraventamento superior é definida pelo item 5.9.5.2 do API 650, cujo módulo de deformação mínimo é dado pela expressão abaixo:

$$Z = [(6 \cdot H \cdot D^2) / (0,50 \cdot F_y) \cdot (P_{wd} / 1,72)], \text{ sendo}$$

$Z \rightarrow$  Módulo de deformação requerido do anel de contraventamento [cm<sup>3</sup>];

$H \rightarrow$  Altura do reservatório, incluindo a projeção do teto [m];

$D \rightarrow$  Diâmetro do reservatório [m];

$F_y \rightarrow$  Tensão de escoamento do material, limitado ao valor de 210 MPa [MPa];

$P_{wd} \rightarrow$  Pressão do vento, incluindo o arrasto interno, calculado pela expressão  $P_{wd} = [1,48 \cdot (v / 190)^2] + 0,24$  [KPa];

$v =$  Velocidade básica do vento [Km/h].

A velocidade básica do vento, conforme calculada no item 2.1 vale 40 m/s, convertendo conforme a expressão acima temos 144 Km/h, logo temos:

$$P_{wd} = [1,48 \cdot (144 / 190)^2] + 0,24 \rightarrow$$

$$\rightarrow P_{wd} = 1,09 \text{ KPa}$$



$$Z = [(6 \cdot 10,00 \cdot 14,80^2) / (0,50 \cdot 210) \cdot (1,09 / 1,72) \rightarrow$$

$$\rightarrow Z = 125,17 \cdot 0,634 \rightarrow$$

$$\rightarrow Z = 79,32 \text{ cm}^3$$

Utilizando a tabela de perfis do tipo “U”, laminado, temos o seguinte perfil que atende ao módulo de deformação:

Bitola	Peso	ALMA		ABA		area	EIXO X			EIXO Y			
	Nominal	d	t <sub>w</sub>	b <sub>f</sub>	t <sub>f</sub>	area	I	W	r	I	W	r	x
pol	kg/m	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm
3"	6,10	76,20	4,32	35,81	6,93	7,78	68,90	18,10	2,98	8,20	3,32	1,03	1,11
	7,44		6,55	38,05	6,93	9,48	77,20	20,30	2,85	10,30	3,82	1,04	1,11
4"	8,04	101,60	4,67	40,23	7,52	10,10	159,50	31,40	3,97	13,10	4,61	1,14	1,16
	9,30		6,27	41,83	7,52	11,90	174,40	34,30	3,84	15,50	5,10	1,14	1,15
6"	12,20	152,40	5,08	48,77	8,71	15,50	546,00	71,70	5,94	28,80	8,16	1,36	1,30
	15,62		7,98	51,66	8,71	19,90	632,00	82,90	5,63	36,00	9,24	1,34	1,27
8"	17,10	203,20	5,59	57,40	9,50	21,68	1344,30	132,70	7,87	54,10	12,94	1,42	1,47
	20,50		7,70	59,51	9,50	25,93	1490,00	147,50	7,59	62,40	14,09	1,42	1,42
10"	22,77	254,00	6,10	66,04	11,10	29,00	2800,00	221,00	9,84	95,00	19,00	1,81	1,61
	29,76		9,63	69,57	11,10	37,90	3290,00	259,00	9,31	117,00	21,60	1,76	1,54
12"	30,80	305,00	7,20	74,00	12,70	39,30	5370,00	352,00	11,70	161,00	28,30	2,03	1,77
	37,00		9,80	77,00	12,70	47,40	6010,00	394,00	11,30	186,00	30,90	1,98	1,71

**Figura 4 – Tabela de Perfis “Us” Comerciais**

Portanto será adotado perfil tipo U 6” x 15,62 Kg/m, com módulo de deformação de 82,90 cm<sup>3</sup>.

### **5.3- ESTRUTURA DE SUPORTE**

Tendo em vista o modelo estrutural, escolhido para o teto, ser do tipo estruturado, lançaremos mão do Método dos Elementos Finitos (MEF), através do Software STRAP®, utilizando elementos de barra, para a verificação da estrutura complementar do teto.

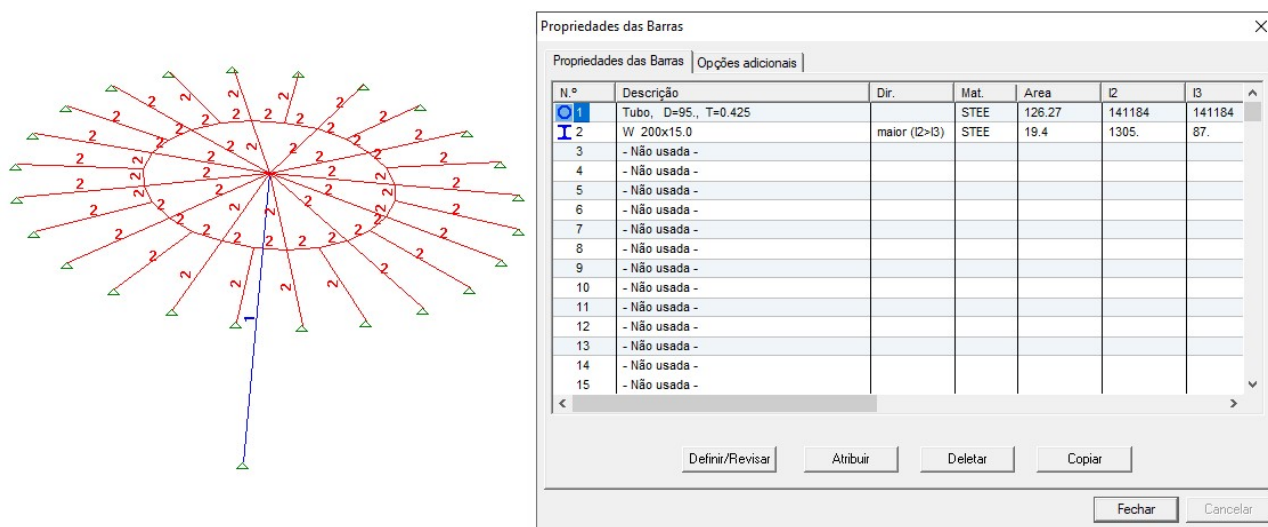
Será verificado a seção do mastro central com tubo de 950 mm de diâmetro, espessura 4,25 mm e perfil superiores tipo W 250 x 15,00 Kg/m.



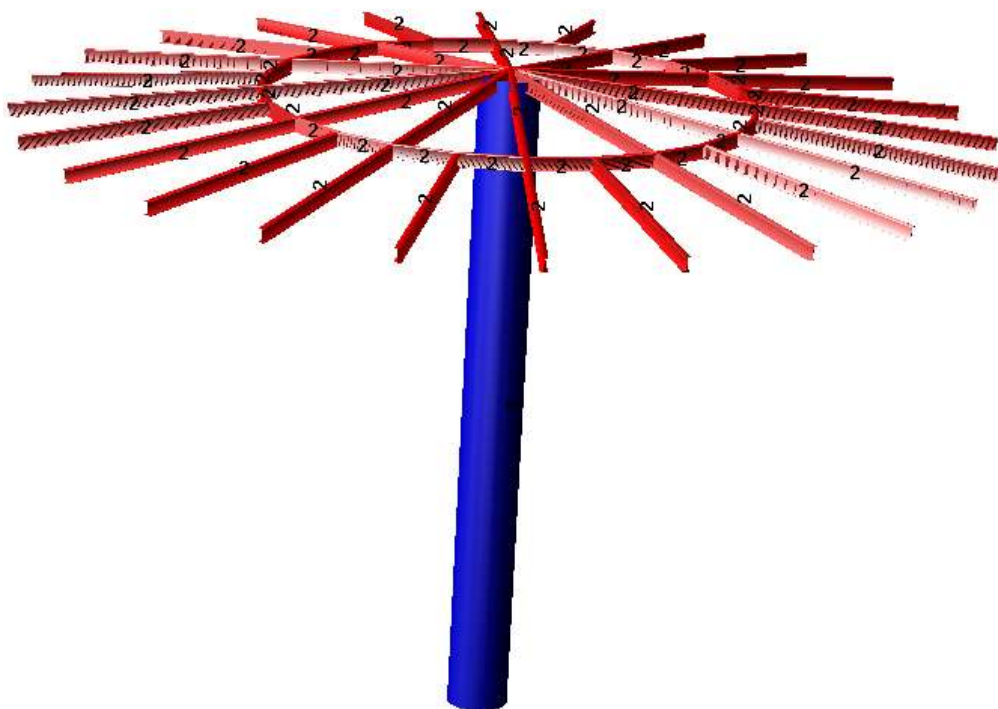
**Figura 5 – Documentação do Software**

Abaixo apresentamos o modelo estrutural a ser verificado, conforme a figura 3:

Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 001/24



**Figura 6 – Modelagem da Estrutura Complementar do Teto**



**Figura 7 – Modelo Renderizado**

Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 001/24

Processando a estrutura, conforme os dispostos da NBR 8800/2008, para uma sobrecarga de 0,60 KPa conforme item 6.5.5 da NBR 7821/1983, somando o peso da chapa de fechamento (# 3,75 mm, 30 Kg/m<sup>2</sup>), temos os seguintes resultados:

Barr	Seção	Com	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES					Combinada Axial+Mom
					Axial	Dir Cortante	Mom	FLT		
1	W 200x15.0	1	1190	273	-0.33	MJ	0.06	0.28	0.65	0.91
2	W 200x15.0	1	1190	273	-0.33	MJ	0.06	0.28	0.65	0.91
3	W 200x15.0	1	3355	174	-0.21	MJ	0.03	0.08	0.15	0.34
4	W 200x15.0	1	3355	174	-0.21	MJ	0.03	0.08	0.15	0.34
5	W 200x15.0	1	3355	174	-0.21	MJ	0.03	0.08	0.15	0.34
6	W 200x15.0	1	3355	174	-0.21	MJ	0.03	0.08	0.15	0.34
7	W 200x15.0	1	1189	273	-0.33	MJ	0.06	0.28	0.65	0.91
8	W 200x15.0	1	1189	273	-0.33	MJ	0.06	0.28	0.65	0.91
9	W 200x15.0	1	3351	174	-0.21	MJ	0.03	0.08	0.15	0.34
10	W 200x15.0	1	3351	174	-0.21	MJ	0.03	0.08	0.15	0.34
11	W 200x15.0	1	1189	273	-0.33	MJ	0.06	0.28	0.65	0.91
12	W 200x15.0	1	1189	273	-0.33	MJ	0.06	0.28	0.65	0.91
13	W 200x15.0	1	3355	174	-0.21	MJ	0.03	0.08	0.15	0.34
14	W 200x15.0	1	3355	174	-0.21	MJ	0.03	0.08	0.15	0.34
15	W 200x15.0	1	3351	174	-0.21	MJ	0.03	0.08	0.15	0.34
16	W 200x15.0	1	3355	174	-0.21	MJ	0.03	0.08	0.15	0.34
17	W 200x15.0	1	3355	174	-0.21	MJ	0.03	0.08	0.15	0.34
18	W 200x15.0	1	3351	174	-0.21	MJ	0.03	0.08	0.15	0.34
19	W 200x15.0	1	9999	46	-0.20	MJ MI	0.01 0.00	0.01 0.02	0.01 0.00	0.22
20	W 200x15.0	1	9999	46	-0.20	MJ MI	0.01 0.00	0.01 0.02	0.01 0.00	0.22
21	W 200x15.0	1	9999	46	-0.20	MJ MI	0.01 0.00	0.01 0.02	0.01 0.00	0.22
22	W 200x15.0	1	9999	46	-0.20	MJ MI	0.01 0.00	0.01 0.02	0.01 0.00	0.22
23	W 200x15.0	1	9999	46	-0.20	MJ MI	0.01 0.00	0.01 0.02	0.01 0.00	0.22
24	W 200x15.0	1	9999	46	-0.20	MJ MI	0.01 0.00	0.01 0.02	0.01 0.00	0.22
25	W 200x15.0	1	9999	46	-0.20	MJ MJ	0.01 0.00	0.01 0.02	0.01 0.00	0.22
26	W 200x15.0	1	9999	46	-0.20	MJ MI	0.01 0.00	0.01 0.02	0.01 0.00	0.22
27	W 200x15.0	1	9999	46	-0.20	MJ MI	0.01 0.00	0.01 0.02	0.01 0.00	0.22
28	W 200x15.0	1	9999	46	-0.20	MJ MI	0.01 0.00	0.01 0.02	0.01 0.00	0.22

**Figura 8 – Resultados Globais (Barras 1 à 28)**

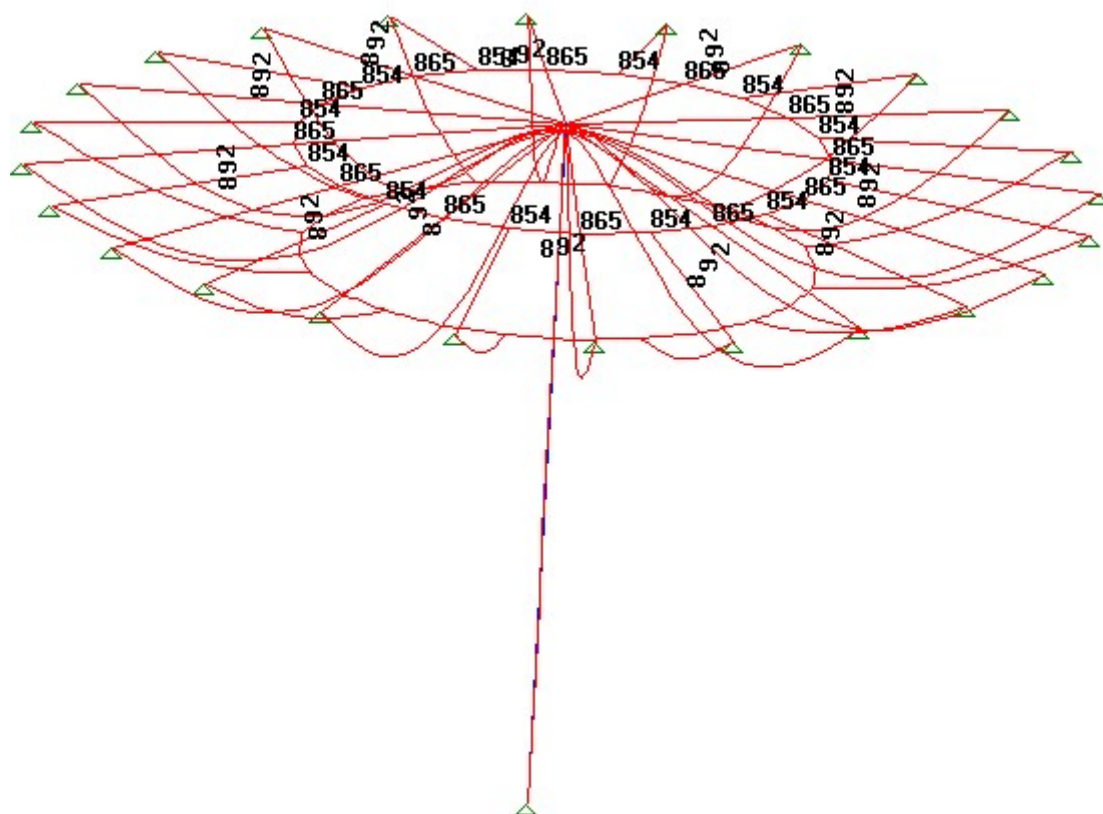
Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 001/24

Barr	Seção	Com	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES					Combinada Axial+Mom
					Axial	Dir Cortante	Mom	FLT		
29	W 200x15.0	1	9999	46	-0.20	MJ MI	0.01 0.00	0.01 0.02	0.01 0.00	0.22
30	W 200x15.0	1	9999	46	-0.20	MJ MI	0.01 0.00	0.01 0.02	0.01 0.00	0.22
31	W 200x15.0	1	9999	46	-0.20	MJ MI	0.01 0.00	0.01 0.02	0.01 0.00	0.22
32	W 200x15.0	1	9999	46	-0.20	MJ MI	0.01 0.00	0.01 0.02	0.01 0.00	0.22
33	W 200x15.0	1	9999	46	-0.20	MJ MI	0.01 0.00	0.01 0.02	0.01 0.00	0.22
34	W 200x15.0	1	9999	46	-0.20	MJ MI	0.01 0.00	0.01 0.02	0.01 0.00	0.22
35	W 200x15.0	1	9999	46	-0.20	MJ MI	0.01 0.00	0.01 0.02	0.01 0.00	0.22
36	W 200x15.0	1	9999	46	-0.20	MJ MI	0.01 0.00	0.01 0.02	0.01 0.00	0.22
37	W 200x15.0	1	9999	46	-0.20	MJ MI	0.01 0.00	0.01 0.02	0.01 0.00	0.22
38	W 200x15.0	1	9999	46	-0.20	MJ MI	0.01 0.00	0.01 0.02	0.01 0.00	0.22
39	W 200x15.0	1	9999	46	-0.20	MJ MI	0.01 0.00	0.01 0.02	0.01 0.00	0.22
40	W 200x15.0	1	9999	46	-0.20	MJ MI	0.01 0.00	0.01 0.02	0.01 0.00	0.22
41	W 200x15.0	1	9999	46	-0.20	MJ MI	0.01 0.00	0.01 0.02	0.01 0.00	0.22
42	W 200x15.0	1	9999	46	-0.20	MJ MI	0.01 0.00	0.01 0.02	0.01 0.00	0.22
43	W 200x15.0	1	1189	264	-0.31	MJ	0.06	0.28	0.65	0.89
44	W 200x15.0	1	1189	264	-0.31	MJ	0.06	0.28	0.65	0.89
45	W 200x15.0	1	1189	264	-0.31	MJ	0.06	0.28	0.65	0.89
46	W 200x15.0	1	1189	264	-0.31	MJ	0.06	0.28	0.65	0.89
47	W 200x15.0	1	1190	264	-0.31	MJ	0.06	0.28	0.65	0.89
48	W 200x15.0	1	1190	264	-0.31	MJ	0.06	0.28	0.65	0.89
49	Propriedade n.º1	1	9999	29	-0.05	MJ	0.00	0.00	0.00	0.05

**Figura 9 – Resultados Globais (Barras 29 à 49)**



Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 001/24



VALORES \* 10<sup>3</sup>  
DESLOCAMENTOS (cm) COMB. Nº 1 ELU

**Figura 10 – Deslocamentos**

Logo temos que todos os elementos adotados para a estrutura do teto verificam com segurança.

## 6- VERIFICAÇÃO DA ANCORAGEM DO RESERVATÓRIO

Resta, por fim, a verificação da verificação das condições de contorno do reservatório, se apoiado com fixadores mecânicos.

Caso a segurança ao tombamento seja maior que 2,00 e ao deslizamento maior que 1,50 não será necessário a ancoragem mecânica do reservatório.

O peso total do reservatório, dado todos os elementos verificados nesta memória de cálculo, mais acessórios, é de 38561 Kg.

<b>LISTA DE MATERIAIS</b>	
<b>ESPECIFICAÇÃO</b>	<b>PESO TOTAL</b>
FUNDO DO RESERVATÓRIO # 6,30 mm	8788 Kg
BARRA CHATA 25 X 6,30 mm	214 Kg
PRIMEIRO ANEL - # 8,00 mm	4464 Kg
SEGUNDO E TERCEIRO ANEL # 6,30 mm	7031 Kg
QUARTO ANEL - # 4,75 mm	2650 Kg
QUINTO ANEL - # 4,25 mm	2372 Kg
SEXTO ANEL - # 4,25 mm	1898 Kg
SÉTIMO ANEL - # 4,25 mm	790 Kg
PERFIL DE CONTRAVENTAMENTO	727 Kg
LONGARINAS DE APOIO	2370 Kg
MASTRO CENTRAL	1015 Kg
"ALMOFADA" DE APOIO DO MASTRO	53 Kg
ENRIJECEDORES	3 Kg
CHAPA DO TETO DO RESERVATÓRIO # 3,75 mm	5231 Kg
VENTILAÇÃO DE TETO	26 Kg
ESCOTILHA DE TETO	10 Kg
ESCOTILHA DE COSTADO	113 Kg
GUARDA CORPO DE TETO	595 Kg
PATAMAR DE DESCANSO	74 Kg
ESCADA INTERNA	52 Kg
ESCADA EXTERNA	40 Kg
GUARDA CORPO DE ESCADA	45 Kg
<b>PESO TOTAL DO RESERVATÓRIO:</b>	<b>38561 Kg</b>

**Tabela 7 – Tabela de pesos**



### **6.1- SEGURANÇA AO TOMBAMENTO**

O fator de segurança ao tombamento será verificado através do momento de tombamento devido ao vento pelo momento resistente, sendo calculado pela expressão abaixo:

$$FS = (\Sigma \text{Momentos Resistentes} / \Sigma \text{Momentos Atuantes}) > 2,00, \text{ sendo:}$$

$\Sigma \text{Momentos Resistentes}$  → Somatório do produto das forças gravitacionais pelo raio do reservatório [KN.m];

$\Sigma \text{Momentos Atuantes}$  → Somatório do produto dos momentos devido ao vento [KN.m];

A figura abaixo ilustra o esquema de forças para a verificação do fator de segurança ao tombamento:

Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 001/24



**Figura 11 – Esquema de forças para a verificação do tombamento**

Logo temos:

$$FS = (385,61 \cdot 7,40) / (154 \cdot 4,60) \rightarrow$$

$$\rightarrow FS = 4,03 > 2,00$$

**Logo, temos que o reservatório verifica à segurança ao tombamento.**

## **6.2- SEGURANÇA AO DESLIZAMENTO**

Para a verificação do deslizamento faremos a verificação das forças resistentes devido ao atrito entre o fundo do reservatório e a fundação em relação à força horizontal solicitante, conforme segue.

O fator de segurança ao deslizamento será calculado pela expressão abaixo:

$$FS = [(P_v \cdot \mu) / F_a] > 1,50, \text{ sendo}$$

$P_v \rightarrow$  Peso vazio do reservatório [KN];

$F_a \rightarrow$  Força devido ao vento [KN];

$\mu \rightarrow$  Coeficiente de atrito entre o aço e o concreto (0,60).

Aplicando os valores temos:

$$FS = [(385,61 \cdot 0,60) / 154] \rightarrow$$

$$\rightarrow FS = 1,51 > 1,50$$

**Logo, temos que o reservatório verifica à segurança ao deslizamento.**

Portanto, como os fatores de segurança ao tombamento e ao deslizamento atenderam os critérios de segurança não será necessário a utilização de ancoragem mecânica do reservatório.

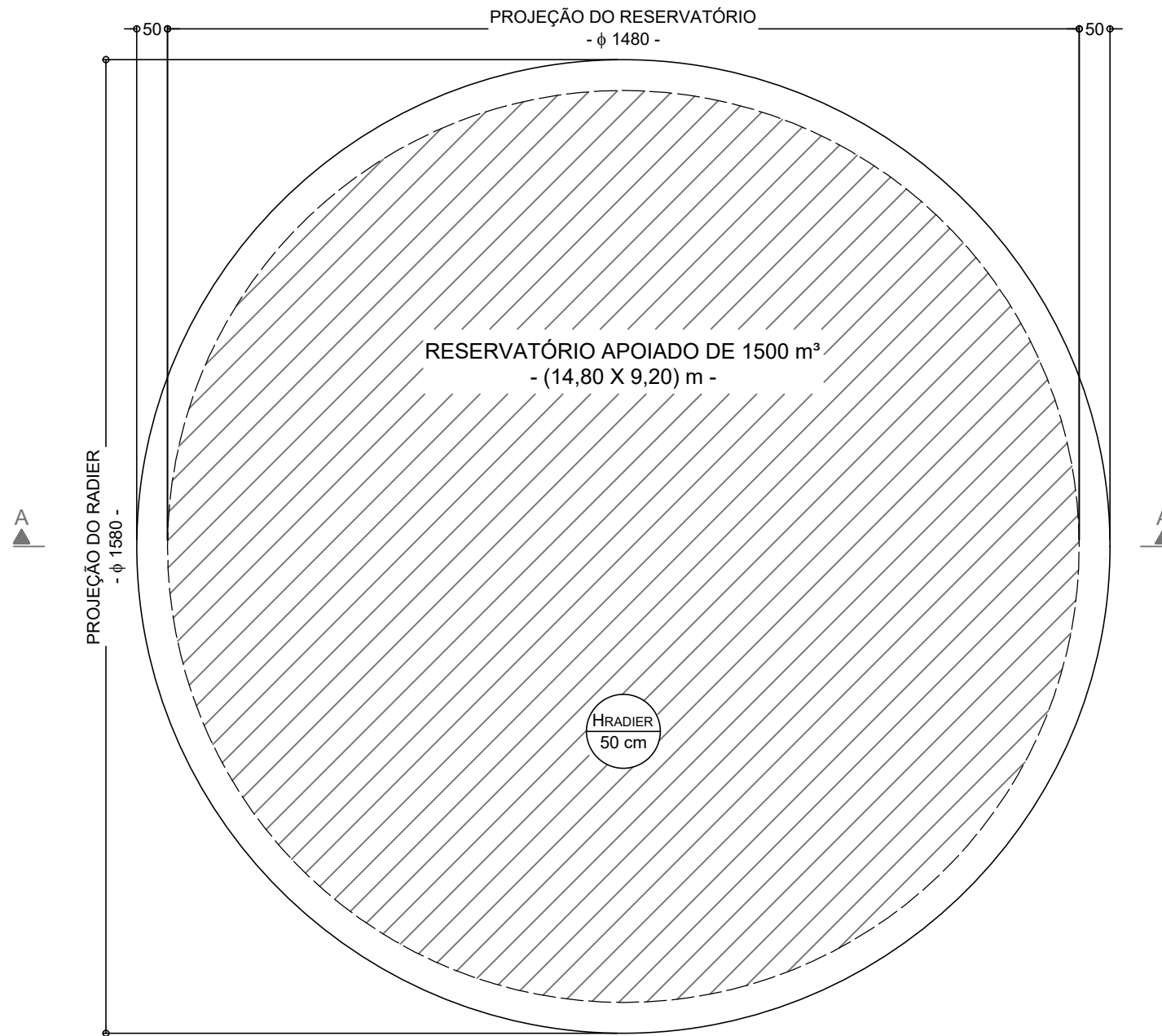
## 7- CONCLUSÕES

Ante o exposto, temos que todas as condições verificadas nesta memória de cálculo apresentaram segurança e estabilidade ao reservatório tipo apoiado de 1500 m<sup>3</sup> proposto.

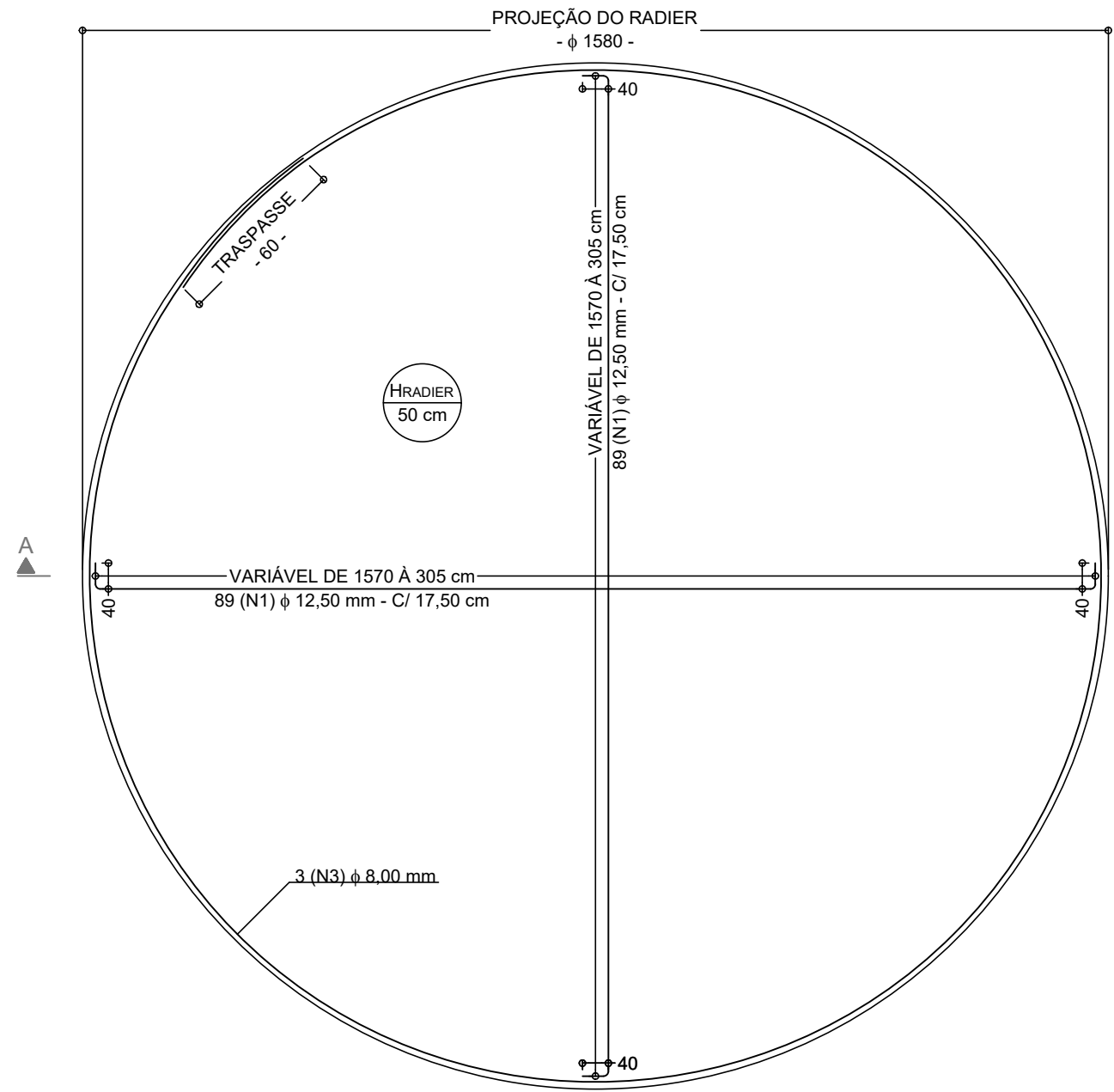
É o relatório,

**Eng. Renê Alexandre Galetti**

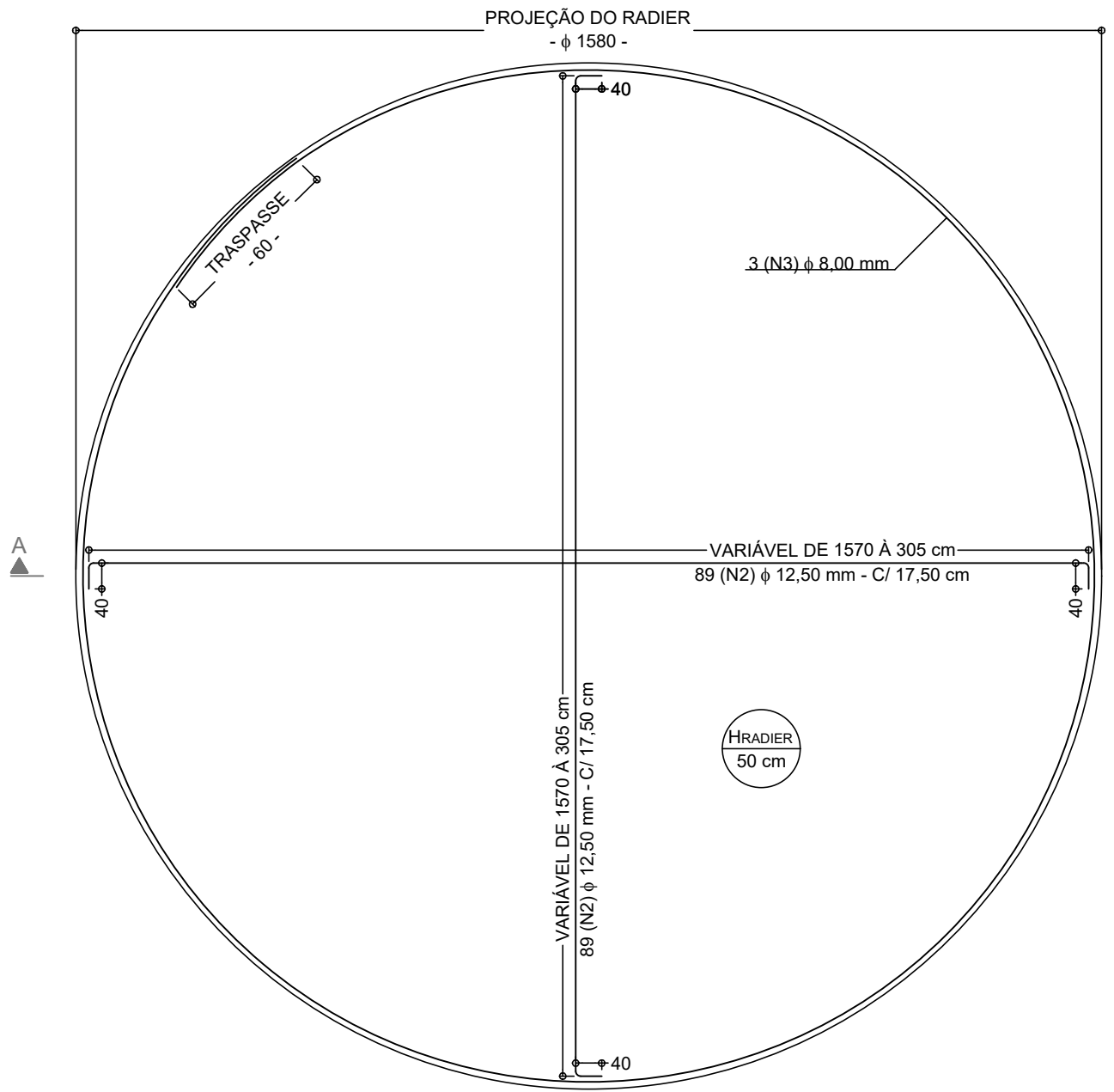
Membro Titular do Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias – IBAPE/SP  
Especialista em Engenharia Geotécnica, Estrutural e de Avaliações e Perícias  
CREA: 5061122995  
ART: 2620240735846



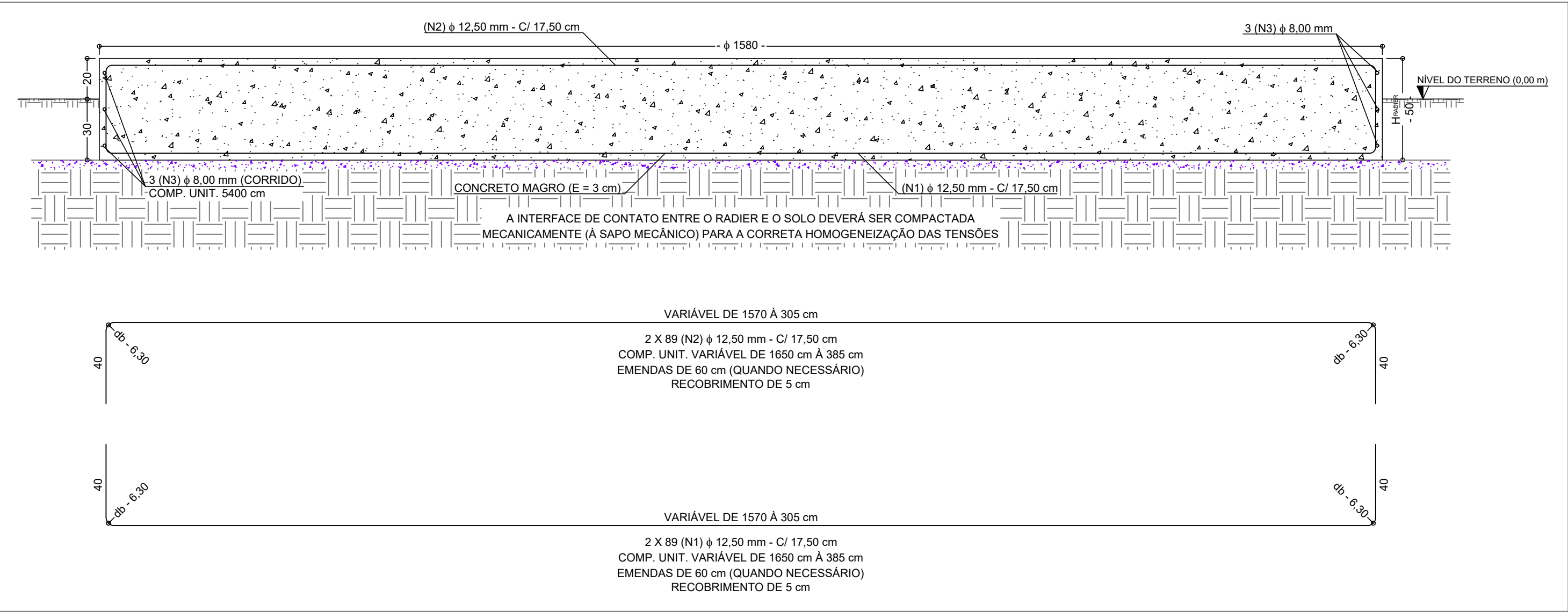
FORMA E LOCAÇÃO DA FUNDAÇÃO  
ESCALA 1:100



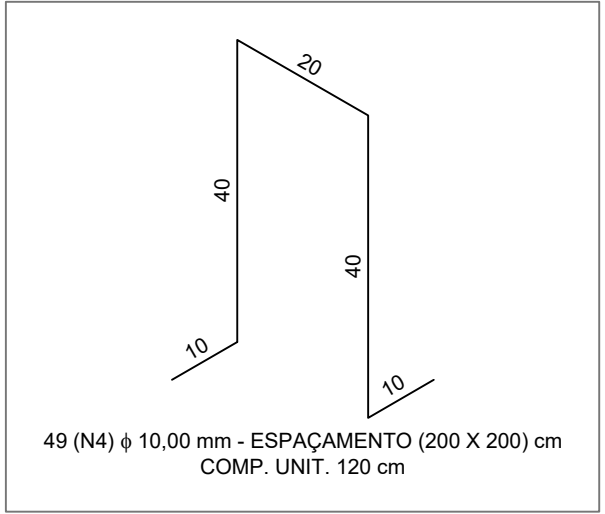
ARMADURA INFERIOR DO RADIER  
ESCALA 1:100



ARMADURA SUPERIOR DO RADIER  
ESCALA 1:100

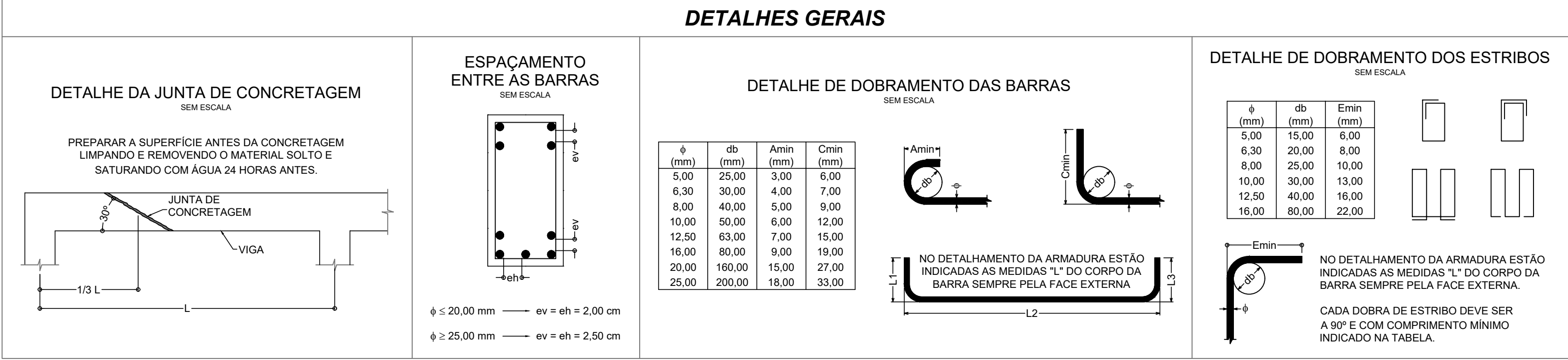


DETALHE DA ARMADURA  
CORTE A-A  
ESCALA HORIZONTAL 1:50 / ESCALA VERTICAL 1:20



DETALHE DOS ESPAÇADORES  
TIPO "CARANGUEIJO"  
(ESPAÇADORES DA MALHA SUPERIOR)  
ESCALA 1:10

- NOTAS:**
- DIMENSÕES EM CENTÍMETRO (cm), A MENOS QUE INDICADO;
  - A EXECUÇÃO DA ESTRUTURA DEVERÁ ESTAR EM CONFORMIDADE COM O QUE ESTABELECEM A SEGUINTE NORMA:  
  
NBR 6118/2023 - PROJETO DE ESTRUTURA DE CONCRETO - PROCEDIMENTO  
NBR 6122/2019 - PROJETO E EXECUÇÃO DE FUNDAÇÕES.
  - TODO CONCRETO A SER UTILIZADO NOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS DEVERÁ SER CLASSE C-25 (25 MPa), COM SLUMP 100 +/- 10 mm;
  - O AÇO DEVERÁ SER CLASSE CA - 50 OU CA - 60;
  - A INTERFACE DE CONTATO ENTRE O RADIER E O SOLO DEVERÁ SER COMPACTADA MECANICAMENTE PARA A CORRETA HOMOGENEIZAÇÃO DAS TENSÕES;
  - NA INTERFACE ENTRE O SOLO E O RADIER DEVERÁ SER EXECUTADO CAMADA DE CONCRETO MAGRO NA ESPESSURA DE 3,00 cm;
  - NÃO TOMAR MEDIDAS POR ESCALA;
  - CLASSE DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL II;
  - ELABORADO CONFORME BOLETIM DE SONDAGEM EXECUTADO MTW SONDAGENS, BOLETIM 456, DE 05/03/2024;
  - VOLUME DE CONCRETO MAGRO: 6,00 m³;
  - VOLUME DE CONCRETO C-25: 98,10 m³.



LISTA APROXIMADA DE AÇO					
AÇO	POSICÃO	BITOLA	QUANT.	COMPRIMENTO	
				UNITÁRIO	TOTAL
CA - 50	(N1)	12,50 mm	178	VAR.	2520,00 m
CA - 50	(N2)	12,50 mm	178	VAR.	2520,00 m
CA - 50	(N3)	8,00 mm	3	54,00 m	162,00 m
CA - 50	(N4)	10,00 mm	49	1,20 m	58,80 m

RESUMO APROXIMADO DE AÇO				
AÇO	BITOLA	COMP.	PESO	PESO + 10%
CA - 50	8,00 mm	162,00 m	65 Kg	72 Kg
CA - 50	10,00 mm	58,80 m	37 Kg	41 Kg
CA - 50	12,50 mm	5040,00 m	4838 Kg	5322 Kg
PESO TOTAL ESTIMADO (+ 10%): 5435 Kg				
CONSUMO ESTIMADO DE ARAME RECOSIDO: 110 Kg				

ENG. RENÉ ALEXANDRE GALETTI  
CREA: 5061122995

Nº	DATA	REVISÃO	EXECUTADO POR	APROVADO POR	DEÁGUA		DESENHOS DE REFERÊNCIA	NÚMEROS	NOTAS GERAIS	DEÁGUA DEPARTAMENTO DE ESGOTO E ÁGUA DE GUAIÁRA  VISTO E ACEITO	PROJETO E CONSULTORIA:		LOCAL:	RESERVATÓRIO METÁLICO TIPO APOIADO DE 1500 m³ - (14,80 X 9,20) m -  PROJETO EXECUTIVO DAS FUNDAÇÕES  ACESSO III, GUAÍARA, SP	DEAGUA ENGENHARIA	CONTRATO: 296/2024 REV.: 0 01/01 ARQ.: DEÁGUA - 001-24 ESCALA: INDICADA
					ACEITO	DATA					PROJETO:	ENG. RENÉ ALEXANDRE GALETTI MAR/2024				
0	27/03/2024	EMISSION INICIAL	R. A. G.	-	-	-	-	-	-	-	ANALISADO:	/ /	PROJETO:	ENG. RENÉ ALEXANDRE GALETTI MAR/2024	FORMATO A1 (84,10 X 59,40) cm	
									- DIMENSÕES EM CENTÍMETRO (cm);		ACEITO:	/ /	CREA:	5061122995		
									- COTAS EM METRO (m), QUANDO INDICADAS;		VISTO:	/ /	A.R.T.:	2620240735846		
									- VERIFIAR MEDIDAS NA OBRA;							
									- NÃO TOMAR MEDIDAS POR ESCALA.							



# ***Memorial Descritivo (Execução da Fundação Do Reservatório)***

***Obra:*** Construção de Reservatório Metálico Tipo Apoiado

***Cliente:*** DEÁGUA – Departamento e Esgoto e Água de Guaiá

***Município:*** Guaiá, SP

**Rev.: 0**

***Eng. Renê Alexandre Galetti***

***Membro Titular do Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias – IBAPE/SP  
Especialista em Engenharia Geotécnica, Estrutural e de Avaliações e Perícias***

***CREA: 5061122995***

***ART: 2620240735846***

Olímpia, 25 de abril de 2024

## **1- INTRODUÇÃO**

Este relatório tem por objetivo apresentar o memorial descritivo para execução da fundação de um reservatório metálico de 1500 m<sup>3</sup>, com 14,80 m de diâmetro e 9,20 m de altura, localizado no Acesso III da Rodovia Assis Chateaubriand, Município de Guaíra.

## **2- RADIER**

Em conformidade com o projeto apresentado, a fundação para o reservatório metálico de 1500 m<sup>3</sup>, objeto deste relatório, é constituída por um radier de concreto armado de 15,80 m de diâmetro, 0,50 m de espessura, composto pelas seguintes armaduras:

- **Armadura inferior:** Armadura cruzada, composta por barras de 12,50 mm, espaçadas a cada 17,50 cm, ganchos laterais de 0,40 cm, cobrimento de 5 cm, comprimento unitário variável de 16,50 m à 3,85 m.

- **Armadura superior:** Armadura cruzada, composta por barras de 12,50 mm, espaçadas a cada 17,50 cm, ganchos laterais de 0,40 cm, cobrimento de 5 cm, comprimento unitário variável de 16,50 m à 3,85 m.

- **Armadura lateral:** Armadura corrida composta por três barras de 8,00 mm, comprimento unitário de 54,00 m, traspasse mínimo, quando necessário de 60 cm e cobrimento de 5 cm.

Para o correto espaçamento da armadura inferior com o fundo das valas deverá ser utilizado espaçadores tipo pastilhas plásticas de 5 cm de altura.



O espaçamento da armadura superior deverá ser realizado pela instalação de 49 espaçadores tipo charangueiros, com 40 cm de altura, a cada 4,00 m<sup>2</sup>.

O concreto a ser utilizado no radier deverá ser classe C-25 (25 MPa), consumo mínimo de cimento de 280 Kg/m<sup>3</sup>, slump de 100 +/- 10 mm e o agregado graúdo deverá ser brita 1, peneira 16.

### **3- ABERTURA DE VALAS**

Para a execução do radier deverá ser executado vala no solo com diâmetro de 16,80 m, com profundidade de 0,30 m (o radier deverá possuir 0,20 m de altura acima do solo).

O material da escavação deverá ser disposto em área de bota-fora a ser informado pelo DEÁGUA.

O fundo das valas deverá ser compactado mecanicamente, com equipamento elétrico de mão, sem controle do grau de compactação, para a correta homogeneização das tensões.

Ao final da execução do radier deverá ser executado o reaterro da sobra lateral do radier, com lançamento de solo (retirado na escavação) e compactação manual.

### **4- FORMAS**

As formas deverão ser executadas ao longo do perímetro do radier (49,64 m), com altura de 0,30 m, abaixo do nível 0,00 m atribuído para o terreno natural, e 0,20 m acima deste nível.

As formas serão constituídas por madeira compensada, espessura de 10,00 mm, enrijecida por pontaletes de madeira de (5,00 x 5,00) cm.

A estrutura de cimbramento é de responsabilidade do engenheiro residente da obra.

Após o final da montagem das formas, antes da colocação da armadura, deverá ser executada camada de concreto magro, na espessura de 3,00 cm, no fundo das valas.

## **5- CONCRETAGEM**

A concretagem do radier poderá ser executada de quadrante à quadrante ou da face inferior à face superior, a critério do Engenheiro residente da obra.

Após o lançamento o concreto deverá ser adensado através de processo de vibração, utilizando vibradores de mangote com diâmetro máximo de 50 mm.

Ao término da concretagem deverá ser executado a cura da superfície com lançamento de água, durante 5 dias.

Ao sétimo dia da concretagem poderão ser retiradas as formas laterais.

## **6- RECEBIMENTO**

Após a execução da fundação do reservatório todo entorno deverá estar organizado e limpo, sendo o serviço considerado recebido após a conferência do serviço e a checagem da horizontalidade da face do radier.

Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 001/24

É o relatório,

**Eng. Renê Alexandre Galetti**  
*Membro Titular do Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias – IBAPE/SP*  
*Especialista em Engenharia Geotécnica, Estrutural e de Avaliações e Perícias*  
CREA: 5061122995  
ART: 2620240735846



# ***Memória de Cálculo Para Elaboração de Projeto de Fundações***

***Obra:*** Construção de Reservatório Metálico Tipo Apoiado de 1500 m<sup>3</sup>

***Cliente:*** DEÁGUA – Departamento e Esgoto e Água de Guaíra

***Município:*** Guaíra, SP

**Rev.: 0**

***Eng. Renê Alexandre Galetti***

***Membro Titular do Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias – IBAPE/SP  
Especialista em Engenharia Geotécnica, Estrutural e de Avaliações e Perícias  
CREA: 5061122995  
ART: 2620240735846***

Olímpia, 27 de março de 2024

## 1- OBJETIVO

O presente estudo tem por finalidade apresentar a memória de cálculo para desenvolvimento de projeto de fundações para assentamento de reservatório metálico de 1500 m<sup>3</sup>, com 14,80 m de diâmetro e 9,20 m de altura, localizado no Acesso III da Rodovia Assis Chateaubriand, Município de Guaíra.

## 2- CARREGAMENTOS

Neste item serão demonstrados os carregamentos atuantes na fundação, sendo eles:

**Cargas Verticais** → Carregamentos devido ao peso próprio do reservatório bem como a água armazenada;

**Forças Horizontais** → Força devida ao vento atuante no costado do reservatório.

### 2.1- CARGAS VERTICAIS

As composições das cargas verticais, como já dito, são àquelas devido ao peso próprio do reservatório somado a reserva d'água.

Conforme projeto existente do reservatório em estudo, seu peso próprio é de 38561 Kg (385 KN), portanto temos:

**Peso vazio do reservatório →  $P_v = 38561 \text{ Kg} = 385 \text{ KN}$**

Tendo em vista que peso específico da água é  $\gamma_w = 10 \text{ KN/m}^3$ , peso total de água é de 15000 KN, somando-se ao peso vazio do reservatório temos que o peso cheio é de:

**Peso cheio do reservatório →  $P_c = 15385 \text{ KN}$**

Considerando o modelo do reservatório em estudo (apoiado), devemos considerar as cargas verticais são transmitidas à fundação de maneira distribuída pelo contato do fundo à fundação ( $173 \text{ m}^2$ ), logo temos:

**Carga vertical mínima →  $CV_{\min} = 2,25 \text{ KN/m}^2$**

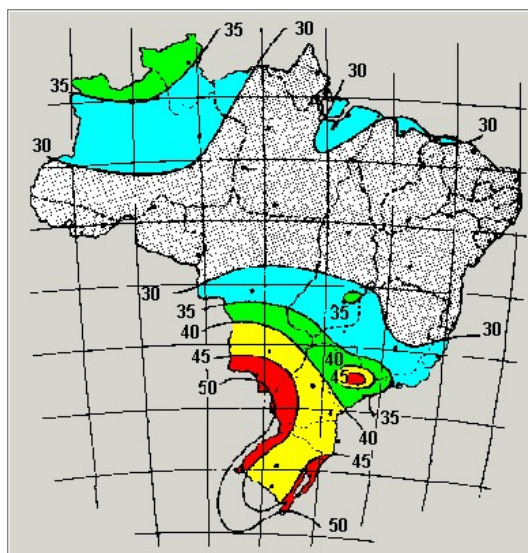
**Carga vertical máxima →  $CV_{\max} = 88,95 \text{ KN/m}^2$**

## **2.2- FORÇAS HORIZONTAIS**

As forças horizontais que agem sobre o reservatório são as forças devidas aos esforços de vento, definidas pela NBR 6123/2023 – “Forças devidas ao vento em edificações”.

**2.2.1- VELOCIDADE BÁSICA DO VENTO ( $V_0$ )**

A velocidade básica do vento ( $V_0$ ) é definida conforme isopletas de velocidades básicas, figura 1, página 11, NBR 6123/2023:



**Figura 1 – Isopletas da velocidade básica de vento (NBR 6123/2023)**

A cidade de Guaíra localiza-se na parte oeste do estado, sendo a velocidade básica do vento adotada como 40 m/s, logo:

$$V_0 = 40 \text{ m/s}$$



## **2.2.2- DETERMINAÇÃO DA PRESSÃO DINÂMICA OU PRESSÃO DE OBSTRUÇÃO (Q)**

### **2.2.2.1- VELOCIDADE CARACTERÍSTICA DO VENTO ( $V_k$ )**

A velocidade característica ( $V_k$ ) é a velocidade usada em projeto, sendo que são considerados os fatores topográficos ( $S_1$ ), influência da rugosidade (obstáculos no entorno da edificação) e dimensões da edificação ( $S_2$ ) e o fator de uso da edificação, que considera a vida útil e o tipo de uso ( $S_3$ ). A velocidade característica pode ser expressa como:

$$V_k = V_0 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3, \text{ sendo:}$$

$V_k \rightarrow$  Velocidade característica do vento [m/s];

$V_0 \rightarrow$  Velocidade básica do vento [m/s];

$S_1 \rightarrow$  Fator topográfico;

$S_2 \rightarrow$  Fator de rugosidade e dimensões da edificação;

$S_3 \rightarrow$  Fator estatístico.

### **2.2.2- FATOR TOPOGRÁFICO ( $S_1$ )**

O fator topográfico ( $S_1$ ) é definido pelo item 5.2 da NBR 6123/2023, podendo tomar os seguintes valores:

a) *Terrenos planos ou fracamente acidentados:  $S_1 = 1,00$ ;*

b) *Taludes e morros:*

- *Taludes e morros alongados nos quais pode ser admitido um fluxo de ar bidimensional soprando no sentido indicado na Figura 3;*

- *No ponto A (morros) e nos pontos A e C (taludes):  $S_1 = 1,00$ ;*

- *No ponto B: [ $S_1$  é uma função  $S_{1(z)}$ ]:*

$$\theta \leq 3^\circ: S_{1(z)} = 1,0$$

$$6^\circ \leq \theta \leq 17^\circ: S_{1(z)} = 1,00 + [2,50 - (z/d)] \operatorname{tg}(\theta - 3^\circ) \geq 1,00$$

$$\theta \geq 45^\circ S_{1(z)} = 1,00 + [2,50 - (z/d)] 0,31 \geq 1,00$$

*[interpoliar linearmente para  $3^\circ < \theta < 6^\circ < 17^\circ < \theta < 45^\circ$ ]*

Onde:

$z \rightarrow$  altura medida a partir da superfície do terreno no ponto considerado;

$d \rightarrow$  diferença de nível entre a base e o topo do talude ou morro;

$\theta \rightarrow$  inclinação média do talude ou encosta do morro.

Nota: Entre A e B e entre B e C, o fator  $S_1$  é obtido por interpolação linear.

c) *Vales profundos, protegidos de ventos de qualquer direção:  $S_1 = 0,90$ .*

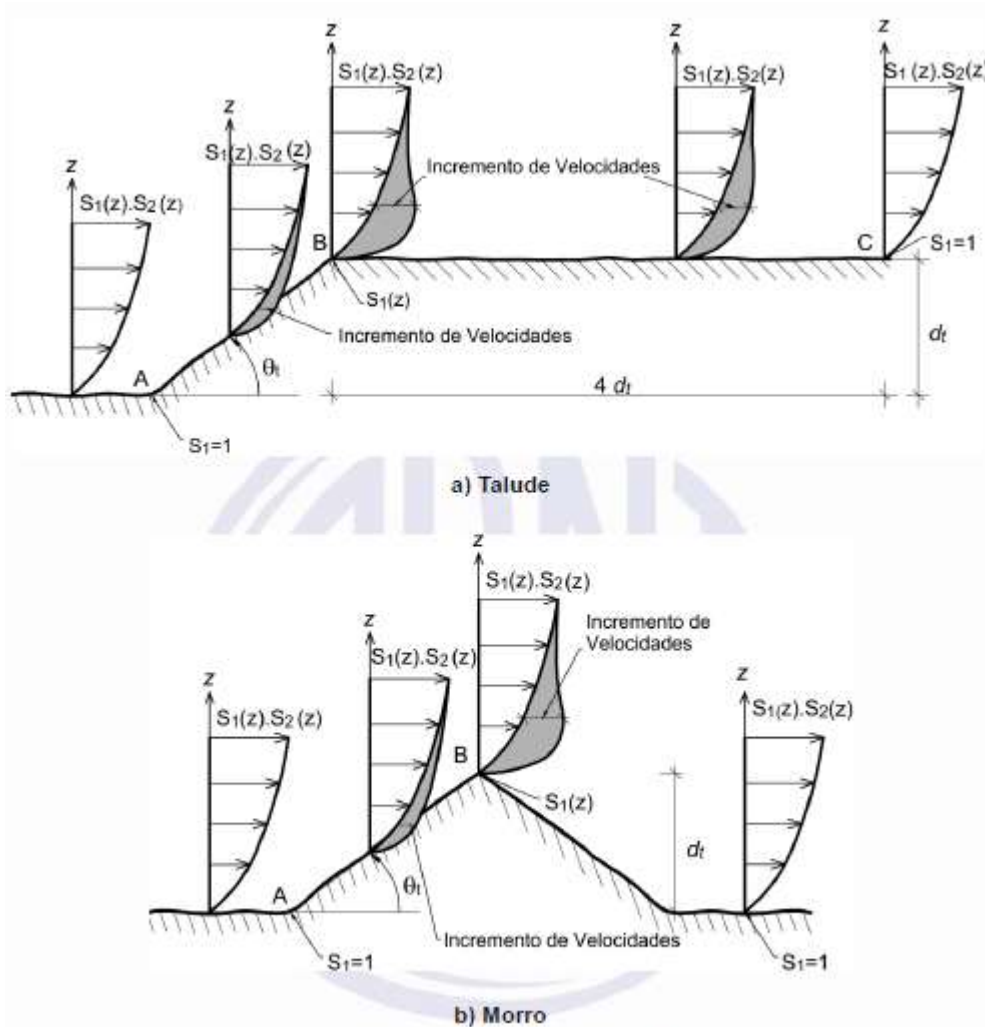


Figura 2 – Fator topográfico  $S_1(z)$

Figura 2 – Fator topográfico  $S_1(z)$

Portanto para o nosso caso temos como possibilidade a aplicação do item (a), logo:

$$S_1 = 1,00$$

**2.2.3- FATOR DE RUGOSIDADE DO TERRENO, DIMENSÕES DA EDIFICAÇÃO E ALTURA SOBRE O TERRENO ( $S_2$ )**

Este fator ( $S_2$ ) é definido pelo item 5.3 da NBR 6123/2023.

$S_2$  é determinado definindo uma categoria (rugosidade do terreno) e uma classe de acordo com as dimensões da edificação. As categorias são definidas, de acordo com a NBR 6123/2023, e são apresentadas abaixo:

**Categorias do Terreno Conforme NBR 6123/2023**

<b>Categoria</b>	<b>Descrição do Ambiente</b>	<b>Exemplos</b>
I	Superfícies lisas de grandes dimensões, com mais de 5 km de extensão, medida na direção e sentido do vento incidente	mar calmo; lagos e rios; pântanos sem vegetação
II	Terrenos abertos em nível ou aproximadamente em nível, com poucos obstáculos isolados, tais como árvores e edificações baixas.	zonas costeiras planas; pântanos com vegetação rala; campos de aviação; pradarias e charnecas; fazendas sem sebes ou muros.
III	Terrenos planos ou ondulados com obstáculos, tais como sebes e muros, poucos quebra-ventos de árvores, edificações baixas e esparsas	granjas e casas de campo, com exceção das partes com matos; fazendas com sebes e/ou muros; subúrbios a considerável distância do centro, com casas baixas e esparsas.

Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 001/24

IV	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada.	zonas de parques e bosques com muitas árvores; cidades pequenas e seus arredores; subúrbios densamente construídos de grandes cidades; áreas industriais plena ou parcialmente desenvolvidas
V	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos, grandes, altos e pouco espaçados.	florestas com árvores altas, de copas isoladas; centros de grandes cidades; complexos industriais bem desenvolvidos.

**Tabela 1 – Categoria do terreno**

**Classes das Edificações Conforme NBR 6123/2023**

<b>Classe</b>	<b>Descrição</b>
A	Todas as unidades de vedação, seus elementos de fixação e peças individuais de estruturas sem vedação. Toda edificação na qual a maior dimensão horizontal ou vertical não exceda 20 m.
B	Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal esteja entre 20 m e 50 m.
C	Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal exceda 50 m.

**Tabela 2 – Classes de edificações**

Temos, no nosso caso, os seguintes pares de parâmetros, **Categoria III e Classe B**.

Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 001/24

Após determinada a categoria e classe aplicamos os índices à tabela abaixo que pode ser encontrada na página 16 da NBR 6123/2023, sendo assim o coeficiente  $S_2$  será estabelecido com o seguinte valor:

**Tabela 3 – Fator  $S_2$**

z (m)	Categoria														
	I			II			III			IV			V		
	Classe			Classe			Classe			Classe			Classe		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
≤ 5	1,06	1,04	1,01	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82	0,79	0,76	0,73	0,74	0,72	0,67
10	1,10	1,09	1,06	1,00	0,98	0,95	0,94	0,92	0,88	0,86	0,83	0,80	0,74	0,72	0,67
15	1,13	1,12	1,09	1,04	1,02	0,99	0,98	0,96	0,93	0,90	0,88	0,84	0,79	0,76	0,72
20	1,15	1,14	1,12	1,06	1,04	1,02	1,01	0,99	0,96	0,93	0,91	0,88	0,82	0,80	0,76
30	1,17	1,17	1,15	1,10	1,08	1,06	1,05	1,03	1,00	0,98	0,96	0,93	0,87	0,85	0,82
40	1,20	1,19	1,17	1,13	1,11	1,09	1,08	1,07	1,04	1,02	0,99	0,96	0,91	0,89	0,86
50	1,21	1,21	1,19	1,15	1,13	1,12	1,10	1,09	1,06	1,04	1,02	0,99	0,94	0,93	0,89
60	1,22	1,22	1,21	1,16	1,15	1,14	1,12	1,11	1,09	1,07	1,04	1,02	0,97	0,95	0,92
80	1,25	1,25	1,23	1,19	1,18	1,17	1,16	1,15	1,12	1,10	1,08	1,06	1,01	1,00	0,97
100	1,26	1,26	1,25	1,22	1,21	1,20	1,18	1,17	1,15	1,13	1,11	1,09	1,05	1,03	1,01
120	1,28	1,28	1,27	1,24	1,23	1,22	1,21	1,20	1,18	1,16	1,14	1,12	1,07	1,06	1,04
140	1,29	1,29	1,28	1,25	1,24	1,24	1,22	1,22	1,20	1,18	1,16	1,14	1,10	1,09	1,07
160	1,30	1,30	1,29	1,27	1,26	1,25	1,24	1,23	1,22	1,20	1,18	1,16	1,12	1,11	1,10
180	1,31	1,31	1,30	1,28	1,27	1,27	1,26	1,25	1,23	1,22	1,20	1,18	1,14	1,14	1,12
200	1,32	1,32	1,31	1,29	1,28	1,28	1,27	1,26	1,25	1,23	1,21	1,20	1,16	1,16	1,14
250	1,33	1,34	1,33	1,31	1,31	1,31	1,30	1,29	1,28	1,27	1,25	1,23	1,20	1,20	1,18
300				1,34	1,33	1,33	1,32	1,32	1,31	1,29	1,27	1,26	1,23	1,23	1,22
350							1,34	1,34	1,33	1,32	1,30	1,29	1,26	1,26	1,26
400										1,34	1,32	1,31	1,29	1,29	1,29
420										1,35	1,33	1,32	1,30	1,30	1,30
450													1,31	1,32	1,31
500													1,33	1,34	1,34

**Tabela 3 – Valores de  $S_2$**



$$S_2 = 0,96$$

#### 2.2.4- FATOR ESTATÍSTICO ( $S_3$ )

O fator ( $S_3$ ) consta no item 5.4 da NBR 6123/2023, e é estabelecido através da tabela abaixo, que se encontra na página 17 da presente norma:

Tabela 4 – Valores mínimos do fator estatístico  $S_3$

Grupo	Descrição	$S_3$	$T_p$ (anos)
1	Estruturas cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros e de forças de segurança, edifícios de centrais de controle, etc.). Pontes rodoviárias e ferroviárias. Estruturas que abrigam substâncias inflamáveis, tóxicas e/ou explosivas. Vedações das edificações do grupo 1 (telhas, vidros, painéis de vedação).	1,11	100
2	Estruturas cuja ruína represente substancial risco à vida humana, particularmente a pessoas em aglomerações, crianças e jovens, incluindo, mas não limitado a: • edificações com capacidade de aglomeração de mais de 300 pessoas em um mesmo ambiente, como centros de convenções, ginásios, estádios etc. • creches com capacidade maior do que 150 pessoas; • escolas com capacidade maior do que 250 pessoas; Vedações das edificações do grupo 2 (telhas, vidros, painéis de vedação).	1,06	75
3	Edificações para residências, hotéis, comércio, indústrias. Estruturas ou elementos estruturais desmontáveis com vistas a reutilização. Vedações das edificações do grupo 3 (telhas, vidros, painéis de vedação).	1,00	50
4	Edificações não destinadas à ocupação humana (depósitos, silos) e sem circulação de pessoas no entorno. Vedações das edificações do grupo 4 (telhas, vidros, painéis de vedação).	0,95	37
5	Edificações temporárias não reutilizáveis. Estruturas dos Grupos 1 a 4 durante a construção (fator aplicável em um prazo máximo de 2 anos). Vedações das edificações do grupo 5 (telhas, vidros, painéis de vedação).	0,83	15

NOTA Exclusivamente para o projeto das vedações, se permite que a velocidade característica seja calculada com o fator ( $0,92 \times S_3$ ), em vez de  $S_3$

Tabela 4 – Valores de  $S_3$



Em nosso caso, o valor de  $S_3$  é estabelecido pelo grupo 3, logo:

$$S_3 = 1,00$$

### **2.2.5- PRESSÃO DINÂMICA (q)**

Utilizando-se da expressão do item 2.2.2.1 temos que a velocidade característica do vento ( $V_k$ ) vale:

$$V_k = 40 \cdot 1,00 \cdot 0,96 \cdot 1,00 \rightarrow$$

$$\rightarrow V_k = 38,40 \text{ m/s}$$

Com a velocidade ( $V_k$ ) temos condições de proceder os cálculos para a pressão dinâmica do vento (q), definida pelo 4.2, item c, da NBR 6123/2023 através da seguinte expressão:

$$q = 0,613 \cdot V_k^2, \text{ sendo:}$$

q  $\rightarrow$  Pressão dinâmica do vento [Kpa];

$V_k$   $\rightarrow$  Velocidade característica do vento [m/s].

$$q = 0,613 \cdot 38,40^2 \rightarrow$$

$$\rightarrow q = 904 \text{ N/m}^2 = 0,91 \text{ KPa} \rightarrow$$

$$\rightarrow q = 0,91 \text{ KPa}$$

### 2.3- FORÇA DE ARRASTO ( $F_a$ )

Passaremos aqui a definição da força horizontal devida ao vento conforme preconiza a NBR 6123/2023. Para tanto são necessários os coeficientes de forma para a obtenção de tais parâmetros.

Inicialmente realizaremos a definição do Número de Reynolds para o reservatório, sendo este coeficiente definido pela seguinte expressão:

$$Re = 70000 \cdot V_k \cdot L_1, \text{ sendo:}$$

$Re \rightarrow$  Número de Reynolds [ $\text{m}^2/\text{s}$ ];

$V_k \rightarrow$  Velocidade característica do vento [ $\text{m/s}$ ];

$L_1 \rightarrow$  Dimensão referência (diâmetro do elemento no nosso caso) [ $\text{m}$ ];

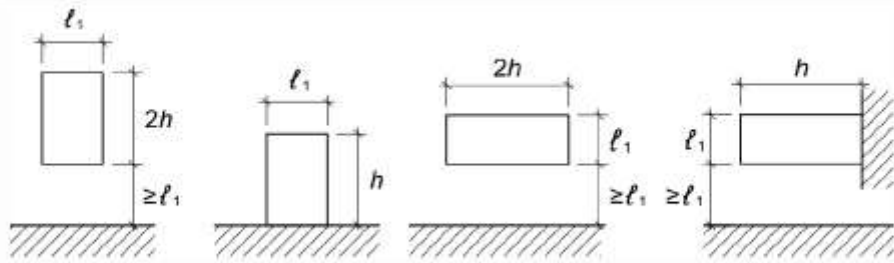
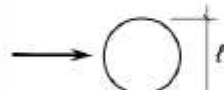
$$Re = 70000 \cdot 38,40 \cdot 14,80 \rightarrow$$

$$\rightarrow Re = 39782400 = 39,78 \times 10^6 \rightarrow$$

$$\rightarrow Re = 39,78 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{s}$$

Com o Número de Reynolds é possível encontrar o coeficiente de arrasto (C) através da tabela 14, página 33, da NBR 6123/2023, sendo:

**Tabela 14 – Coeficientes de arrasto  $C_a$  para corpos de seção constante (continua)**

 <p>Vento perpendicular ao plano da figura</p>									
Seção transversal		$Re \times 10^{-5}$ a	$h / \ell_1$						
			1/2	1	2	5	10	20	$\infty$
	Liso (metal, concreto, alvenaria rebocada)	$\leq 3,5$	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2
		$\geq 4,2$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6
	Com rugosidades ou saliências = $0,02 \ell_1$	Todos valores	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,2
	Com rugosidades ou saliências = $0,08 \ell_1$	Todos valores	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4

**Tabela 5 – Valores de C**

Adotando a superfície metálica com saliências da ordem de  $0,02 l_1$ , a relação  $h/l_1$  com valores de 0,622, temos que o coeficiente C vale:

**C = 0,70**

Logo a força de arrasto será calculada pela seguinte expressão:

$$F_a = C \cdot q \cdot A_e, \text{ sendo:}$$

$F_a \rightarrow$  Força de arrasto [KN];

$C \rightarrow$  Coeficiente de arrasto;

$q \rightarrow$  Pressão dinâmica do vento [KPa];

$A_e \rightarrow$  Área efetiva.

Logo temos:

$$F_a = 0,70 \cdot 0,91 \cdot (14,80 \times 9,20) \rightarrow$$

$$\rightarrow F_a = 87 \text{ KN}$$

No mesmo sentido o momento resultante, devido ao vento pode ser calculado pela expressão:

$$M_w = (F_a \cdot H) / 2 \rightarrow$$

$$\rightarrow M_w = (87 \cdot 9,20) / 2 \rightarrow$$

$$\rightarrow M_w = 400 \text{ KN.m}$$

## 2.4- QUADRO RESUMO

Abaixo é apresentado quadro resumo com o plano esforços que agem sobre a fundação do reservatório:

Carga vertical mínima distribuída pela base	Carga vertical máxima distribuída pela base	Força horizontal (Força de Arrasto)	Momento devido ao vento
2,25 KN/m <sup>2</sup>	88,95 KN/m <sup>2</sup>	87 KN	400 KN.m

Tabela 6 – Quadro Resumo de Carregamentos

## 3- SOLO LOCAL E FUNDAÇÃO VERIFICADA

### 3.1- SOLO LOCAL

Em março de 2024 foram executadas pela MTW Sondagens, as campanhas de sondagem para estudo do subsolo da área de instalação dos reservatórios (boletim nº 456).

Foram executados 4 estudos de sondagem. Para a melhor pertinência do DEAGUA, no sentido da escolha do melhor local para instalação do reservatório em estudo, considerando este critério a favor da segurança, adotaremos o perfil que apresente as condições menos favoráveis ao assentamento da fundação. Os perfis são apresentados abaixo:



Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 001/24


R.N.		100,00		COTA		100,10		FURO:		SP- 2		INÍCIO		28/02/24		TÉRMINO		29/02/24			
<div>  <div> <b>MTW Engenharia de Solos Ltda</b>            Rua César Ribeiro, 397, Jardim Califórnia, CEP 14.405-320 Franca-SP  <b>CLIENTE:</b> DEPARTAMENTO DE ESGOTO E ÁGUA DE GUAÍRA  <b>OBRA:</b> CONSTRUÇÃO DE EDIFICAÇÃO  <b>LOCAL:</b> RODOVIA ASSIS CHATEAUBRIAND, GUAÍRA-SP  <b>SONDAGEM DE RECONHECIMENTO DE SOLOS</b> </div> </div>																					
ensaio		penetração		N		torque		cota		GRÁFICO		Avanço		Revestimento		nível d'água		COTA		convenção das amostras	
15		15		15		30		10		20		30		torque		— ■ ■ ■				classificação das amostras	
3		3		5		8		1													
5		5		5		10		2													
5		5		7		12		3													
7		7		7		14		4													
8		8		9		17		5													
10		12		11		23		6													
11		11		14		25		7													
13		14		15		29		8													
15		15		16		31		9													
15		17		21		38		10													
21		21		23		44		11													
26		26		28		54		12													
								13													
								14													
								15													
								16													
								17													
								18													
								19													
								20													
								21													
								22													
								23													
								24													
								25													
								26													
								27													
								28													
								29													
								30													
								31													
								32													
								33													
								34													
								35													
								36													
								37													
								38													
RV		revestimento		CA		drenação água		obs:													
TC		trato concha		TH		trato helicoidal															
Lectura		Data / Hora		N. A. (m)		COORDENADAS		Laveagem por tempo - 10 min.		OBS: CAMADA VEGETAL =											
1		28/02/2024		NE		E		Prof. de início (m):													
2						N		Estágio 1 (cm):													
3								Estágio 2 (cm):													
								Estágio 3 (cm):													

Figura 4 – SP-02, Sondagem 456 – MTW



Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 001/24

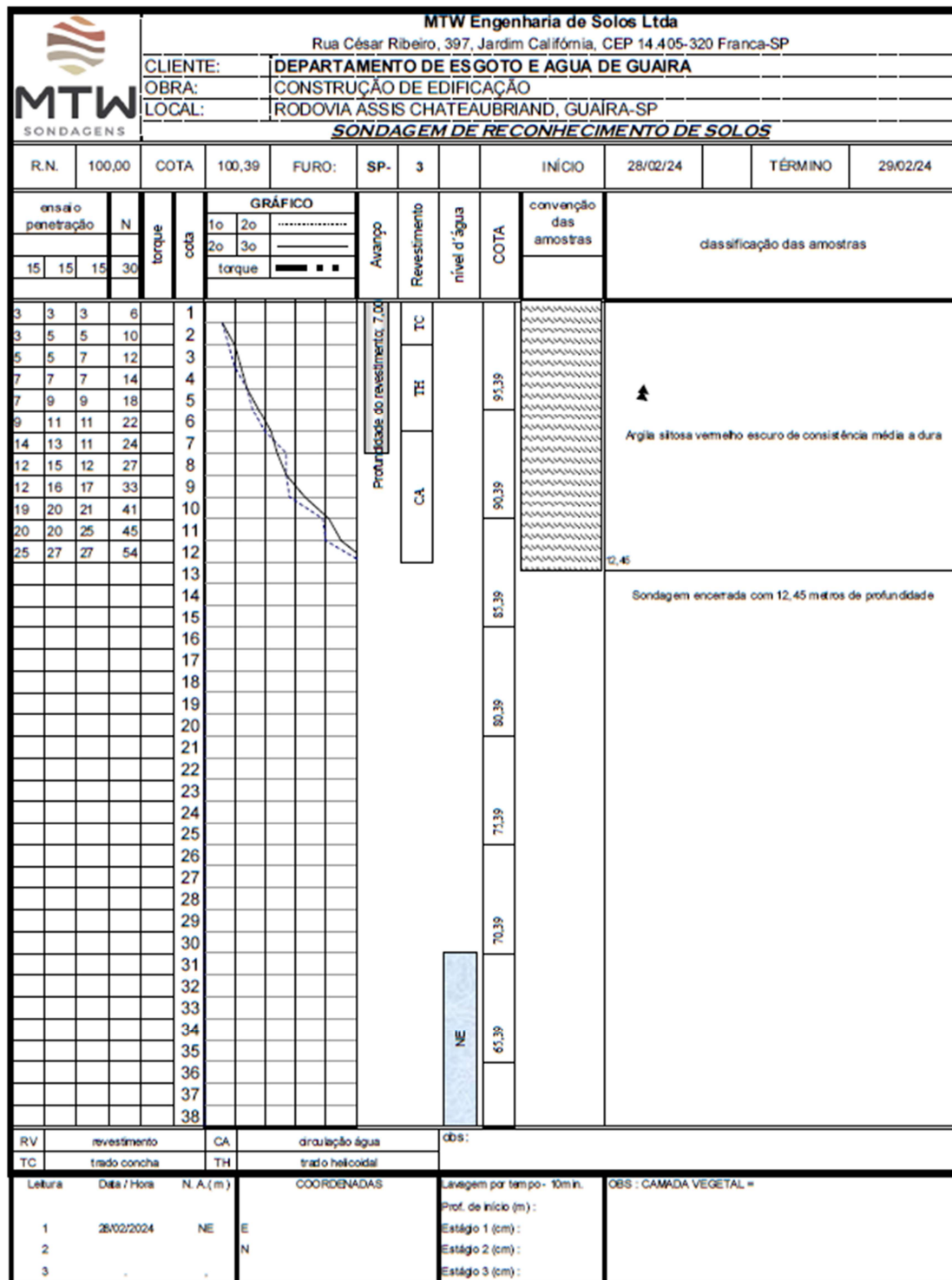
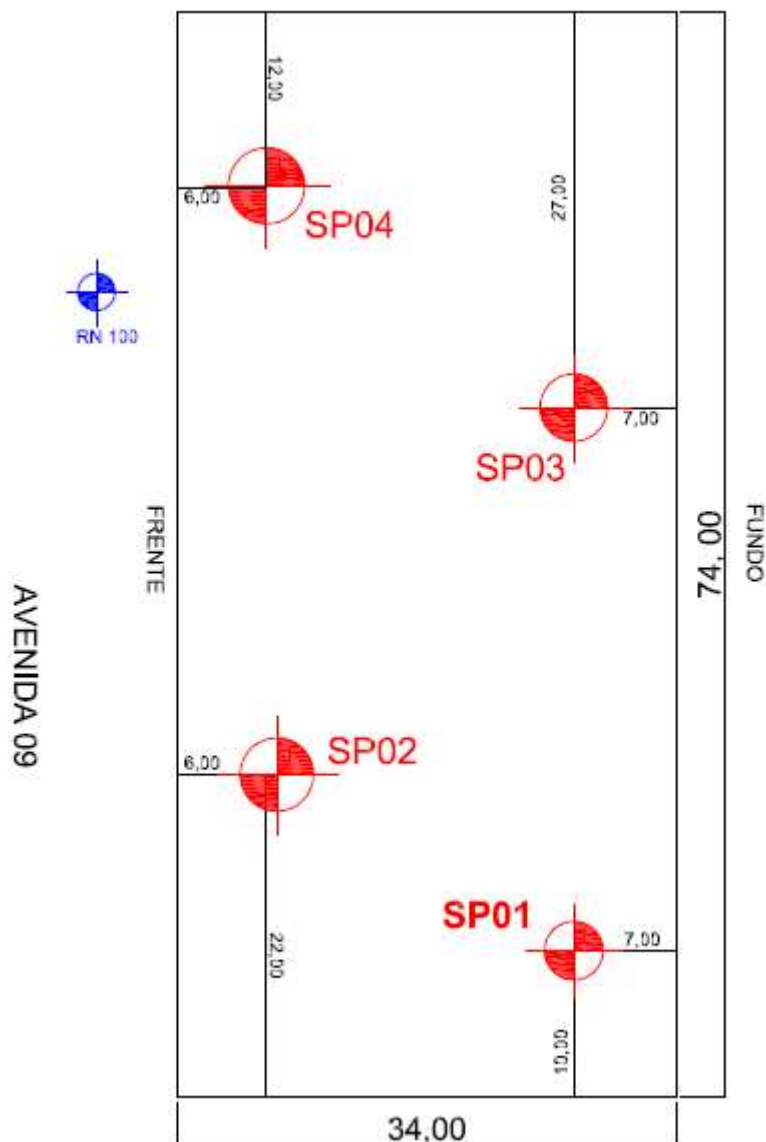


Figura 5 – SP-03, Sondagem 456 – MTW



Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 001/24



**Figura 7 – Localização dos Perfis, Sondagem 456 – MTW**

Com base nos critérios estabelecidos no *caput* deste item, elegemos os SP-04 como o menos favorável, com base na distribuição do SPT (Standard Penetration Test) ao longo do solo, uma vez que as características de classificação do solo são idênticas em todos os perfis.

### **3.1- ESCOLHA DO TIPO DE FUNDAÇÃO**

Conforme análise do boletim de sondagem temos as seguintes características do solo:

- **Argila siltosa média a dura:** *de 0,00 m à 10,45 m de profundidade;*
- **Ocorrência do nível d'água:** *Não encontrado.*

Tendo em vista as características do solo será adotado, inicialmente, fundação em radier, em conformidade com o anexo "A" da NBR 6122/2019.

## **4- PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA DO SOLO**

Para o desenvolvimento dos estudos é necessário, primeiramente, estabelecer os parâmetros referente ao solo local.

Tais parâmetros serão adotados através de modelos teóricos com base nos ensaios geotécnicos realizados no local.

### **4.1- TENSÃO ADMISSÍVEL DO SOLO E MÓDULO DE WINKLER**

Para a verificação das dimensões e capacidade de carga da fundação é necessário, primeiramente, a estimativa da tensão admissível do solo local, bem como o coeficiente de recalque vertical (Módulo de Winkler).

A tensão admissível do solo será calculada por métodos semiempíricos, consolidados no meio técnico, que relacionam a tensão admissível do solo ao número do SPT. Cabe aqui a ressalva que tais métodos admitem a adoção da média dos SPT's ao longo do bulbo de tensões, porém, como o perfil de resistência é crescente ao longo da profundidade, adotaremos o menor SPT apresentado na sondagem, estando assim em uma condição a favor da segurança.

O SPT adotado, portanto, será o do primeiro metro (SPT = 6, SP-04).

A tensão admissível adotada para a verificação do volume do reservatório, bem como dos elementos de concreto será a média dos métodos pesquisados.

#### **4.1.1- MÉTODO TEIXEIRA (1996)**

$$\sigma_{a\text{-Teixeira}} = N_{\text{SPT-72, médio}} / 5, \text{ sendo:}$$

$\sigma_{a\text{-Teixeira}}$  → Tensão Admissível do solo segundo o método proposto [Kgf /cm<sup>2</sup>];

$N_{\text{SPT-72, médio}}$  → Número de golpes médio da sondagem SPT brasileira, limitado a 20 golpes.

Logo temos:

$$\sigma_{a\text{-Teixeira}} = 6 / 5 \rightarrow$$

$$\rightarrow \sigma_{a\text{-Teixeira}} = 1,20 \text{ Kgf/cm}^2 \rightarrow$$

$$\rightarrow \sigma_{a\text{-Teixeira}} = 120 \text{ KPa}$$

**4.1.2- MÉTODO VARGAS (1960)**

$$\sigma_{a-Vargas} = N_{SPT-72, \text{ médio}} / K_{MV}, \text{ sendo:}$$

$\sigma_{a-Vargas}$  → Tensão Admissível do solo segundo o método proposto [Kgf /cm<sup>2</sup>];

$N_{SPT-72, \text{ médio}}$  → Número de golpes médio da sondagem SPT brasileira, na camada de apoio da fundação;

$K_{MV}$  → Fator empírico do Método VARGAS (1960), conforme Tabela 1.

**Tab. 3.4.5 Fatores Empíricos de Vargas**

para areias (S)	$K_{MV} = 5$	$K_{MV} = 5,5$	areias siltosas S3M, S4M, S5M, S6M, S7M
para siltes (M)	$K_{MV} = 6$	$K_{MV} = 6,5$	siltes argilosos M3C, M4C, M5C, M6C, M7C
para argilas (C)	$K_{MV} = 7$	$K_{MV} = 6,0$	areias argilosas S3C, S4C, S5C, S6C, S7C

**Tabela 7– Valores de  $K_{MV}$ , segundo VARGAS (1960)**

O solo classificado pela sondagem é argila siltosa, logo temos  $K_{MV} = 7,00$ .

Logo temos:

$$\sigma_{a-Vargas} = 6 / 7,00 \rightarrow$$

$$\rightarrow \sigma_{a-Vargas} = 0,86 \text{ Kgf/cm}^2 \rightarrow$$

$$\rightarrow \sigma_{a-Vargas} = 86 \text{ KPa}$$

#### **4.1.3- MÉTODO BERBERIAN (2010)**

$$\sigma_{a-Berberian} = N_{SPT-72, \text{ médio}} / K_{BERB}, \text{ sendo:}$$

$\sigma_{a-Berberian} \rightarrow$  Tensão Admissível do solo segundo o método proposto [Kgf /cm<sup>2</sup>];

$N_{SPT-72, \text{ médio}} \rightarrow$  Número de golpes médio da sondagem SPT brasileira, limitado a 40 golpes;

$K_{BERB} \rightarrow$  Fator empírico do Método BERBERIAN (2010), conforme Tabela 2.



Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 001/24

$\sigma_a = N_{72} \text{ médio} / K_{\text{Berb.}}$      $\sigma_a = \text{em Kg/cm}^2$     ou     $\sigma_a = 100 N_{72} / K_{\text{Berb.}}$  em KPa

Tab. 3.4.4 Valores de  $K_{\text{Berb.}}$  Segundo Berberian, Apud Mingardi (2016)

**Coeficiente  $K_{\text{BASE}}$  de acordo com o tipo de solo e o SPT – Berberian (2015) 1/3**

SOLO	Class. Berb.	SPT ( $N_{72}$ Brasileiro)														
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			
Areia ( Sand )	S	5,21	5,21	5,21	5,21	5,01	5,16	5,28	5,39	5,89	5,96	6,03	6,09			
Areia Mto Pco.. Siltosa	S3M	5,38	5,38	5,38	5,38	5,38	5,38	5,38	5,38	5,91	5,91	5,91	5,91			
Areia Pco.. Siltosa	S4M	5,32	5,57	5,44	5,44	5,44	5,44	5,46	5,57	5,67	5,25	5,00	5,04			
Areia Siltosa	S5M	4,40	5,01	5,24	5,43	5,59	5,73	5,84	5,47	5,47	5,47	5,47	5,47			
Areia Mto Siltosa	S6M	5,24	5,52	5,52	5,52	5,52	5,52	5,52	5,52	5,52	5,00	5,05	5,09			
Areia Mto Pco.. Argilosa	S3C	5,43	5,43	5,43	5,43	5,43	5,43	5,43	5,43	5,43	5,84	5,84	5,84			
Areia Pco.. Argilosa	S4C	5,49	5,49	5,49	5,49	5,49	5,49	5,49	5,49	5,49	5,49	5,12	5,15			
Areia Argilosa	S5C	5,29	5,14	5,34	5,49	5,62	5,73	5,53	5,14	5,24	5,34	5,12	5,21			
Areia Muito Argilosa	S6C	5,37	5,37	5,37	5,37	5,37	5,37	5,37	5,37	5,37	4,99	5,03	5,06			
Silte ( Mó )	M	5,45	5,71	5,63	5,63	5,63	5,63	5,59	5,71	5,82	5,92	6,00	5,63			
Silte Muito Pco.. Arenoso	M3S	5,00	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,60	4,67	4,74	4,80	4,86			
Silte Pco. Arenoso	M4S	5,00	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,60	4,67	4,74	4,80	4,86			
Silte Arenoso	M5S	4,10	4,40	4,64	4,84	5,01	4,62	4,62	4,62	4,62	4,35	4,40	4,45			
Silte Muito Arenoso	M6S	5,00	5,28	5,28	5,28	5,28	5,28	4,50	4,58	4,65	4,72	4,78	4,83			
Silte Mto Pco.. Argiloso	M3C	5,34	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,18	5,22			
Silte Pco. Argiloso	M4C	5,34	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,18	5,22			
Silte Argiloso	M5C	5,20	5,62	5,77	5,53	5,53	5,53	5,52	5,62	5,70	5,77	5,84	5,53			
Silte Muito Argiloso	M6C	5,34	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,18	5,22			
Argila ( Clay )	C	5,53	5,82	5,89	5,65	5,60	5,57	5,53	5,59	5,64	5,69	5,72	5,45			
Argila Mto Pco. Arenosa	C3S	5,00	5,00	5,00	5,44	5,44	5,44	5,44	5,44	4,89	4,94	4,99	5,04			
Argila Pco. Arenosa	C4S	5,00	5,00	5,34	5,34	5,34	5,34	5,34	5,34	4,83	4,89	4,93	4,98			
Argila Arenosa	C5S	4,29	4,85	5,07	5,24	5,39	5,51	4,40	4,54	4,66	4,77	4,88	4,98			
Argila Mto Arenosa	C6S	5,21	5,21	5,21	5,21	5,21	5,21	5,21	4,70	4,75	4,80	4,83	4,89			
Argila Mto Pco. Siltosa	C3M	5,34	5,46	5,37	5,30	5,25	5,22	5,18	5,16	4,78	4,81	4,84	4,86			
Argila Pco. Siltosa	C4M	5,06	5,06	5,06	5,06	5,06	5,06	5,06	4,60	4,66	4,71	4,75	4,79			
Argila Siltosa	C5M	4,29	4,62	5,16	5,34	5,49	5,62	4,46	4,60	4,72	4,84	4,95	5,05			
Argila Mto Siltosa	C6M	5,21	5,21	5,21	5,21	5,21	5,21	5,21	4,70	4,75	4,80	4,85	4,89			

Obs 1.: Quando na classificação utilizada, não for informado a intensidade da mistura (3 muito pouco, 4 pouco, 5 medianamente, 6 muito e 7 demasiadamente) utiliza-se então o valor médio. Ex: CS → C5S

**Tabela 8 – Valores de  $K_{\text{BERB}}$ , segundo BERBERIAN (2010)**

O solo classificado pela sondagem é argila siltosa, logo temos  $K_{\text{BERB}} = 4,62$ .

Logo temos:

$$\sigma_{a-Berberian} = 6 / 4,62 \rightarrow$$

$$\rightarrow \sigma_{a-Berberian} = 1,30 \text{ Kgf/cm}^2 \rightarrow$$

$$\rightarrow \sigma_{a-Berberian} = 130 \text{ KPa}$$

#### 4.1.4- TENSÃO ADMISSÍVEL ADOTADA

Portanto as tensões adotadas para o SP-04 serão adotadas conforme a tabela abaixo:

Valores Calculados			
TEIXEIRA (1996)	VARGAS (1960)	BERBERIAN (2010)	ADOTADO (MÉDIA)
120 KPa	86 KPa	130 KPa	<u>112 KPa</u>

**Tabela 9 – Valores adotados para a tensão admissível do solo**

#### 4.1.5- COEFICIENTE DE RECALQUE VERTICAL (MÓDULO DE WINKLER)

O coeficiente de recalque vertical (Módulo de Winkler), tal qual a tensão admissível estimada para o solo, será calculado através do método Teixeira & Godoy (1996) que, também, relaciona o coeficiente com o número do SPT do solo adotado.

A tabela abaixo apresenta as correlações entre a tensão admissível do solo e o Módulo de Winkler:

Tensão admissível (kgf/cm <sup>2</sup> )	Kv (kgf/cm <sup>3</sup> )	Tensão admissível (kgf/cm <sup>2</sup> )	Kv (kgf/cm <sup>3</sup> )
0,25	0,65	2,15	4,30
0,30	0,78	2,20	4,40
0,35	0,91	2,25	4,50
0,40	1,04	2,30	4,60
0,45	1,17	2,35	4,70
0,50	1,30	2,40	4,80
0,55	1,39	2,45	4,90
0,60	1,48	2,50	5,00
0,65	1,57	2,55	5,10
0,70	1,66	2,60	5,20
0,75	1,75	2,65	5,30
0,80	1,84	2,70	5,40
0,85	1,93	2,75	5,50
0,90	2,02	2,80	5,60
0,95	2,11	2,85	5,70
1,00	2,20	2,90	5,80
1,05	2,29	2,95	5,90
1,10	2,38	3,00	6,00
1,15	2,47	3,05	6,10
1,20	2,56	3,10	6,20
1,25	2,65	3,15	6,30
1,30	2,74	3,20	6,40
1,35	2,83	3,25	6,50
1,40	2,92	3,30	6,60
1,45	3,01	3,35	6,70
1,50	3,10	3,40	6,80
1,55	3,19	3,45	6,90
1,60	3,28	3,50	7,00
1,65	3,37	3,55	7,10
1,70	3,46	3,60	7,20
1,75	3,55	3,65	7,30
1,80	3,64	3,70	7,40
1,85	3,73	3,75	7,50
1,90	3,82	3,80	7,60
1,95	3,91	3,85	7,70
2,00	4,00	3,90	7,80
2,05	4,10	3,95	7,90
2,10	4,20	4,00	8,00

**Tabela 10 – Correlações Entre Tensão Admissível e Módulo de Winkler**

Portanto, interpolando os resultados da tabela 10, para  $\sigma_{adm} = 112 \text{ KPa}$ , temos  $K_v = 2,24 \text{ Kg/cm}^3 = 22400 \text{ KN/m}^3$ .

## 5- DIMENSÕES DO RADIER

A dimensão do radier é dada em termos da tensão admissível do solo pelas cargas e momentos atuantes.

A tensão admissível do solo deverá ser sempre menor que as tensões atuantes, dadas pela seguinte expressão:

$$\sigma = (P_{\text{cheio}} / A) + [(M_w \cdot y) / I], \text{ sendo:}$$

$\sigma \rightarrow$  Tensão atuante sobre o solo [KPa];

$P_{\text{cheio}} \rightarrow$  Peso cheio do reservatório [KN];

$M_w \rightarrow$  Momento devido ao vento [KN.m];

$A \rightarrow$  Seção transversal do radier [m<sup>2</sup>];

$I \rightarrow$  Momento de inércia da seção transversal do radier [m<sup>4</sup>];

$y \rightarrow$  Distância vertical do eixo neutro até o ponto onde a tensão é calculada [m].

A área do radier é calculada conforme abaixo:

$$A = (\pi \cdot D^2) / 4, \text{ sendo } D \text{ o diâmetro do radier adotado.}$$

O momento de inércia é:

$$I = (\pi \cdot D^4) / 64, \text{ sendo } D \text{ o diâmetro do radier adotado.}$$

Considerando a seção circular y será igual ao raio da circunferência do radier, ou seja D/2.

Logo, em termos do diâmetro do reservatório e da tensão admissível do solo, a equação acima pode ser escrita da seguinte forma:

$$\sigma_{adm} > \{P_{cheio} / [(\pi \cdot D^2) / 4]\} + \{(M_w \cdot 0,50 \cdot D) / [(\pi \cdot D^4) / 64]\}, \text{ simplificando:}$$

$$\sigma_{adm} > [(4 \cdot P_{cheio}) / (\pi \cdot D^2)] + [(32 \cdot M_w) / (\pi \cdot D^3)]$$

Como temos um sistema com variáveis de segundo e terceiro grau, o diâmetro será verificado por tentativas:

**Verificação para radier com diâmetro de 15,80 m:**

$$112 > [(4 \cdot 15385) / (\pi \cdot 15,80^2)] + [(32 \cdot 400) / (\pi \cdot 15,80^3)] \rightarrow$$

$$\rightarrow 112 > (61540 / 784) + (12800 / 12391) \rightarrow$$

$$\rightarrow 112 > 80, \text{ portanto verifica a segurança}$$

**Logo, será adotado radier com diâmetro de 15,80 m.**

## **6- VERIFICAÇÃO ESTUTURAL DO RADIER**

As verificações dos elementos construtivos necessários ao equilíbrio estrutural do radier, bem como os recalques do solo, serão calculados através do método dos elementos finitos, utilizando o Software Cypecad®, licença 177763.



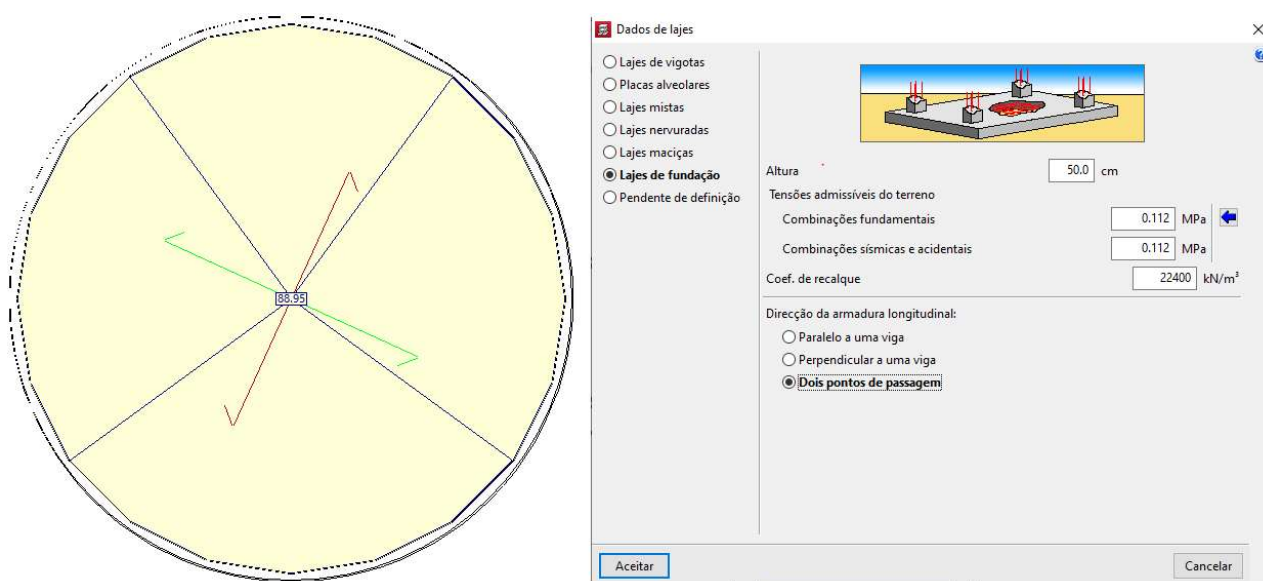
**Figura 8 – Documentação do Software**

Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 001/24

Será adotado, para a verificação da armadura necessária, concreto classe 25 MPa e aço CA-50 e espessura de 50 cm para o radier.

A carga a ser atribuída sobre o radier é aquela que advém do peso cheio do reservatório (88,950 kN/m<sup>2</sup>), distribuída pela área circunscrita ao diâmetro do costado (14,80 m).

Abaixo é apresentado o modelo numérico a ser verificado:



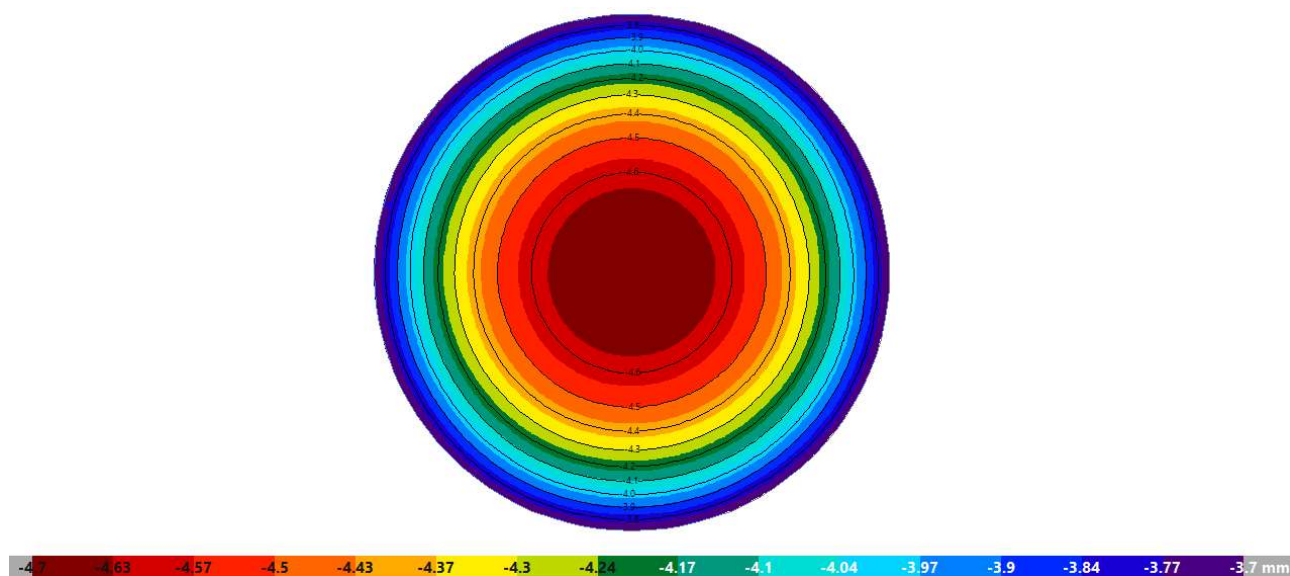
**Figura 9 – Modelo Numérico do Cypecad**

Processando o radier temos os resultados abaixo:



## 6.1- VERIFICAÇÃO DOS RECALQUES

Dado aos carregamentos, tensão admissível e Módulo de Winkler temos os seguintes recalques:

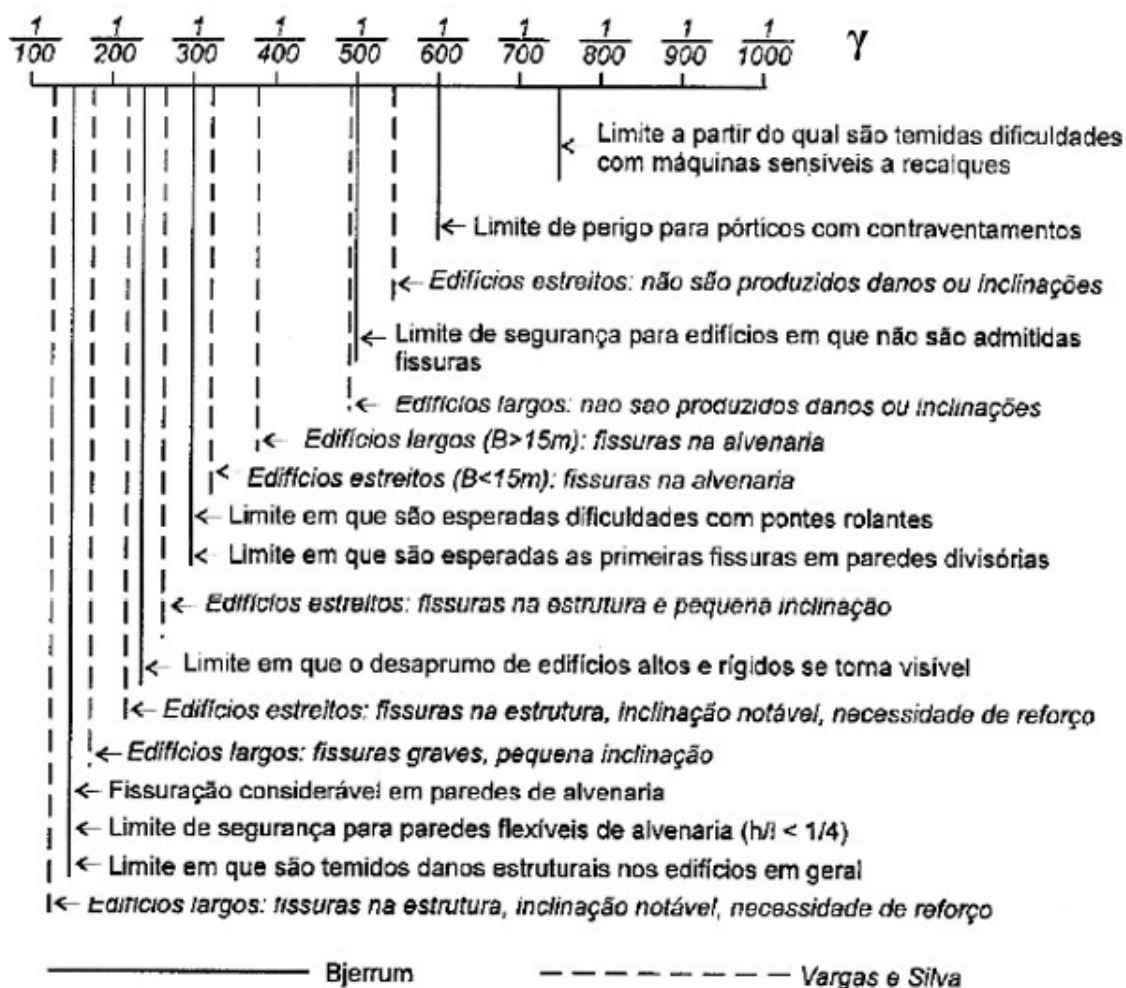


**Figura 10 – Recalques Aferidos**

Temos os seguintes resultados:

- Recalque no centro do radier: 4,70 mm;
- Recalque no bordo: 3,70 mm
- Recalque diferencial: 1,00 mm

A figura abaixo apresenta o modelo de análise para os limites sensoriais dos recalques proposto por Bjerrum (1963) / Vargas (1986):



**Figura 11 – Proposta Para os Limites Sensoriais dos Recalques nas Edificações**

Com o recalque diferencial de 1,00 mm, em um raio do radier de 7600 mm, temos a seguinte relação  $\gamma$ :

$$\gamma = 1 / 7600 \rightarrow$$

$$\rightarrow \gamma = 1,30 \cdot 10^{-3} = 0,0013 \approx 1/1000$$

Utilizando como valores para tolerância de recalques diferenciais em estruturas, aqueles constantes da BS 8006/1995, conforme apresentados abaixo (<https://geoacademy.com.br/courses/105086/lectures/1566054>):

Tabela 7: Tolerância para recalque diferencial em estruturas de solo reforçado (BS 8006, 1995)

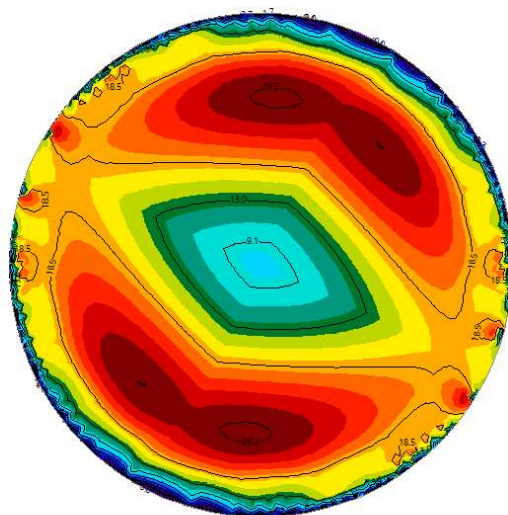
Máximo recalque diferencial	Comentário
1 para 1000	Não é significativo.
1 para 200	Painéis com a altura total da estrutura podem ser afetados com fechamento ou abertura das juntas.
1 para 100	Limite normal de segurança, sem medidas especiais para face com painéis descontinuos de concreto.
1 para 50	Limite normal de segurança para elementos de face de aço semi-elíptico. Painéis de concreto descontinuos podem sofrer fechamento das juntas, caso medidas especiais não forem tomadas.
1 para < 50	Face flexível pode sofrer distorção, afetando sua capacidade de retenção.
Nota: Não há limite claramente estabelecido entre as categorias. Trata-se apenas de uma recomendação preliminar.	

**Tabela 11 – Valores de referência BS 8006/1995**

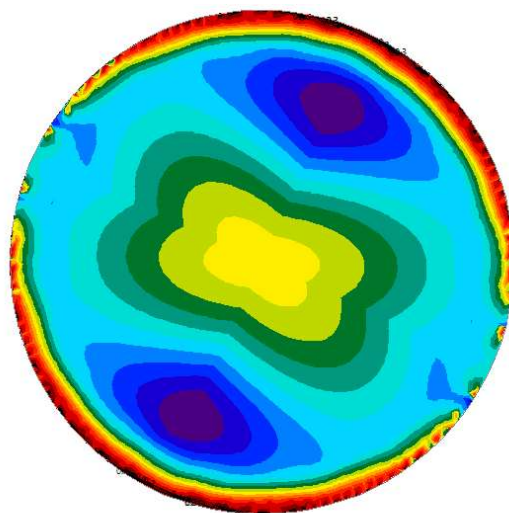
Isto posto, tem-se que os recalques se enquadram em limites sensoriais não significantes, segundo a norma BS 8006/1995 (Eurocode).

## 6.2- VERIFICAÇÃO DAS ARMADURAS

Apresentamos os momentos fletores, inferior e superior, resultado do processamento do radier:



**Figura 12 – Momentos Fletores Inferiores no Radier**



**Figura 13– Momentos Fletores Superiores no Radier**

**Momento Máximo Inferior: 26,50 KN.m/m**

**Momento Máximo Superior: 17,70 KN.m/m**

Para a verificação das armaduras do radier utilizaremos os coeficientes propostos por PINHEIRO (1993), cujos valores estão apresentados abaixo:



Código: CONTRATO 296/2024 – DEAGUA 001/24

Tabela 1.1												
FLEXÃO SIMPLES EM SEÇÃO RETANGULAR - ARMADURA SIMPLES												
$\beta_c = \frac{x}{d}$	$k_c = \frac{bd^2}{M_d} (\text{cm}^2 / \text{kN})$									$k_s = \frac{A_s d}{M_d} (\text{cm}^2 / \text{kN})$		
	C10	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	CA-25	CA-50	CA-60
0,02	103,8	69,2	51,9	41,5	34,6	29,7	25,9	23,1	20,8	0,046	0,023	0,019
0,04	52,3	34,9	26,2	20,9	17,4	15,0	13,1	11,6	10,5	0,047	0,023	0,020
0,06	35,2	23,4	17,6	14,1	11,7	10,1	8,8	7,8	7,0	0,047	0,024	0,020
0,08	26,6	17,7	13,3	10,6	8,9	7,6	6,7	5,9	5,3	0,048	0,024	0,020
0,10	21,5	14,3	10,7	8,6	7,2	6,1	5,4	4,8	4,3	0,048	0,024	0,020
0,12	18,0	12,0	9,0	7,2	6,0	5,2	4,5	4,0	3,6	0,048	0,024	0,020
0,14	15,6	10,4	7,8	6,2	5,2	4,5	3,9	3,5	3,1	0,049	0,024	0,020
0,16	13,8	9,2	6,9	5,5	4,6	3,9	3,4	3,1	2,8	0,049	0,025	0,021
0,18	12,3	8,2	6,2	4,9	4,1	3,5	3,1	2,7	2,5	0,050	0,025	0,021
0,20	11,2	7,5	5,6	4,5	3,7	3,2	2,8	2,5	2,2	0,050	0,025	0,021
0,22	10,3	6,8	5,1	4,1	3,4	2,9	2,6	2,3	2,1	0,050	0,025	0,021
0,24	9,5	6,3	4,7	3,8	3,2	2,7	2,4	2,1	1,9	0,051	0,025	0,021
0,26	8,8	5,9	4,4	3,5	3,0	2,5	2,2	2,0	1,8	0,051	0,026	0,021
0,28	8,3	5,5	4,1	3,3	2,8	2,4	2,1	1,8	1,7	0,052	0,026	0,022
0,30	7,8	5,2	3,9	3,1	2,6	2,2	2,0	1,7	1,6	0,052	0,026	0,022
0,32	7,4	4,9	3,7	3,0	2,5	2,1	1,8	1,6	1,5	0,053	0,026	0,022
0,34	7,0	4,7	3,5	2,8	2,3	2,0	1,8	1,6	1,4	0,053	0,027	0,022
0,36	6,7	4,5	3,3	2,7	2,2	1,9	1,7	1,5	1,3	0,054	0,027	0,022
0,38	6,4	4,3	3,2	2,6	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3	0,054	0,027	0,023
0,40	6,1	4,1	3,1	2,5	2,0	1,8	1,5	1,4	1,2	0,055	0,027	0,023
0,42	5,9	3,9	3,0	2,4	2,0	1,7	1,5	1,3	1,2	0,055	0,028	0,023
0,438	5,7	3,8	2,9	2,3	1,9	1,6	1,4	1,3	1,1	0,056	0,028	0,023
0,44	5,7	3,8	2,8	2,3	1,9	1,6	1,4	1,3	1,1	0,056	0,028	
0,46	5,5	3,7	2,7	2,2	1,8	1,6	1,4	1,2	1,1	0,056	0,028	
0,48	5,3	3,5	2,7	2,1	1,8	1,5	1,3	1,2	1,1	0,057	0,029	
0,50	5,2	3,4	2,6	2,1	1,7	1,5	1,3	1,1	1,0	0,058	0,029	
0,52	5,0	3,3	2,5	2,0	1,7	1,4	1,3	1,1	1,0	0,058	0,029	
0,54	4,9	3,2	2,4	2,0	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	0,059	0,029	
0,56	4,7	3,2	2,4	1,9	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	0,059	0,030	
0,58	4,6	3,1	2,3	1,9	1,5	1,3	1,2	1,0	0,9	0,060	0,030	
0,60	4,5	3,0	2,3	1,8	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9	0,061	0,030	
0,628	4,4	2,9	2,2	1,8	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9	0,061	0,031	
0,64	4,3	2,9	2,2	1,7	1,4	1,2	1,1	1,0	0,9	0,062		
0,68	4,2	2,8	2,1	1,7	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8	0,063		
0,72	4,0	2,7	2,0	1,6	1,3	1,2	1,0	0,9	0,8	0,065		
0,76	3,9	2,6	2,0	1,6	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8	0,066		
0,772	3,9	2,6	1,9	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8	0,067		

**Tabela 12 – Coeficientes propostos por PINHEIRO (1993)**

Temos que:

$$K_c = (b \cdot d^2) / M_d, \text{ sendo:}$$

$K_c \rightarrow$  Coeficiente referente ao concreto utilizado [cm<sup>2</sup>/KN];

$b \rightarrow$  Base do elemento [cm] (no nosso caso 100 cm por se tratar de radier);

$d \rightarrow$  Altura útil do elemento [cm];

$M_d \rightarrow$  Momento fletor de cálculo [KN.cm].

O momento fletor de cálculo por sua vez vale:

$$M_d = M_k \cdot \gamma_f, \text{ sendo:}$$

$M_d \rightarrow$  Momento fletor de cálculo [KN.cm];

$M_k \rightarrow$  Momento fletor característico [KN.cm];

$\gamma_f \rightarrow$  Coeficiente de majoração dos esforços (1,40).



Temos, então os seguintes resultados:

**K<sub>c</sub> para o momento inferior:**

$$K_c = (100 \cdot 45^2) / (100 \cdot 26,50 \cdot 1,40) \rightarrow$$

$$K_c = 54,58 \text{ cm}^2/\text{KN}$$

Verificando na tabela 12 temos que K<sub>s</sub>, para concreto C-25, vale 0,023.

**K<sub>c</sub> para o momento superior:**

$$K_c = (100 \cdot 45^2) / (100 \cdot 17,70 \cdot 1,40) \rightarrow$$

$$K_c = 81,80 \text{ cm}^2/\text{KN}$$

Verificando na tabela 12 temos que K<sub>s</sub>, para concreto C-25, vale 0,023.

A área de aço será calculada pela seguinte expressão:

$$A_s = (M_d \cdot K_s) \cdot d, \text{ sendo:}$$

$A_s \rightarrow$  Área de aço necessária [cm<sup>2</sup>];

$M_d \rightarrow$  Momento fletor de cálculo [KN.cm];

$K_s \rightarrow$  Coeficiente referente ao aço utilizado [cm<sup>2</sup>/KN];

$d \rightarrow$  Altura útil do elemento [cm].

**$A_s$  para o momento inferior:**

$$A_s = (26,50 \cdot 100 \cdot 1,40 \cdot 0,023) / 45 \rightarrow$$

$$\mathbf{A_s = 2,34 \text{ cm}^2/\text{m}}$$

É necessário a verificação das armaduras mínimas, conforme tabela 17.3 da NBR 6118/2013 – “Projeto de estruturas de concreto – Procedimento”, sendo:

$$A_{s, \min} = 0,15 \cdot H, \text{ para concreto C-25, sendo:}$$

$A_{s, \min} \rightarrow$  Armadura mínima [ $\text{cm}^2/\text{m}$ ];

$H \rightarrow$  Altura do radier [cm];

0,15  $\rightarrow \rho_{\min}$  conforme tabela 17.3 da NBR 6118/2023;

$$A_{s, \min} = 0,15 \cdot 50 \rightarrow$$

$$\rightarrow A_{s, \min} = 7,50 \text{ cm}^2/\text{m}$$

**$A_s$  para o momento superior:**

$$A_s = (17.70 \cdot 100 \cdot 1,40 \cdot 0,023) / 45 \rightarrow$$

$$A_s = 1,26 \text{ cm}^2/\text{m}$$

É necessário a verificação das armaduras mínimas, conforme tabela 17.3 da NBR 6118/2023 – “Projeto de estruturas de concreto – Procedimento”, sendo:

$$A_{s, \min} = 0,15 \cdot H, \text{ para concreto C-25, sendo:}$$

$A_{s, \min} \rightarrow$  Armadura mínima [ $\text{cm}^2/\text{m}$ ];

$H \rightarrow$  Altura do radier [cm];

0,15  $\rightarrow \rho_{\min}$  conforme tabela 17.3 da NBR 6118/2023;

$$A_{s, \min} = 0,15 \cdot 50 \rightarrow$$

$$\rightarrow A_{s, \min} = 7,50 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Portanto, a armadura a ser utilizada, tanto na face inferior, quanto na face superior do radier, é a armadura mínima preconizada pela norma: 7,50 cm<sup>2</sup>/m,  $\phi$  12,50 mm a cada 17,50 cm.

## 7- CONCLUSÕES

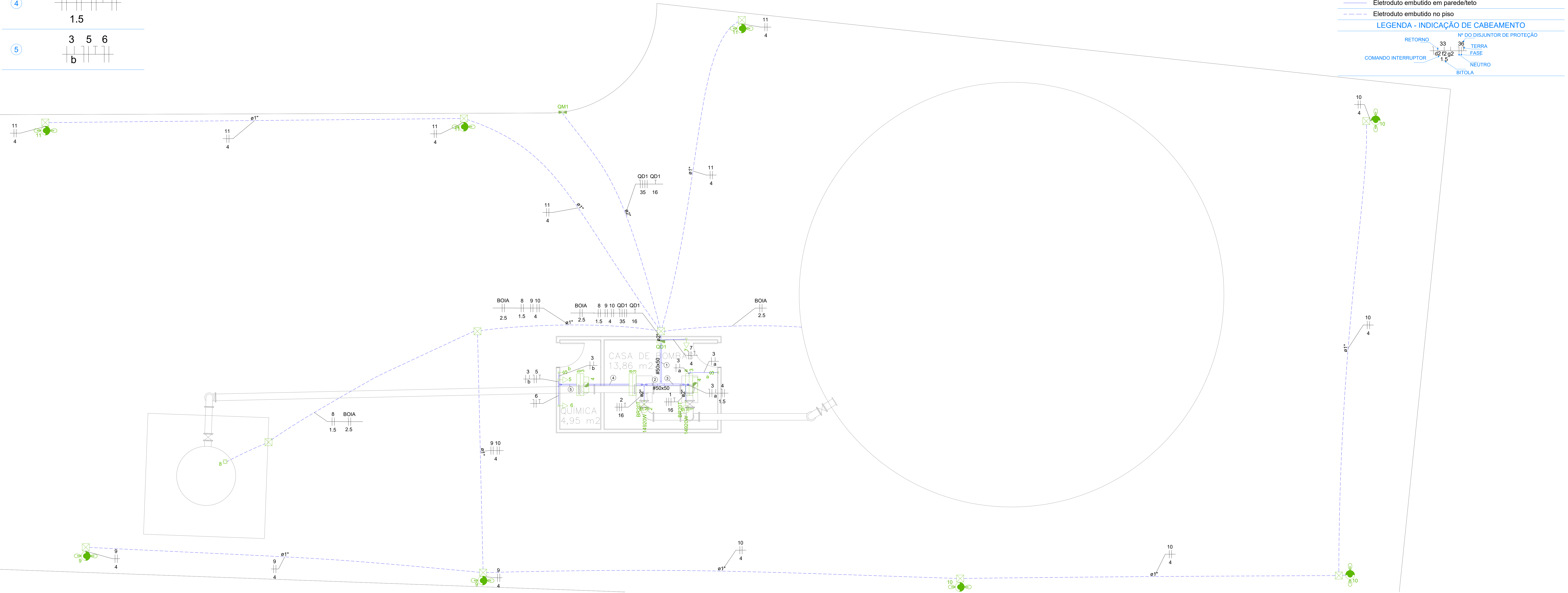
Ante o exposto, a fundação propostas para assentamento de um reservatório metálico de 1500 m<sup>3</sup>, com 14,80 m de diâmetro e 9,20 m de altura, verifica com segurança, conforme os dispostos desta memória de cálculo.

É o relatório,

**Eng. Renê Alexandre Galetti**

Membro Titular do Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias – IBAPE/SP  
Especialista em Engenharia Geotécnica, Estrutural e de Avaliações e Perícias  
CREA: 5061122995  
ART: 2620240735846

Legenda de fiação						
①	1	2	3	4	5	6
	16			1.5		
②	2	3	4	5	6	
	16		a		1.5	
③	1	3	4			
	16		a		1.5	
④	3	4	5	6		
				1.5		
⑤	3	5	6			
		b				



LEGENDA - ELÉTRICA	
	Tomada baixa a 0,30m do piso
	Tomada média a 1,20m do piso
	Interruptor simples 1 tecla - 1,20m do piso
	Luminária tipo hermética de 20W LED ou equivalente
	Luz de Sinalização
	Motor trifásico
	Bloco autônomo de ilum. de emergência no teto
	Poste de concreto
	Caixa de passagem
	Quadro de proteção
	Quadro de medição
	Poste metálico de iluminação com 2 pétalas - 250W
	Condutores neutro, fase, retorno e proteção
LEGENDA - ELETRODUTOS	
	Eletroduto embutido em parede/teto
	Eletroduto embutido no piso
LEGENDA - INDICAÇÃO DE CABEAMENTO	
	RETORNO
	COMANDO INTERRUPTOR
	FASE
	NEUTRO
	TERRA
	BITOLA

ESPECIFICAÇÕES DOS CABOS

- Os cabos devem ser não propagantes de chama, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos.
- Cabos não cotados no projeto, considerar 10mm²

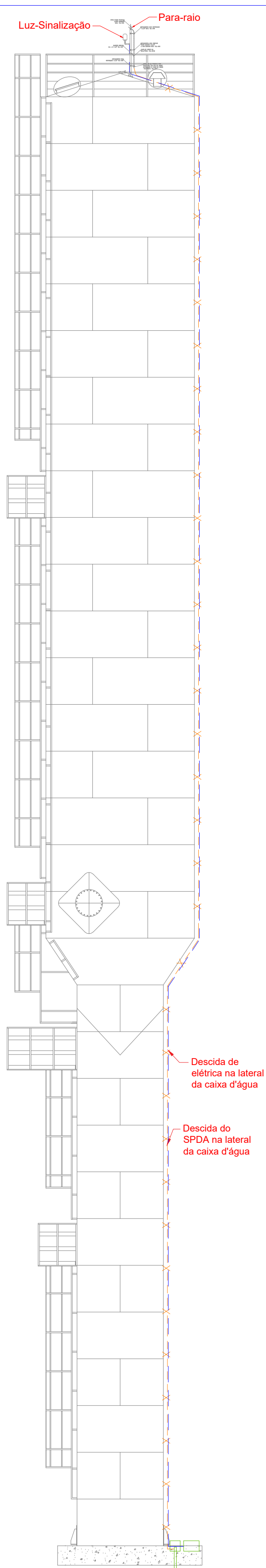
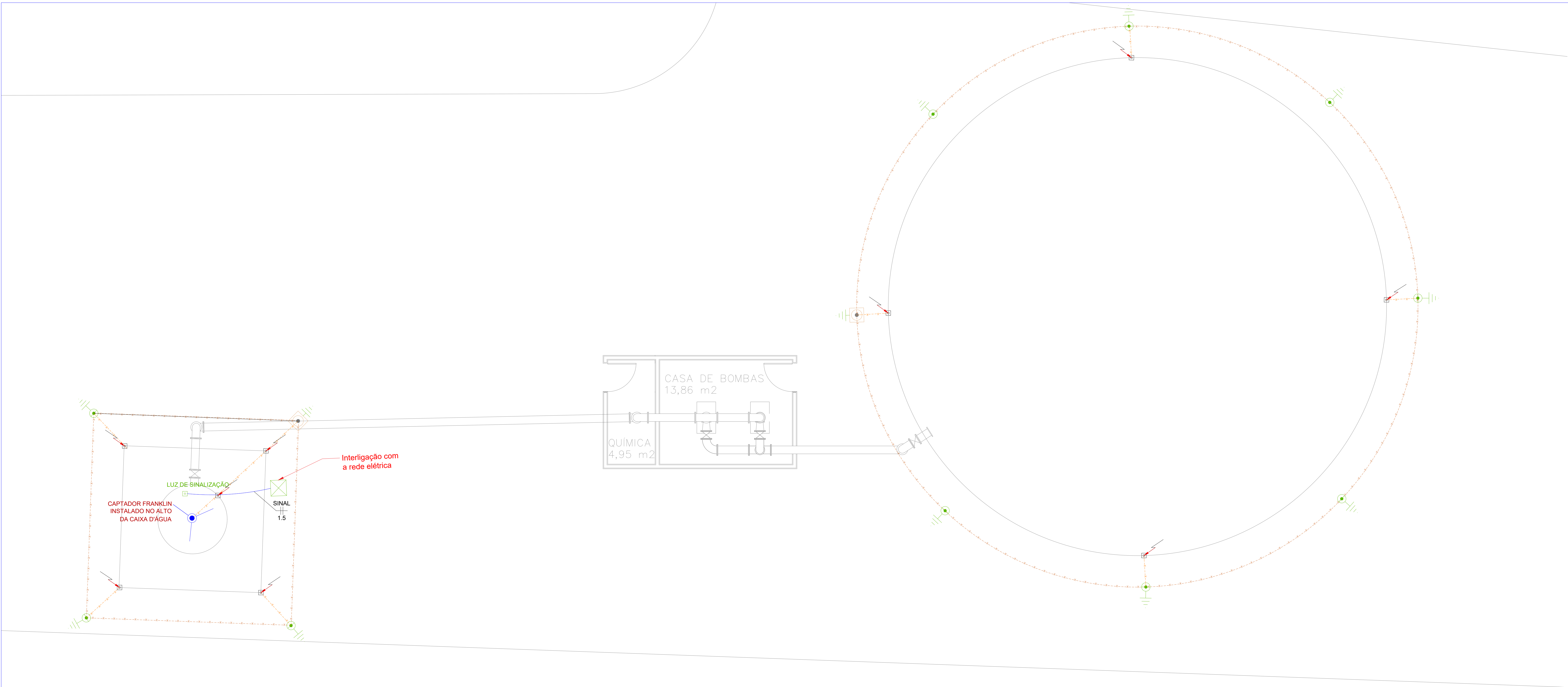
NOTAS

- É obrigatório que o instalador trabalhe com o projeto arquitetônico;
- As medidas devem ser conferidas na obra;
- Prever arame-guia na tubulação de elétrica e cabeamento;
- Caixas de passagem no piso deverão ser de alvenaria com tampa de concreto e dreno em brita nº2 no fundo;
- Aterramento individual para cada poste, instalado nas suas respectivas caixas de passagem;
- Toda infra-estrutura metálica (Eletrocalha, eletrodutos, etc) deverá ser aterrada;
- Eletrodutos não cotados, considerar Ø1";
- Projeto elaborado conforme NBR 5410;
- Para execução, atender NBR 5410 e NR10.

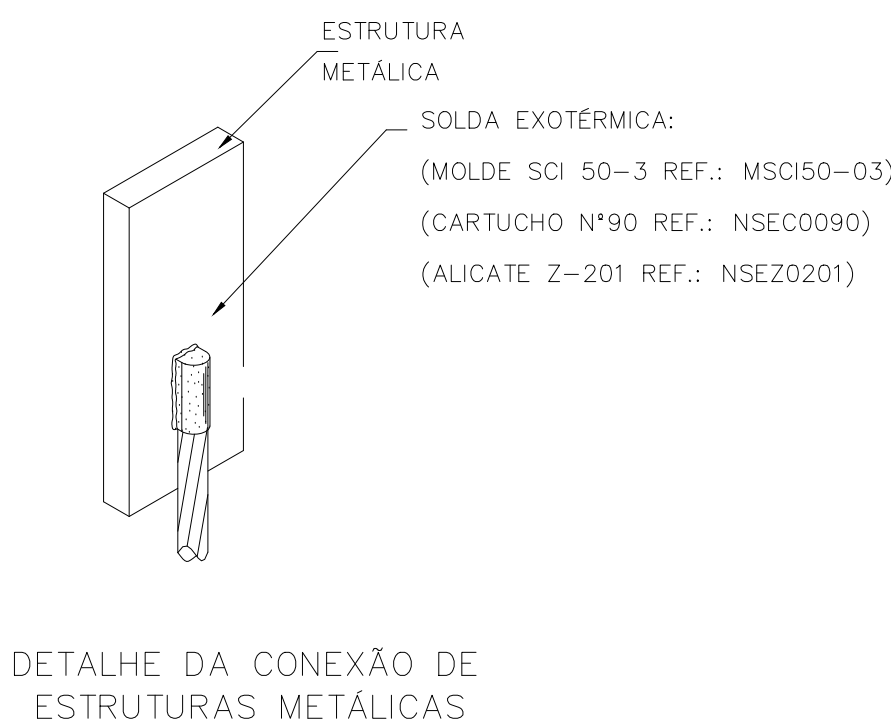
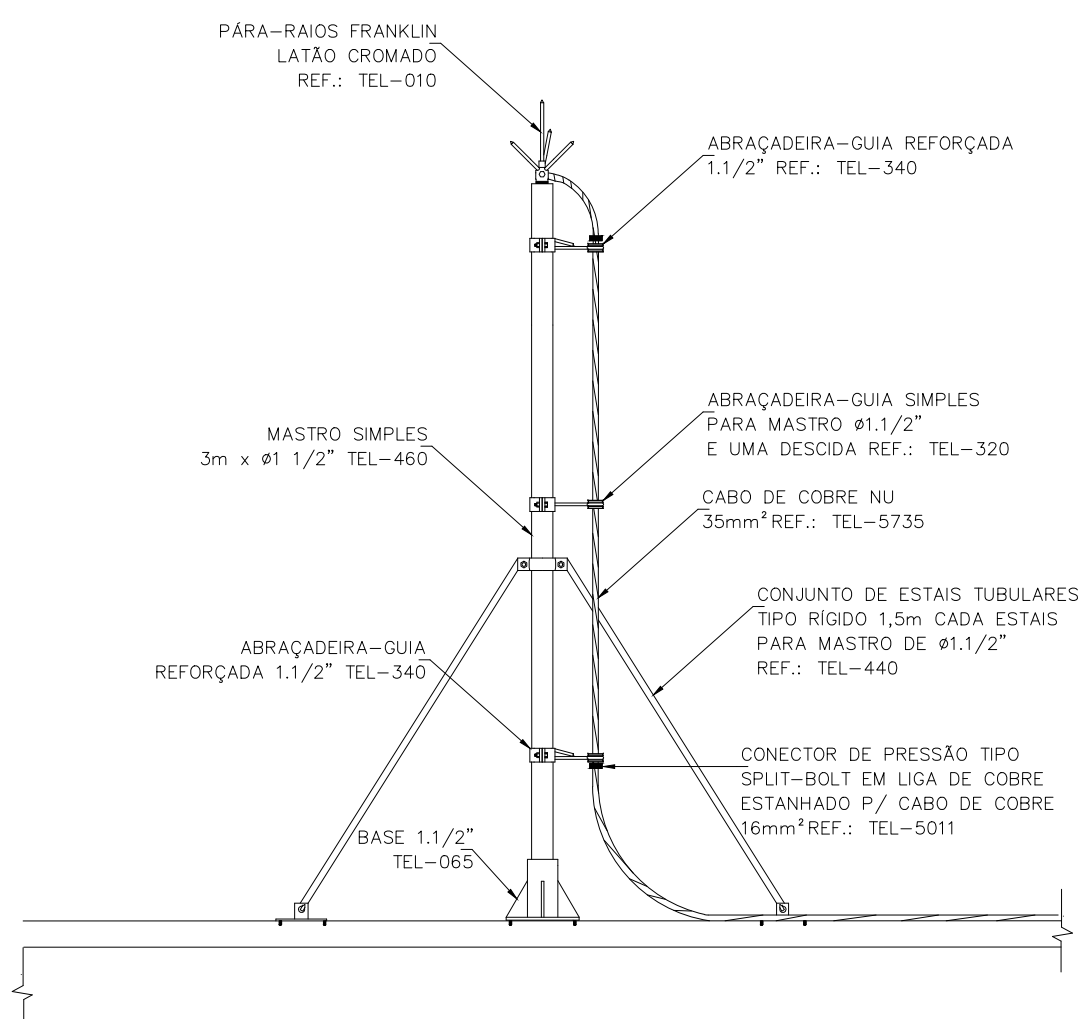
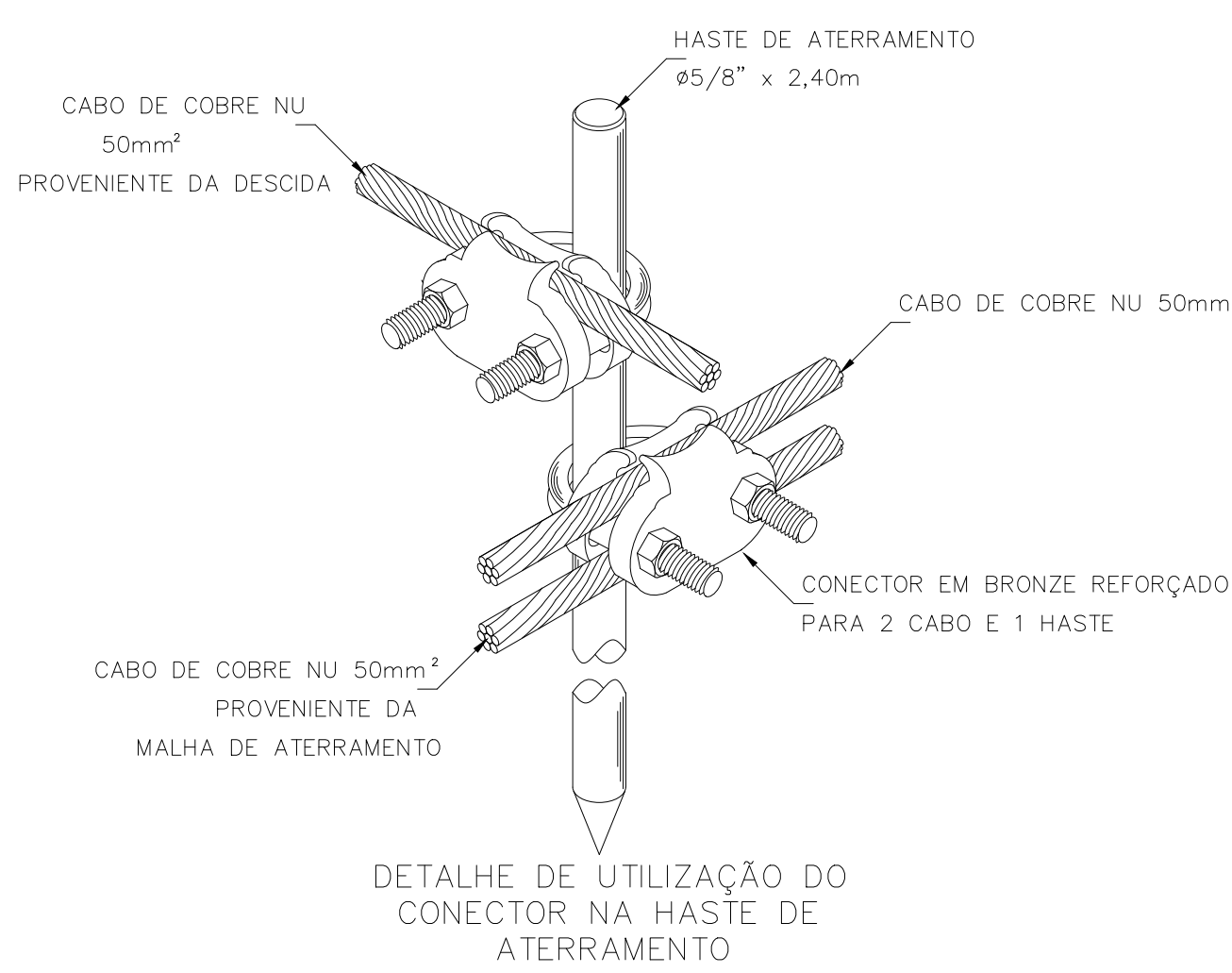
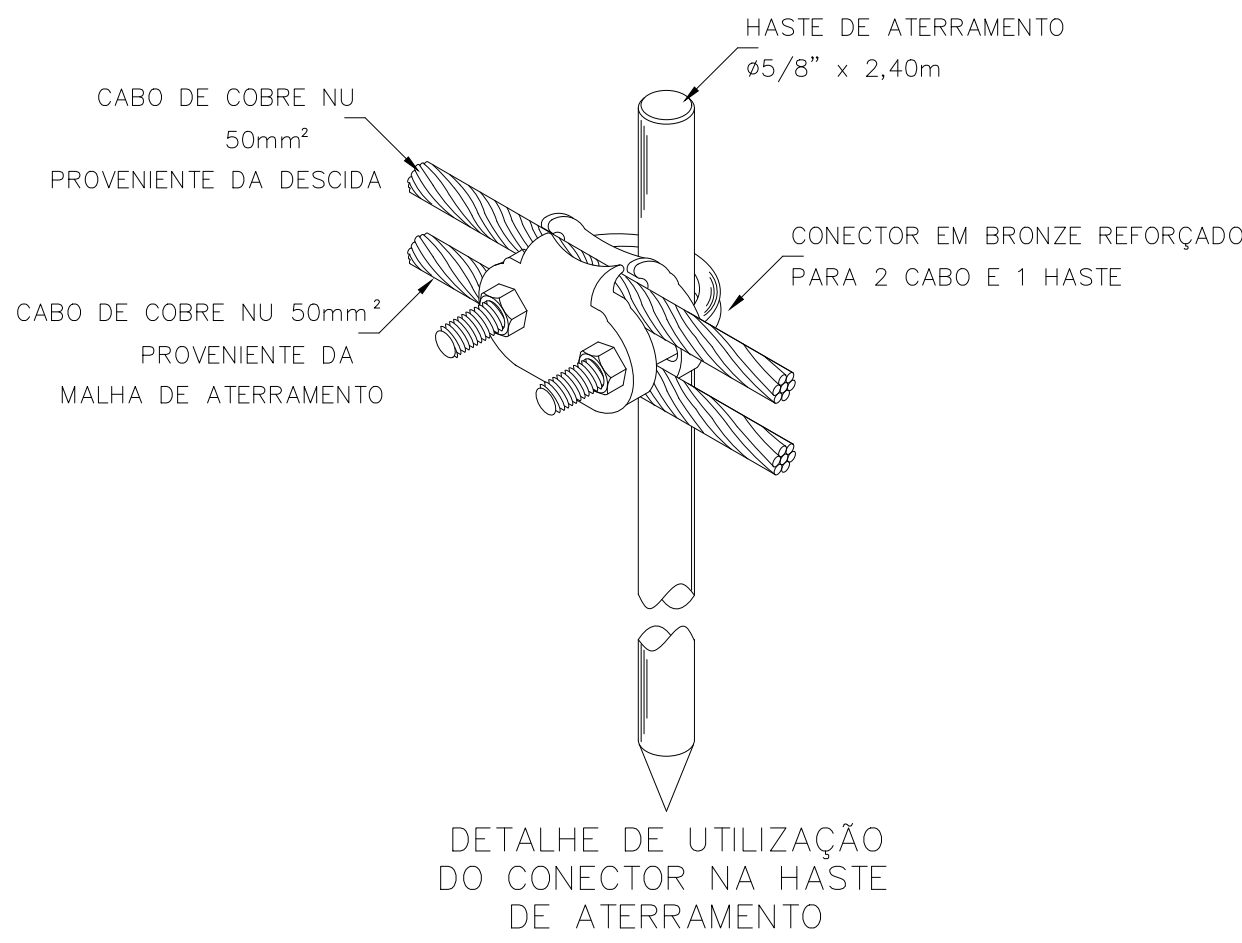
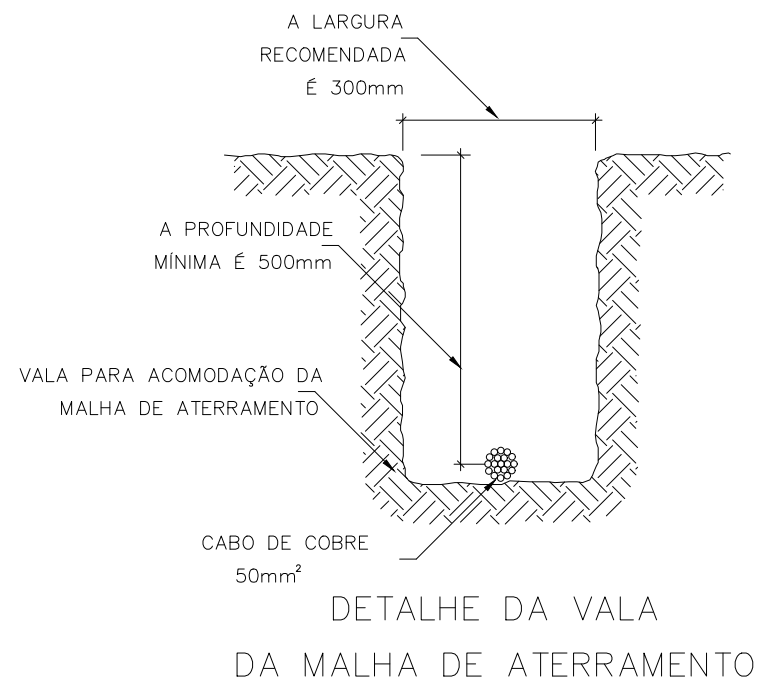
Quadro de Cargas (QD1) - Pavimento																			
Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	FCT	FCA	In' (A)	Ip (A)	Seção (mm²)	Ic (A)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)
1	Bomba 1	3F+T	B1	220 V	20444	14920	R+S+T	4973	4973	4973	1.00	0.80	67.1	53.7	16	68.0	63	0.36	1.62
2	Bomba 2	3F+T	B1	220 V	20444	14920	R+S+T	4973	4973	4973	1.00	0.80	67.1	53.7	16	68.0	63	0.34	1.61
3	Iluminação	F+N	B1	127 V	154	120	S		120		1.00	0.80	1.5	1.2	2.5	24.0	20	0.13	1.40
	a				103	80	S		80		1.00	0.80	1.0		2.5	24.0			
	b				51	40	S		40		1.00	0.80	0.5		2.5	24.0			
4	Ilum. Emergencia	F+N	B1	127 V	12	12	R	12			1.00	0.80	0.1	0.1	1.5	17.5	16	0.01	1.27
5	Tomada Dosadora 1	F+N+T	B1	127 V	111	100	S		100		1.00	0.80	1.1	0.9	2.5	24.0	20	0.10	1.36
6	Tomada Dosadora 2	F+N+T	B1	127 V	111	100	R	100			1.00	0.80	1.1	0.9	2.5	24.0	20	0.11	1.37
7	TUG CCM	F+N+T	B1	127 V	111	100	R	100			1.00	1.00	0.9	0.9	4	32.0	25	0.01	1.27
8	LUZ DE SINALIZAÇÃO	F+F	B1	220 V	100	100	R+S	50	50		1.00	0.70	0.6	0.5	1	14.0	10	0.18	1.45
9	Circuito poste 1	F+F	B1	220 V	1000	1000	S+T		500	500	1.00	0.70	6.5	4.5	4	32.0	25	0.59	1.85
10	Circuito Poste 2	F+F	B1	220 V	1500	1500	R+T	750		750	1.00	0.70	9.7	6.8	4	32.0	25	1.65	2.91
11	Circuito Poste 3	F+F	B1	220 V	1500	1500	R+T	750		750	1.00	0.70	9.7	6.8	4	32.0	25	0.54	1.80
TOTAL						45487	34372	R+S+T	11709	10717	11947								

0 EMISSÃO INICIAL		AGO/2024
REV.	ASSUNTO	DATA
PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS		
ENGENHEIRO RESPONSÁVEL		PROJETO APROVADO
Eng. Paulo Henrique Bossi Cover		DEPARTAMENTO DE ESGOTO E ÁGUA DE GUAIARA
ETAPA DE PROJETO		FOLHA
EXECUTIVO		01
CONFERIDO POR	DESENHO	PROJETO
Eng. Paulo H. B. Cover	Alan Silveira	Eng. Paulo H. B. Cover
OBSERVAÇÕES		ESCALA
		1/50
ENDEREÇO		CIDADE
R. José em Brasília, nº 198		GUAIARA, SP
DATA		A.R.T. NÚMERO
09/08/2024		TÍTULO DESTA DOCUMENTO
Projeto de Instalações Elétricas		
Antes de imprimir pense em sua responsabilidade com o MEIO AMBIENTE		





VISTA FRONTAL



#### LEGENDA - SPDA

- Ponto de descida e conexão com a malha de aterramento 50mm²
- Captador tipo Franklin, em mastro aço galv. Ø1,1/2" x 3m
- Cabo de cobre nú 50mm² instalado no solo
- Barra chata de alumínio instalado na telha
- Haste de aço cobreado alta camada em caixa de inspeção
- Haste de aço cobreado alta camada Ø5/8" x 3m

#### NOTAS

- É obrigatório que o instalador trabalhe com o projeto arquitetônico para eventuais consultas
- As medidas devem ser conferidas na obra
- Toda infra-estrutura metálica (Eletrocalha, eletrodutos, etc) deverá ser aterrada
- Projeto elaborado conforme NBR 5419: Proteção contra descargas atmosféricas
- Para execução, atender NBR 5410, NBR 5419 e NR10

#### NOTAS

- Projeto elaborado conforme NBR 5419
- Para execução, atender NBR 5410 e NR10

0	EMISSÃO INICIAL	AGO/2024
REV.	ASSUNTO	DATA
PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS		
ENGENHEIRO RESPONSÁVEL		PROJETO APROVADO
Eng. Paulo Henrique Bossi Cover		DEPARTAMENTO DE ESGOTO E ÁGUA DE GUAIARA
	ETAPA DE PROJETO	ATIVIDADE TÉCNICA
	EXECUTIVO	ELÉTRICA
	CONFERIDO POR	DESENHO
	Eng. Paulo H. B. Cover	Alan Silveira
OBSERVAÇÕES		PROJETO
		Eng. Paulo H. B. Cover
		02
		ESCALA
		1/50
Qualquer dúvida, entre em contato.		
ENDEREÇO		CIDADE
R. João em Marinho, nº 198		Olimpia / SP
DATA		A.R.T. NÚMERO
09/08/2024		TÍTULO DESTA DOCUMENTO
		Projeto de SPDA
Antes de imprimir pense em sua responsabilidade com o MEIO AMBIENTE		





PLANTA BAIXA ADUTORA  
ESCALA: 1/1000

LEGENDA:

REGISTRO GAVETA C/FLANGES

EXTREMIDADE FOFO FLANGE/PONTA

REDUÇÃO CONCÊNTRICA FOFO C/ FLANGES

TÊ FOFO C/ FLANGES

CURVA DE 90° TERMOFUSÃO (PARA PEAD)

CURVA DE 90° FOFO BOLSAS

CURVA DE 45° FOFO C/ FLANGES

CURVA DE 11°15' FOFO BOLSAS

ADUTORA 250mm PEAD / DEFOFO (PROJETADA)

REDE DE DISTRIBUIÇÃO 150mm DEFOFO (PROJETADA)

LISTA DE MATERIAIS HIDRÁULICOS		
ITEM	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE
1	TÊ DE FERRO FUNDIDO DN 250 MM C/ FLANGES	1
2	REDUÇÃO CONCÊNTRICA COM FLANGES PN10 FERRO FUNDIDO DN=250 X 150 MM	2
3	EXTREMIDADE PONTA - FLANGE FOFO DN = 150 MM L = 420 MM	2
4	VÁLVULA DE GAVETA FERRO FUNDIDO - DN 250 MM C/FLANGES	1
5	COLARINHO TERMOFUSÃO PEAD DE = 315 MM	2
6	FLANGE PARA COLARINHO AÇO CARBONO DE = 315 MM	2
7	COTOVELO 90° TERMOFUSÃO PEAD DE=315 MM	2
8	CURVA 45° COM BOLSAS JE2GS FERRO FUNDIDO DN=250 MM	4
9	TUBO FERRO FUNDIDO - DN 250 MM - L = 3,0 M C/ FLANGES	2
10	TUBO FERRO FUNDIDO - DN 250 MM - L = 5,8 M C/ FLANGES	2
11	EXTREMIDADE PONTA - FLANGE PN10 FERRO FUNDIDO DN=250 MM L=420 MM	1
12	CURVA 11º15' COM BOLSAS JE2GS FERRO FUNDIDO DN=250 MM	2
13	CURVA DE 90° FERRO FUNDIDO - DN 250 MM C/ BOLSAS	3

DEPARTAMENTO DE ESGOTO E ÁGUA DE GUAÍRA  
CNPJ: 48.344.022/0001-03  
Rua 12, nº 315 – Centro- Guaiá-SP – CEP: 14.790-000 - Fone: (17) 3330-1500  
www.deagua.com.br e-mail: deagua@deagua.com.br

IDENTIFICAÇÃO

Projeto  
**AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO DO ACESSO III, COM CONSTRUÇÃO DE ADUTORA, RESERVATÓRIO APOIADO DE 1500 M³ E RESERVATÓRIO ELEVADO DE 250 M³**

Localização  
GUAÍRA/SP

Título

ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Código

Folha

01

Assunto

PLANTA BAIXA ADUTORA

Escala Nominal

1:1000

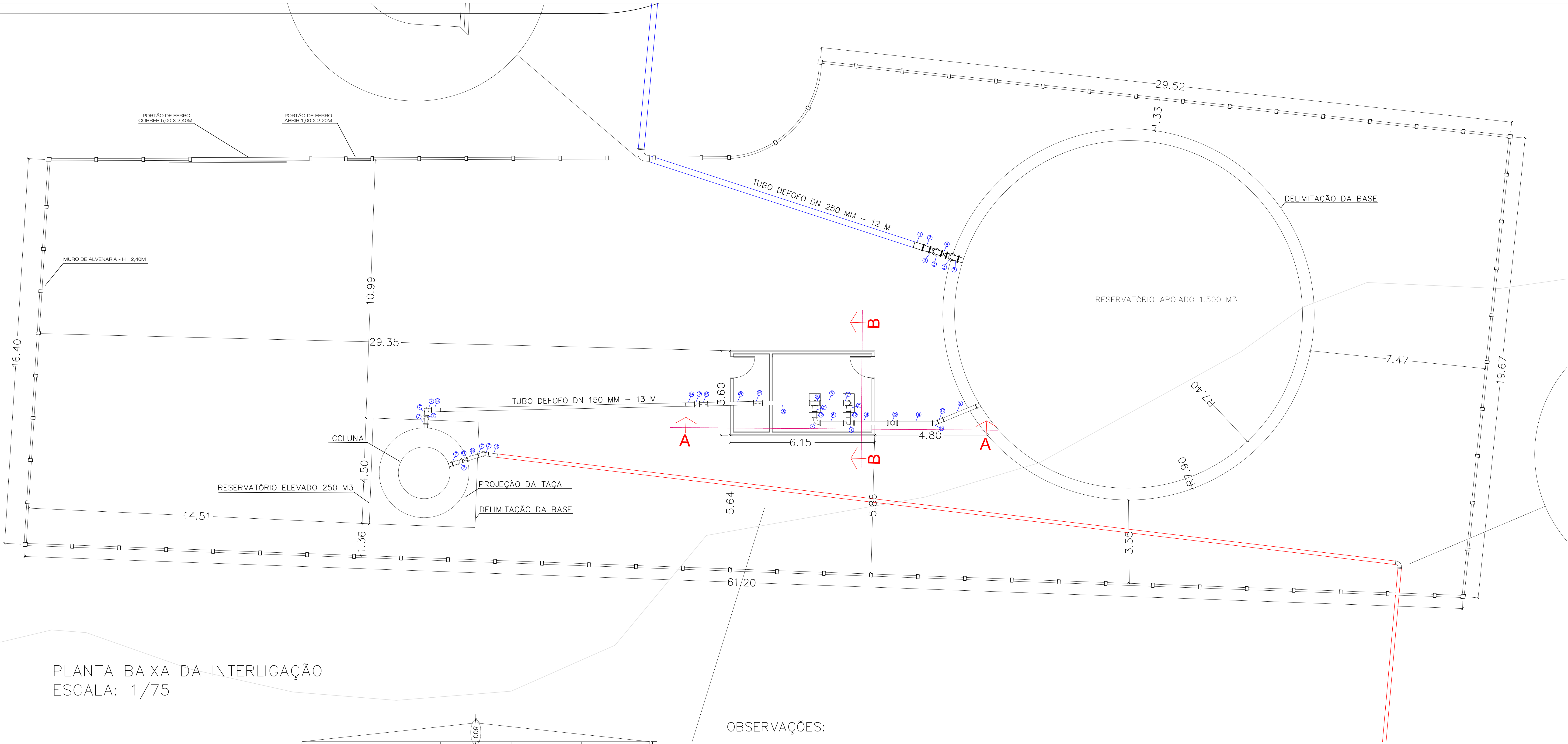
Proprietário

LUCAS SOARES ELEODORO  
DEPARTAMENTO DE ESGOTO E ÁGUA DE GUAÍRA  
CNPJ: 48.344.022/0001-03

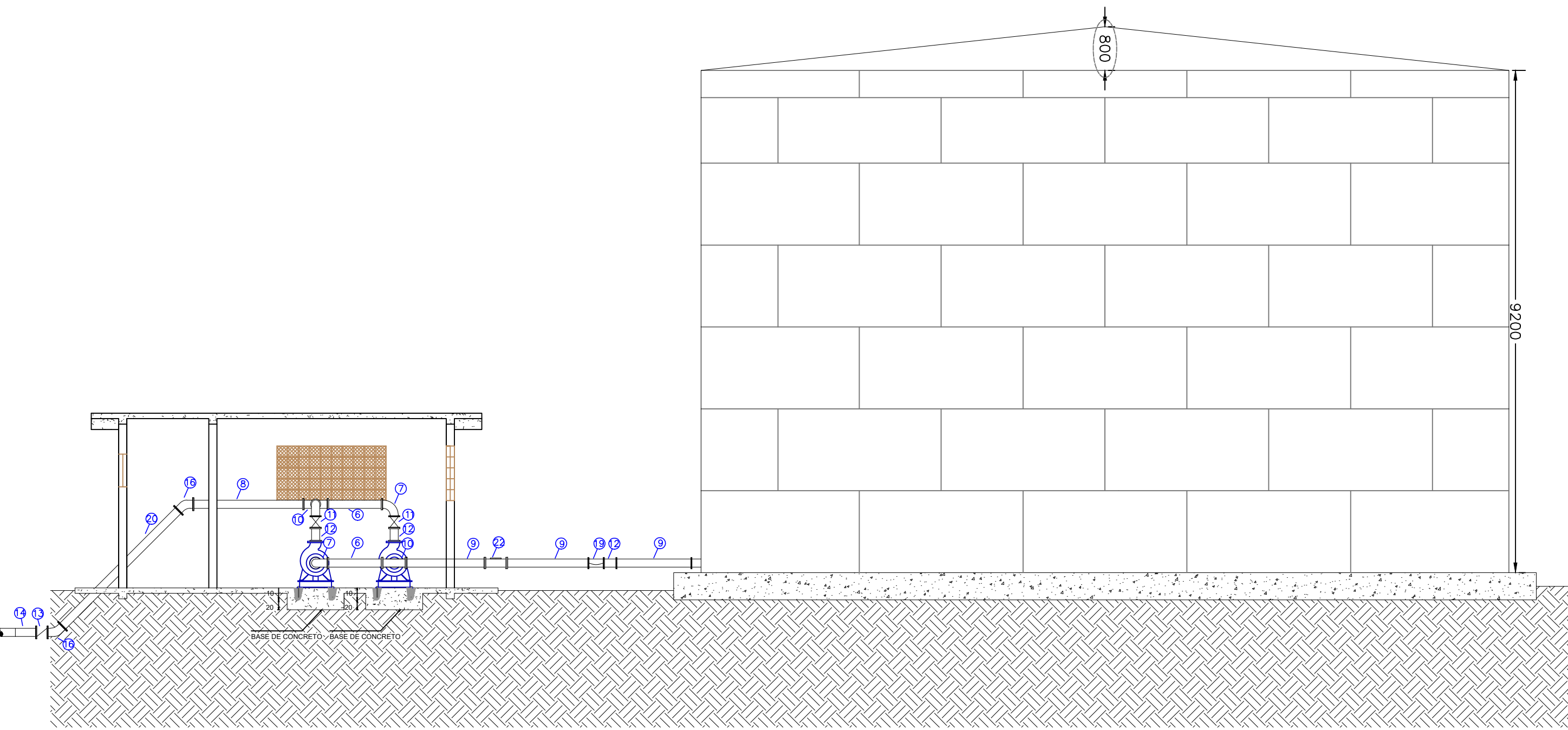
Engenheiro Civil:

ALINE MONTEIRO DOS SANTOS  
CREA/SP Nº. 5070405504  
ART Nº. 2620241923404

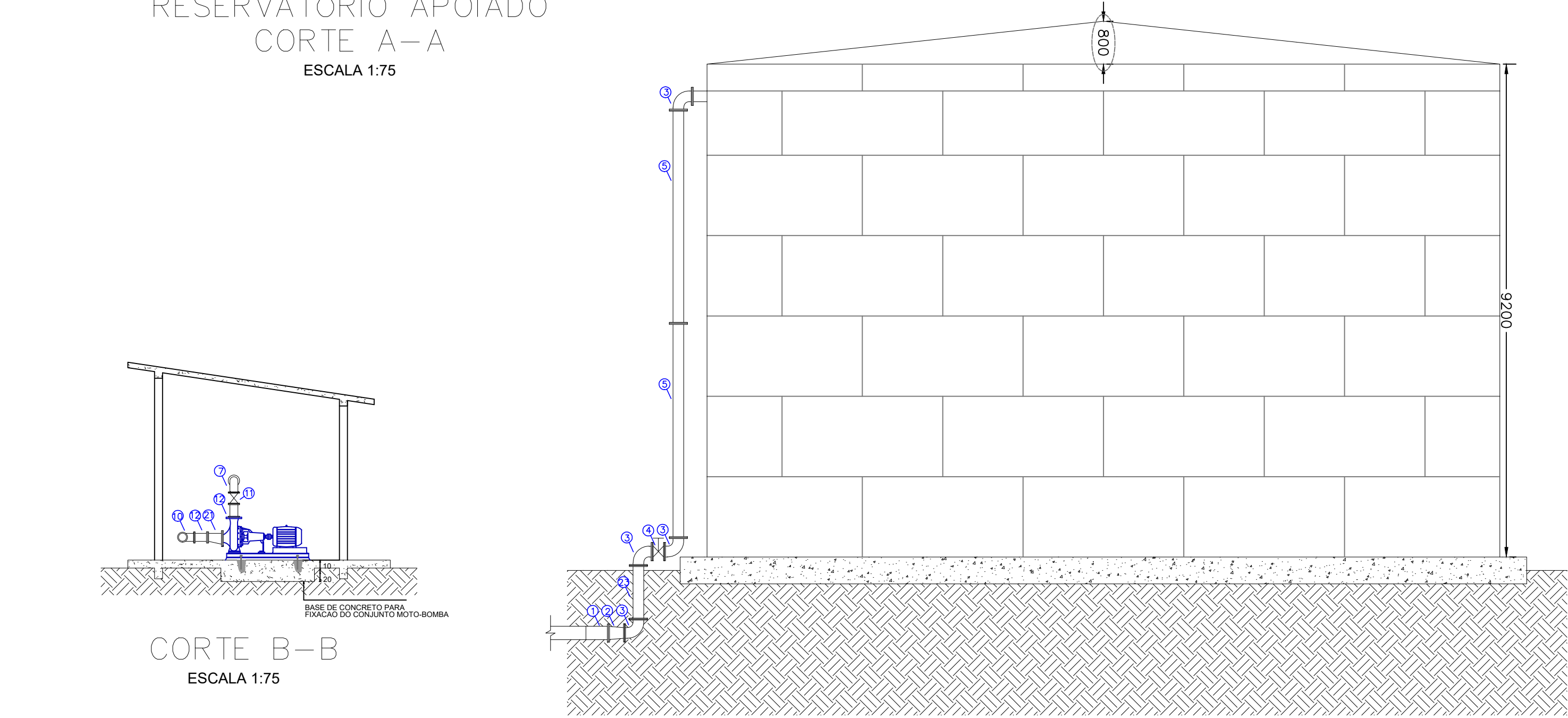




PLANTA BAIXA DA INTERLIGAÇÃO  
ESCALA: 1/75



TUBULAÇÃO DE SAÍDA DO  
RESERVATÓRIO APOIADO  
CORTE A-A  
ESCALA 1:75



CORTE B-B  
ESCALA 1:75

TUBULAÇÃO DE ENTRADA DO  
RESERVATÓRIO APOIADO  
ESCALA 1:75

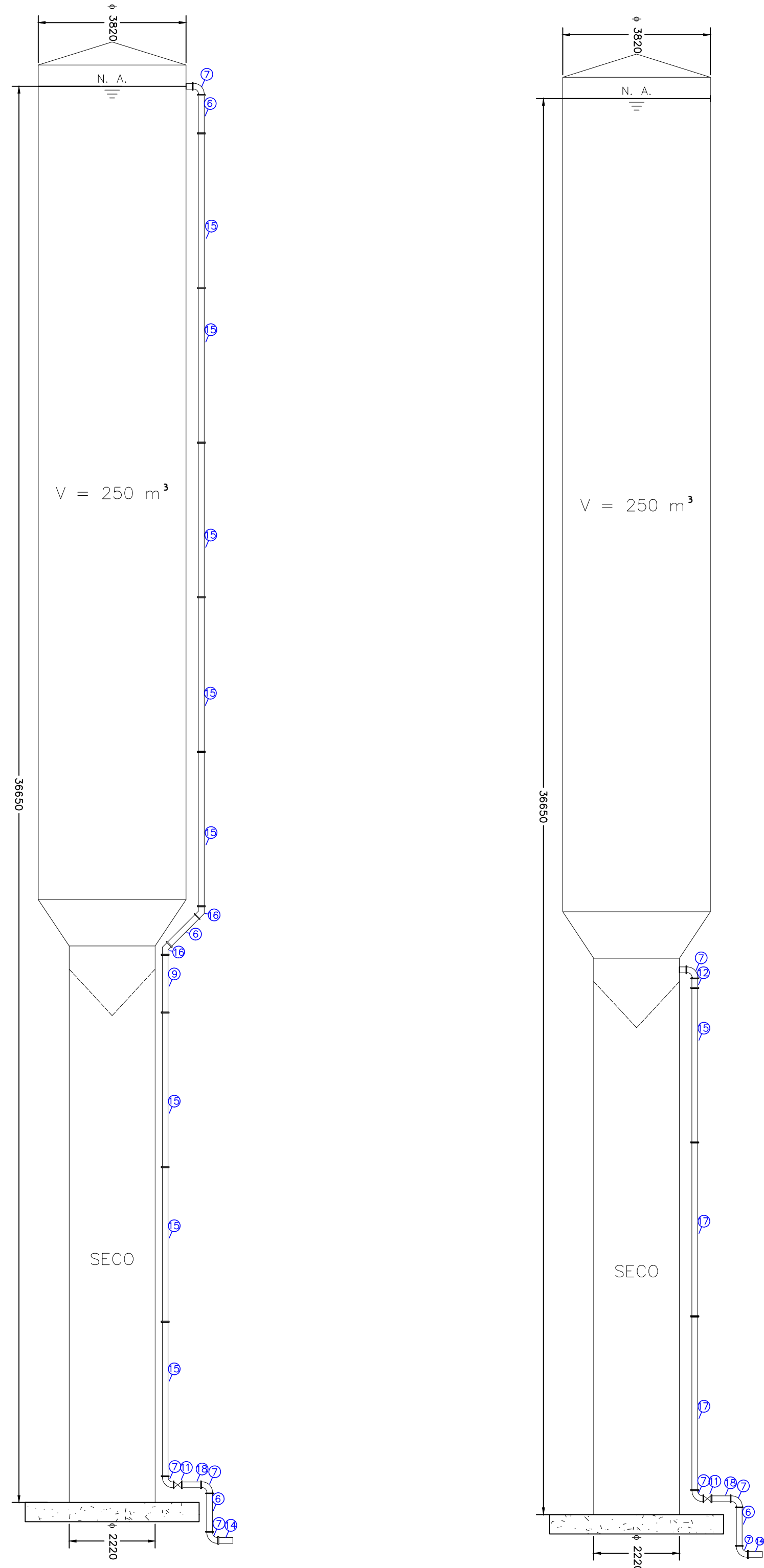
OBSERVAÇÕES:

- O ENCAIXE DE TODAS AS PEÇAS DEPENDERÁ DA CORRETA LOCAÇÃO DO RESERVATÓRIO APOIADO, CASA DE BOMBAS E RESERVATÓRIO ELEVADO.
- A INCLINAÇÃO DA SAÍDA DE ÁGUA DO RESERVATÓRIO APOIADO DEPENDERÁ DO ENCAIXE DAS PEÇAS, PARA CONEXÃO NOS CONJUNTOS MOTOR BOMBA.
- TODAS AS MEDIDAS DEVERÃO SER CONFERIDAS "IN LOCO".
- O QUANTITATIVO DE PEÇAS DEVERÁ SER CONFERIDO ANTES DO PROCESSO LICITATÓRIO, NÃO CABENDO ADITIVO POSTERIOR.

LEGENDA:

- VÁLVULA GAVETA C/FLANGES
- VÁLVULA DE RETENÇÃO C/FLANGES
- EXTREMIDADE FOFO FLANGE/PONTA
- REDUÇÃO CONCÊNTRICA FOFO C/ FLANGES
- REDUÇÃO EXCÊNTRICA FOFO C/ FLANGES
- TÊ FOFO C/ FLANGES
- CURVA DE 22°30' FOFO C/ FLANGES
- CURVA DE 45° FOFO C/ FLANGES
- CURVA DE 90° FOFO C/ FLANGES
- MACRO MEDIDOR DE VAZÃO

- ADUTORA 250mm PEAD / DEFOFO (PROJETADA)
- REDE DE DISTRIBUIÇÃO 150mm DEFOFO (PROJETADA)




TUBULAÇÃO DE ENTRADA DO  
RESERVATÓRIO ELEVADO  
ESCALA 1:100

TUBULAÇÃO DE SAÍDA  
DO RESERVATÓRIO  
ELEVADO  
ESCALA 1:100

LISTA DE PEÇAS HIDRÁULICAS:

1	EXTREMIDADE PONTA - FLANGE FOFO DN = 250 MM L = 420 MM	1
2	REDUÇÃO CONCÊNTRICA COM FLANGES PN10 FERRO FUNDIDO DN=250 X 200 MM	1
3	CURVA DE 90° FERRO FUNDIDO - DN 200 MM C/ FLANGES	4
4	VÁLVULA DE GAVETA FERRO FUNDIDO - DN 200 MM C/FLANGES	1
5	TUBO FERRO FUNDIDO - DN 200 MM - L = 4,0 M C/ FLANGES	2
6	TUBO COM FLANGE FERRO FUNDIDO - DN 150 MM - L = 100 CM	6
7	CURVA DE 90° DE FERRO FUNDIDO - DN 150 MM C/ FLANGES	10
8	TUBO COM FLANGE FERRO FUNDIDO - DN 150 MM - L = 2,0 M	1
9	TUBO COM FLANGE FERRO FUNDIDO - DN 150 MM - L = 150 CM	4
10	TÊ COM FLANGES PN10/16 FERRO FUNDIDO DN=150 X 150 MM	2
11	VÁLVULA GAVETA FERRO FUNDIDO DN 150 MM C/ FLANGES	4
12	TOCO FERRO FUNDIDO - DN 150 MM - L = 25 CM C/ FLANGES	6
13	VÁLVULA DE RETENÇÃO WAFER - 150 MM C/ FLANGES	1
14	EXTREMIDADE DE FERRO FUNDIDO DN 150 MM C/ FLANGES	1
15	TUBO COM FLANGES DE FERRO FUNDIDO DN 150 - L = 4,0	8
16	CURVA 45° C/ FLANGES FERRO FUNDIDO DN=150 MM	4
17	TUBO COM FLANGES DE FERRO FUNDIDO DN 150 - L = 4,5 M	2
18	TUBO COM FLANGES DE FERRO FUNDIDO DN = 150 - L = 0,50 M	2
19	CURVA 22°30' C/ FLANGES DE FERRO FUNDIDO DN 150 MM	1
20	TUBO COM FLANGES DE FERRO FUNDIDO DN 150 - L = 3,0 M	1
21	REDUÇÃO EXCÊNTRICA C/ FLANGES FERRO FUNDIDO DN 200X 150 MM	2
22	MACROMEDIDOR DE VAZÃO DN 150 MM	1
23	TUBO FERRO FUNDIDO - DN 200 MM - L = 1,0 M C/ FLANGES	1



DEPARTAMENTO DE ESGOTO E ÁGUA DE GUAÍRA  
CNPJ: 48.344.022/0001-03

DEAGUA

DEPARTAMENTO DE ESGOTO E ÁGUA DE GUAÍRA  
CNPJ: 48.344.022/0001-03

Projeto

**AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO DO ACESSO III, COM CONSTRUÇÃO DE ADUTORA, RESERVATÓRIO APOIADO DE 1500 M³ E RESERVATÓRIO ELEVADO DE 250 M³**

Localização

GUAÍRA/SP

Título

ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Código

Folha

01

Assunto

PLANTA DE INTERLIGAÇÃO HIDRÁULICA

Escala

Nominal

INDICADA

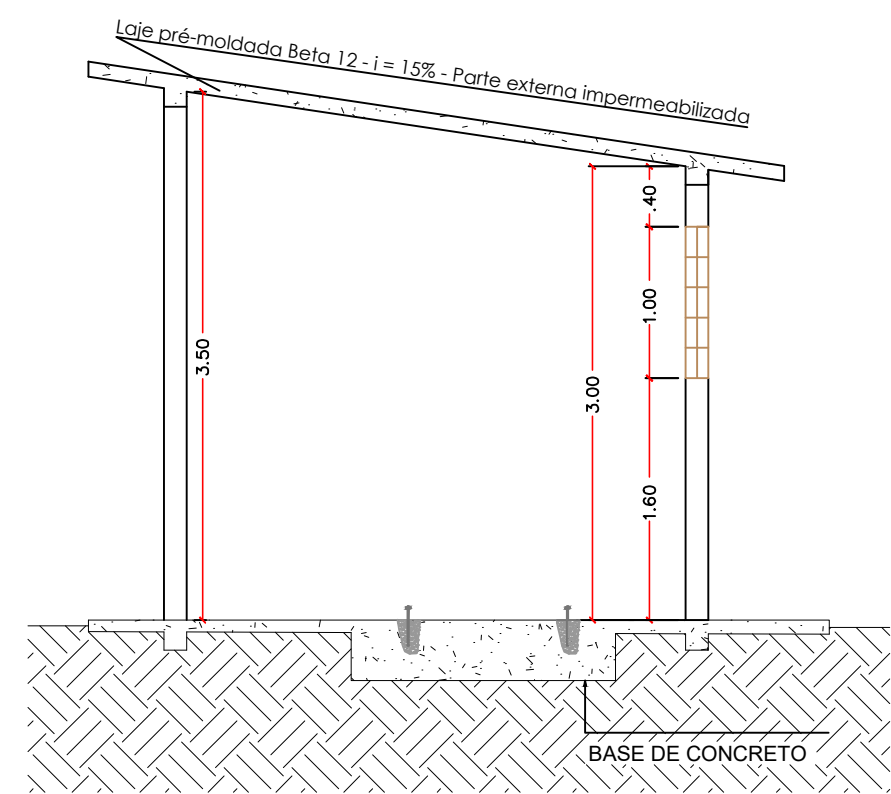
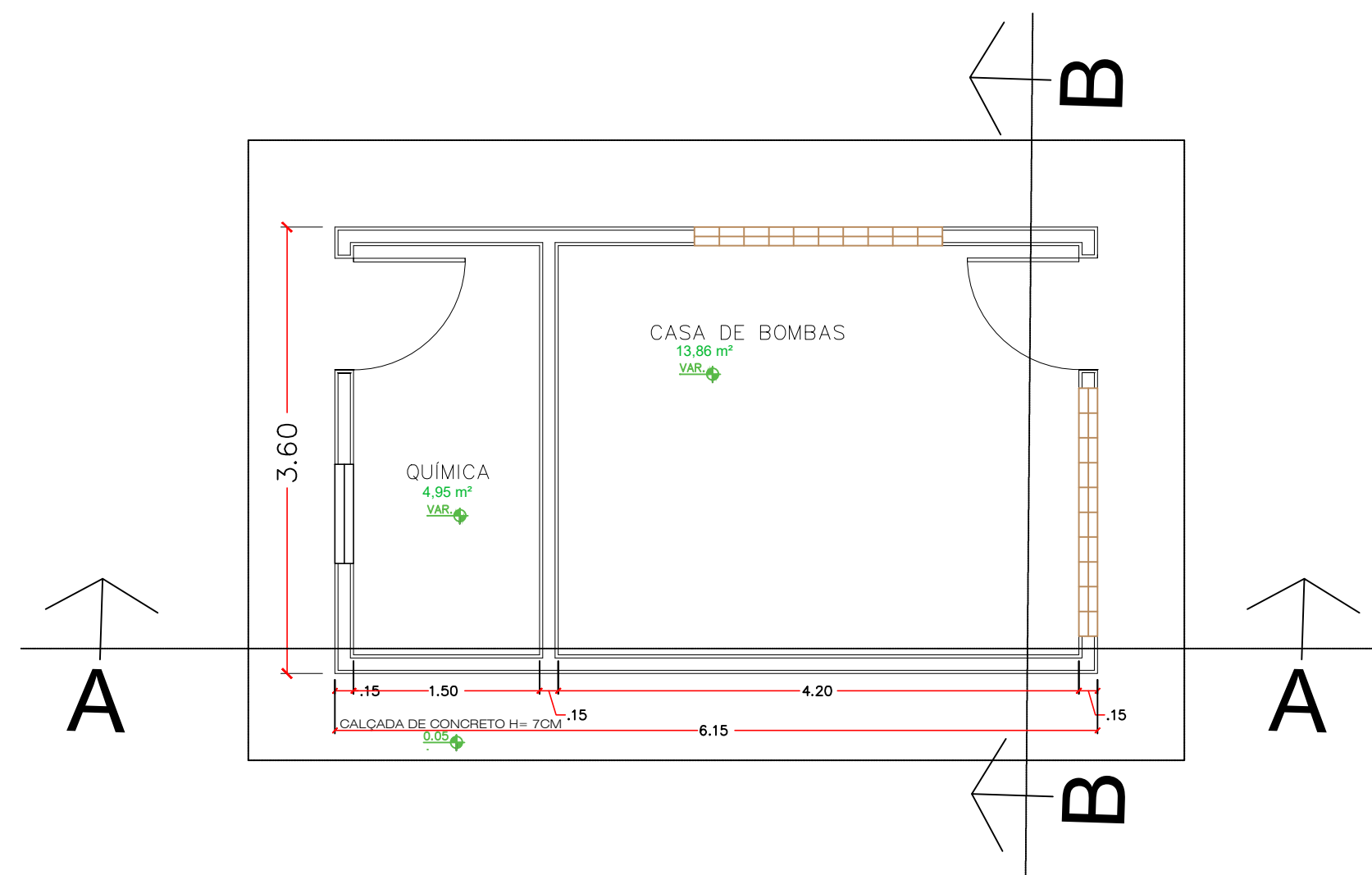
Proprietário

LUCAS SOARES ELEODORO  
DEPARTAMENTO DE ESGOTO E ÁGUA DE GUAÍRA  
CNPJ: 48.344.022/0001-03

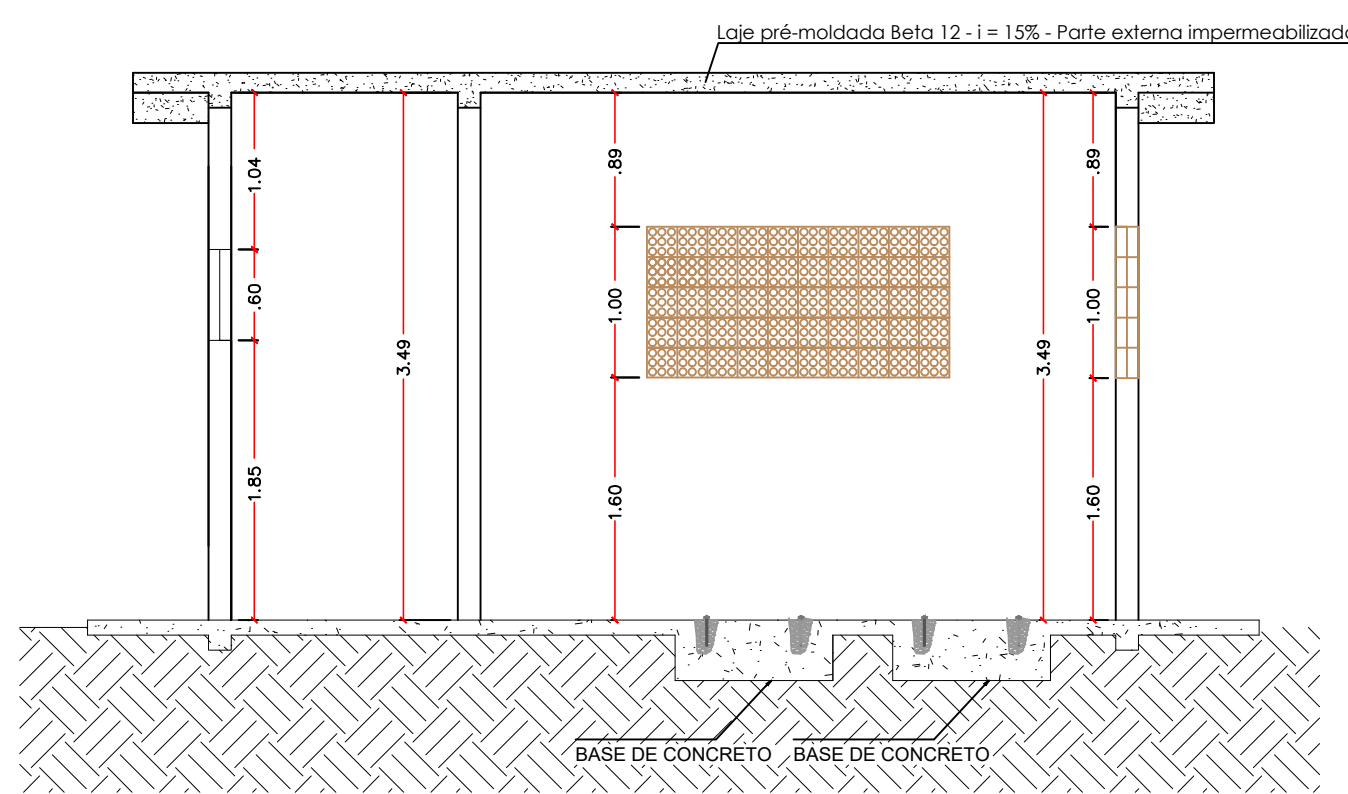
Engenheiro Civil:

ALINE MONTEIRO DOS SANTOS  
CREA/SP Nº. 5070405504  
ART Nº. 2620241923404





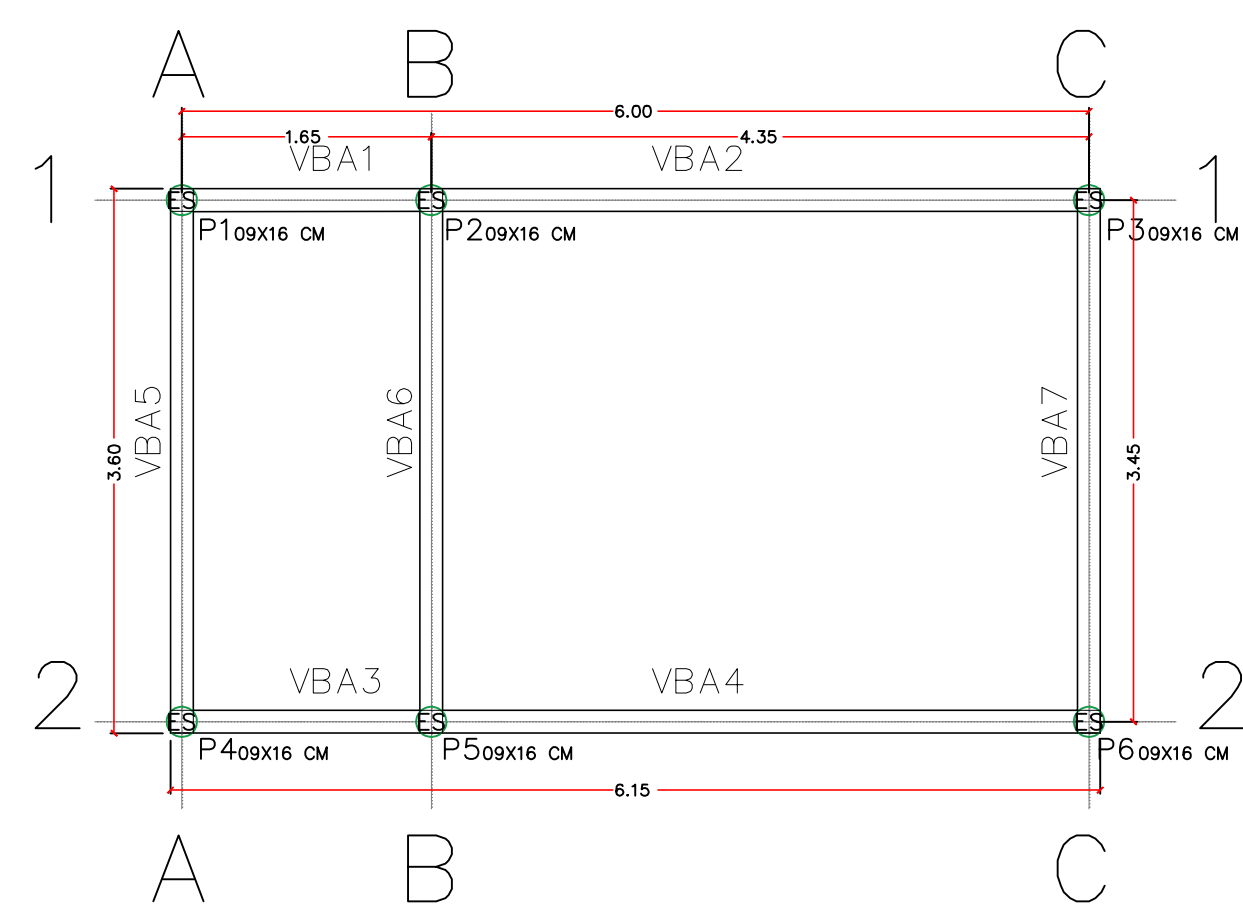
CORTE B-B  
ESCALA 1:50



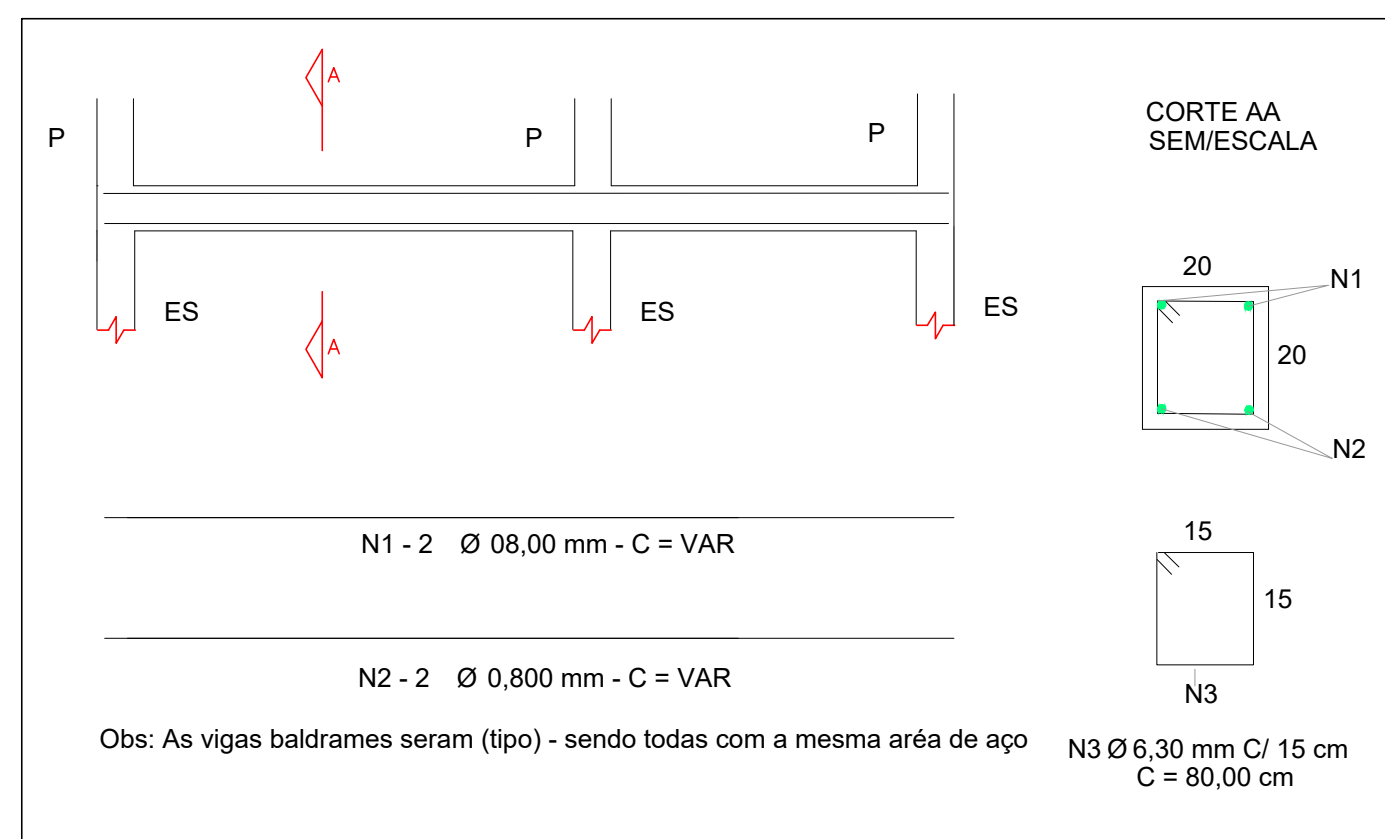
CORTE A-A  
ESCALA 1:50

OBSERVAÇÕES:

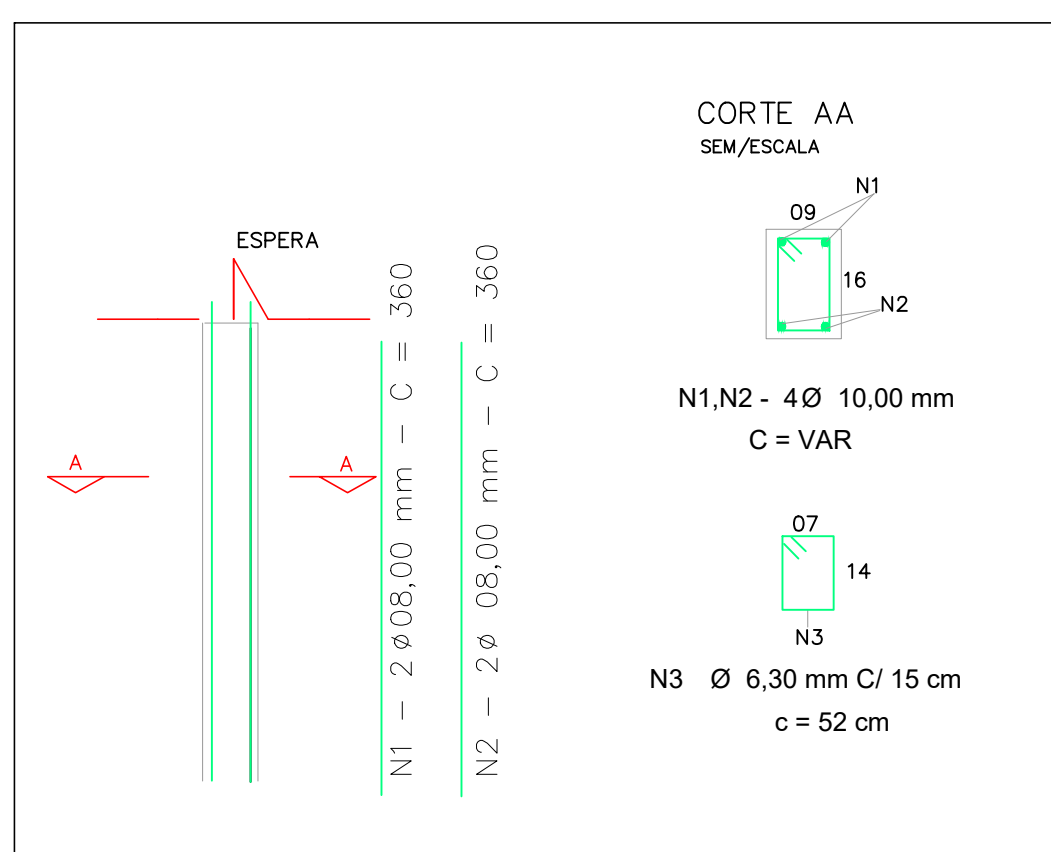
- A LOCAÇÃO DE TODOS OS ELEMENTOS DEVEM SER CONFERIDAS "IN LOCO".
- O COTA DO PISO DA CASA DE BOMBAS DEVE SER CONFERIDO DE ACORDO COM AS COTAS DAS BASES DOS RESERVATÓRIOS, A FIM DE GARANTIR O ENCAIXE DAS PEÇAS HIDRÁULICAS.
- A BASE DAS BOMBAS DEVERÁ SER DETERMINADA DE ACORDO COM A MARCA E MODELO DE BOMBA QUE FOR INSTALADO.



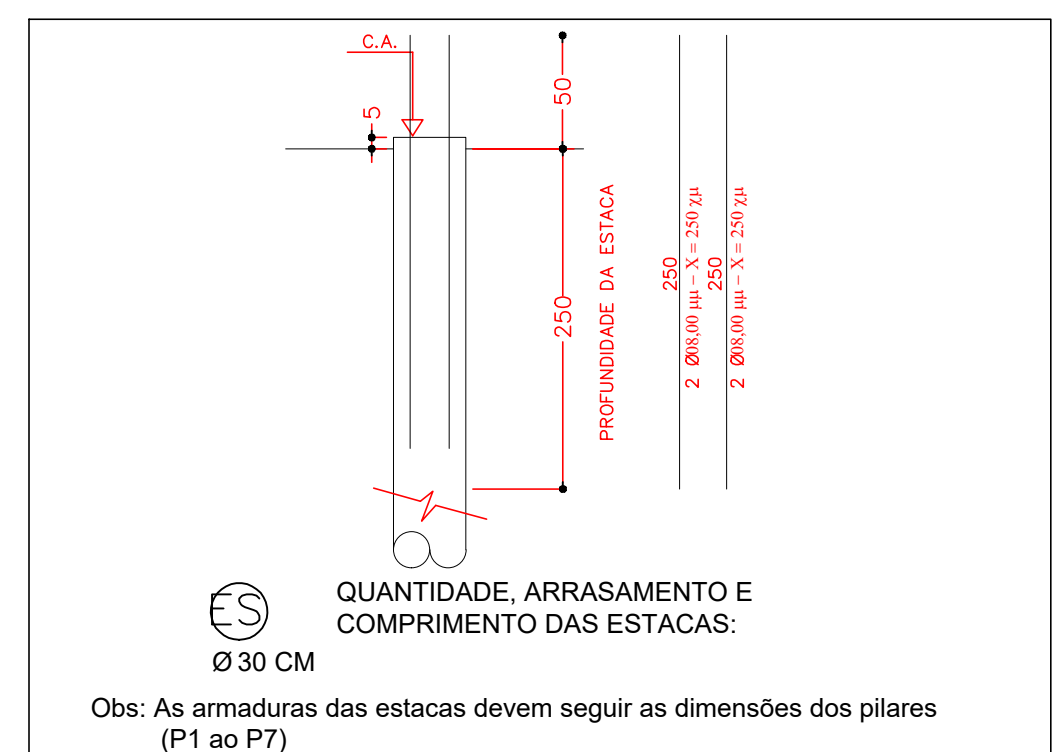
PLANTA DE LOCAÇÃO CASA QUÍMICA  
Estacas, pilares e baldramas  
Escala = 1/50



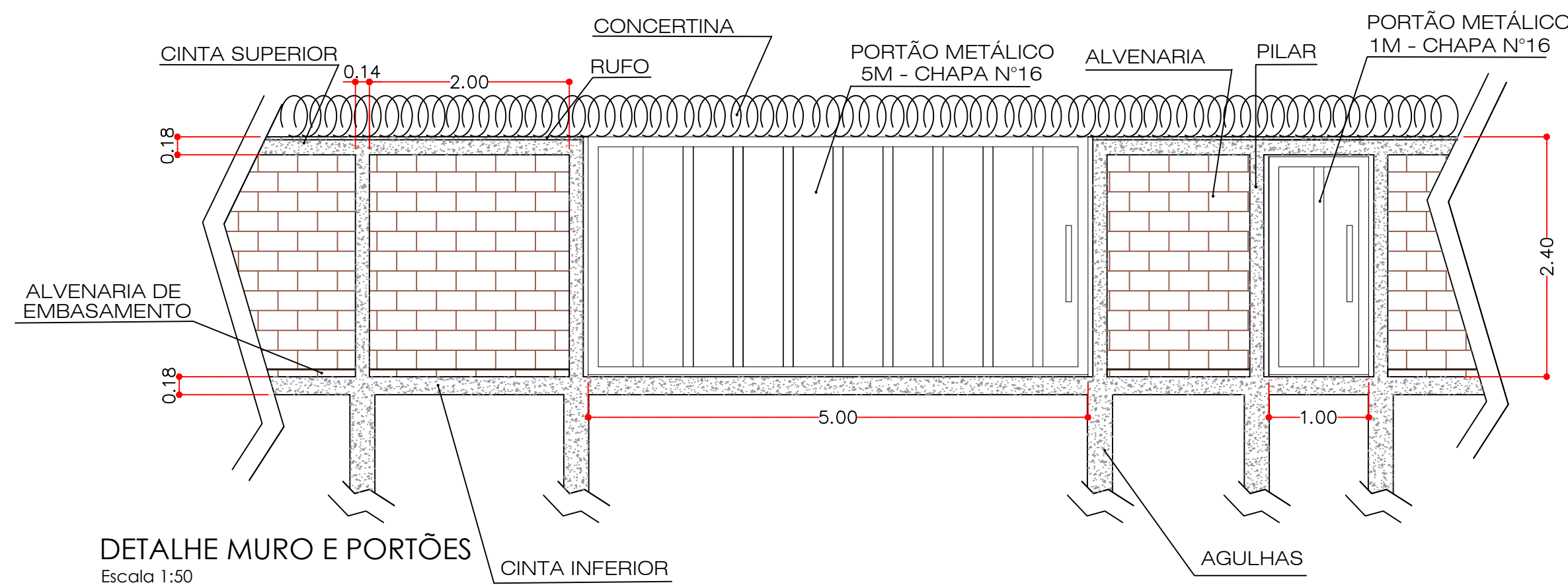
BALDRAME TIPO :  
Dimensões: 20 x 20 cm (VB1 AO VB7)  
VBA  
ESCALA = SEM



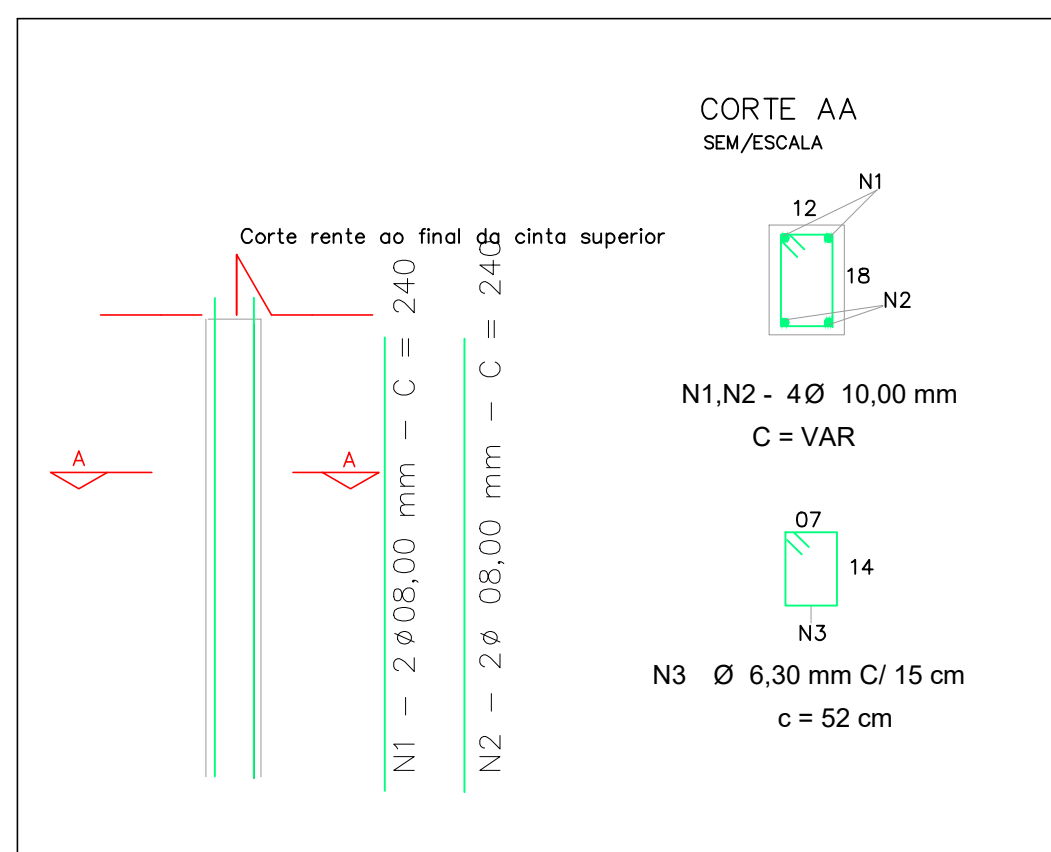
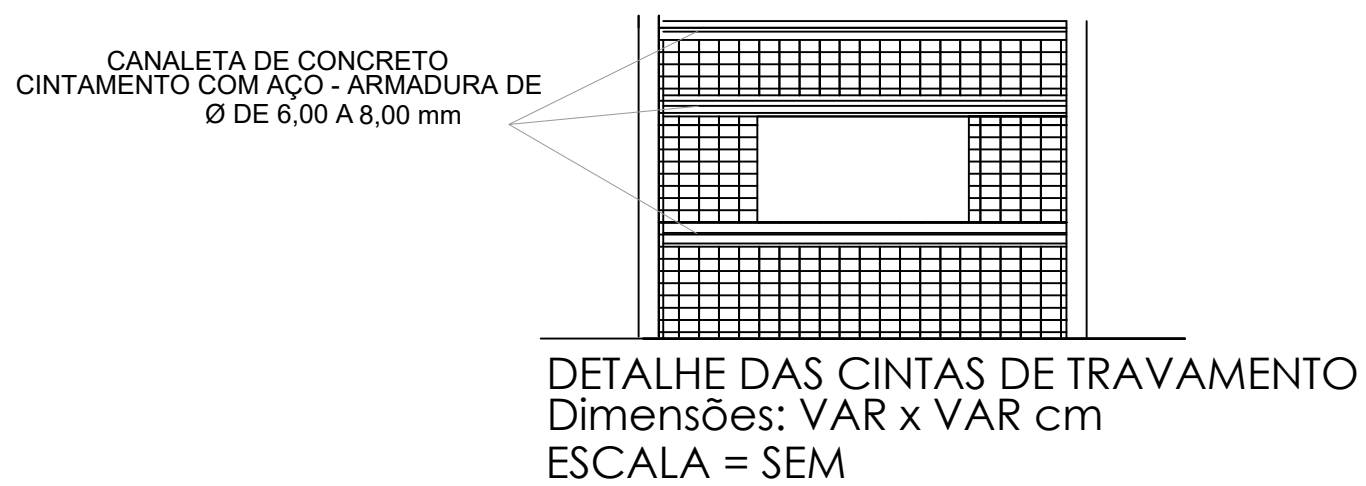
PILAR TIPO  
DIMENSÕES: 09 X 16 CM (P1 AO P6)  
ESCALA = SEM



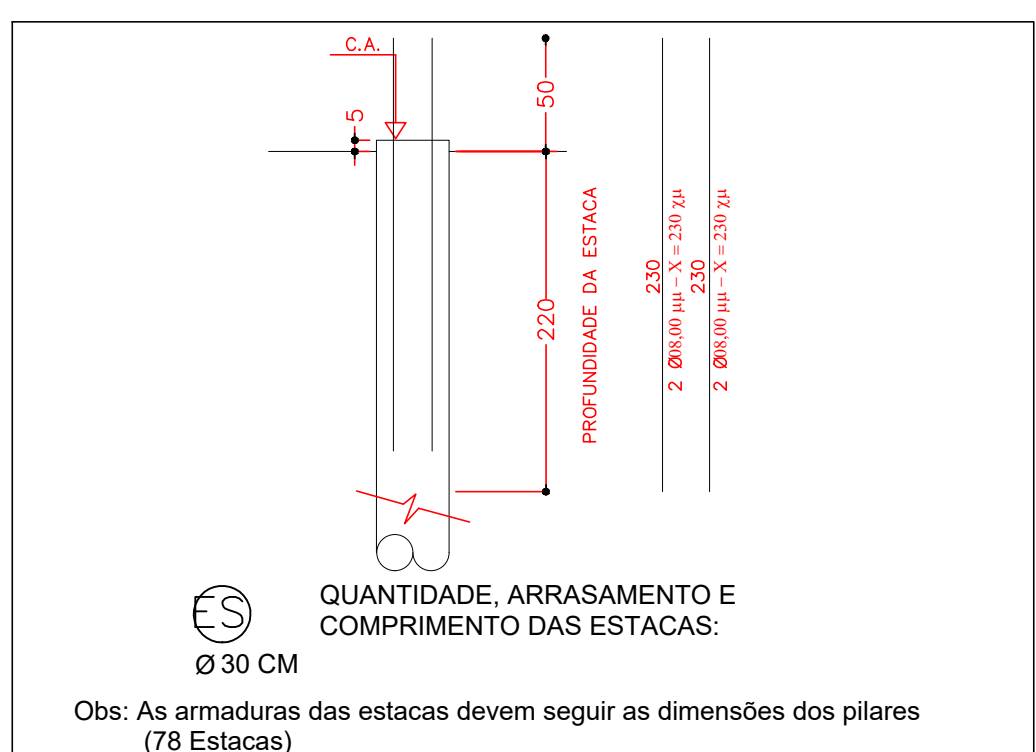
CORTE ESQUEMÁTICO DAS ESTACAS DE FUNDAÇÃO  
DIMENSÕES: 30CM  
ESCALA = SEM



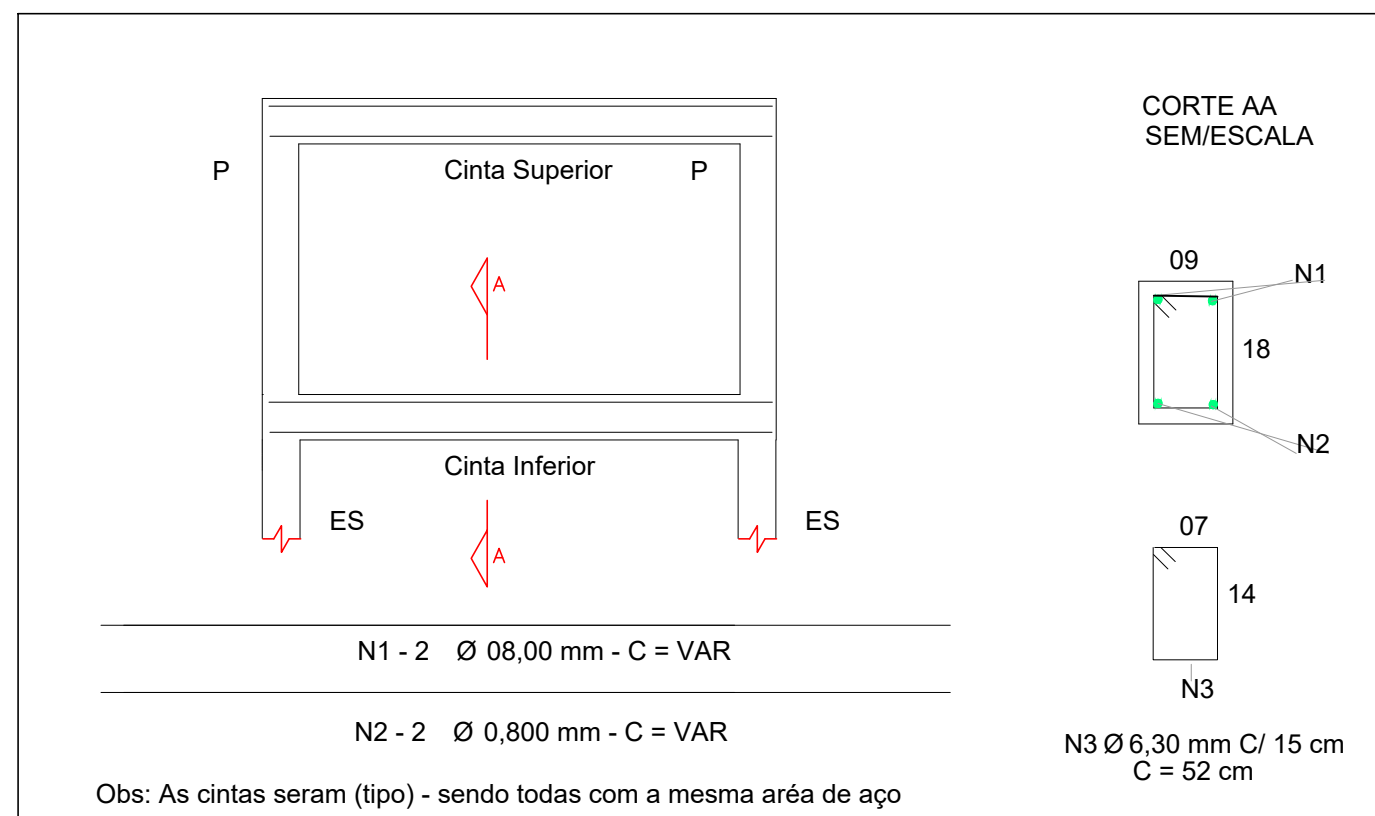
DETALHE MURO E PORTÕES  
Escala 1:50




PILAR TIPO  
DIMENSÕES: 12 X 18 CM (82 PILARES / MURO)  
ESCALA = SEM



CORTE ESQUEMÁTICO DAS ESTACAS DE FUNDAÇÃO PARA MURO  
DIMENSÕES: 30CM  
ESCALA = SEM



CINTA INF. E SUPERIOR TIPO (Muro) :  
Dimensões: 09 x 18 cm  
ESCALA = SEM

<div><div>DEPARTAMENTO DE ESGOTO E ÁGUA DE GUAÍRA CNPJ: 48.344.022/0001-03 Rua 12, nº 315 – Centro- Guaiúba-SP – CEP: 14.790-000 - Fone: (17) 3330-1500 www.deagua.com.br e-mail: deagua@deagua.com.br</div></div>		
IDENTIFICAÇÃO		
Projeto		
AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO DO ACESSO III, COM CONSTRUÇÃO DE ADUTORA, RESERVATÓRIO APOIADO DE 1500 M³ E RESERVATÓRIO ELEVADO DE 250 M³		
Localização		
GUAÍRA/SP		
Título	Código	Folha
ABASTECIMENTO DE ÁGUA		01
Assunto	Escala Nominal	
DETALHAMENTO OBRAS CIVIS	INDICADA	
Proprietário		
LUCAS SOARES ELEODORO DEPARTAMENTO DE ESGOTO E ÁGUA DE GUAÍRA CNPJ: 48.344.022/0001-03		
Engenheiro Civil:		
ALINE MONTEIRO DOS SANTOS CREA/SP Nº. 5070405504 ART Nº. 2620241923404		



ATSEL ENGENHARIA LTDA

R JOAQUIM MACHADO, 196 STA JULIA OLIMPIA-SP CEP 15402-075  
OLÍMPIA    SÃO PAULO  
Tel        +55 17 3281 9807

Cliente

Descrição do projeto

PAINEL RECALQUE ÁGUA-DEAGUA

Número de desenho

588/24

Responsável pelo projeto

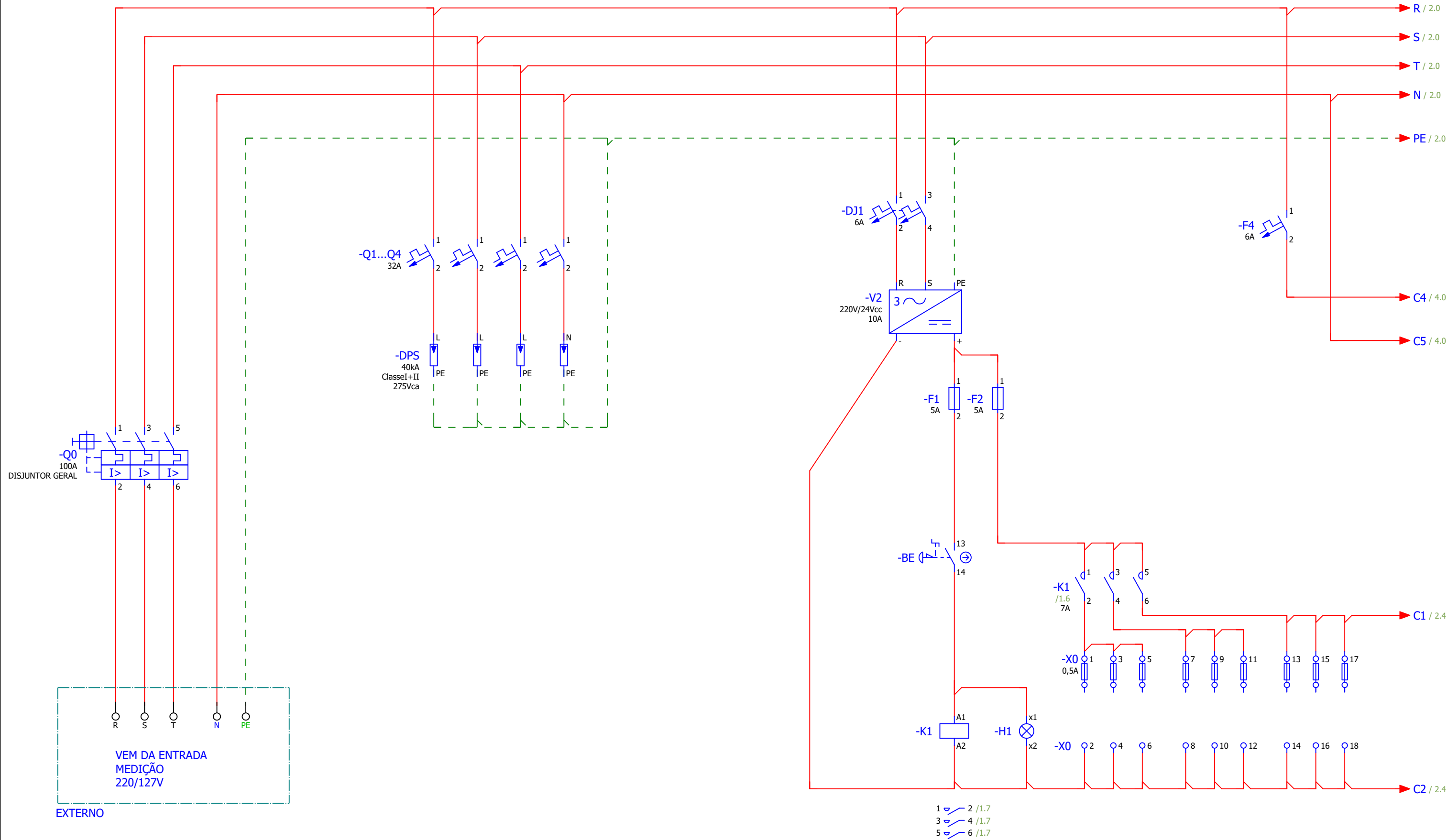
Criado em                    14/08/2024

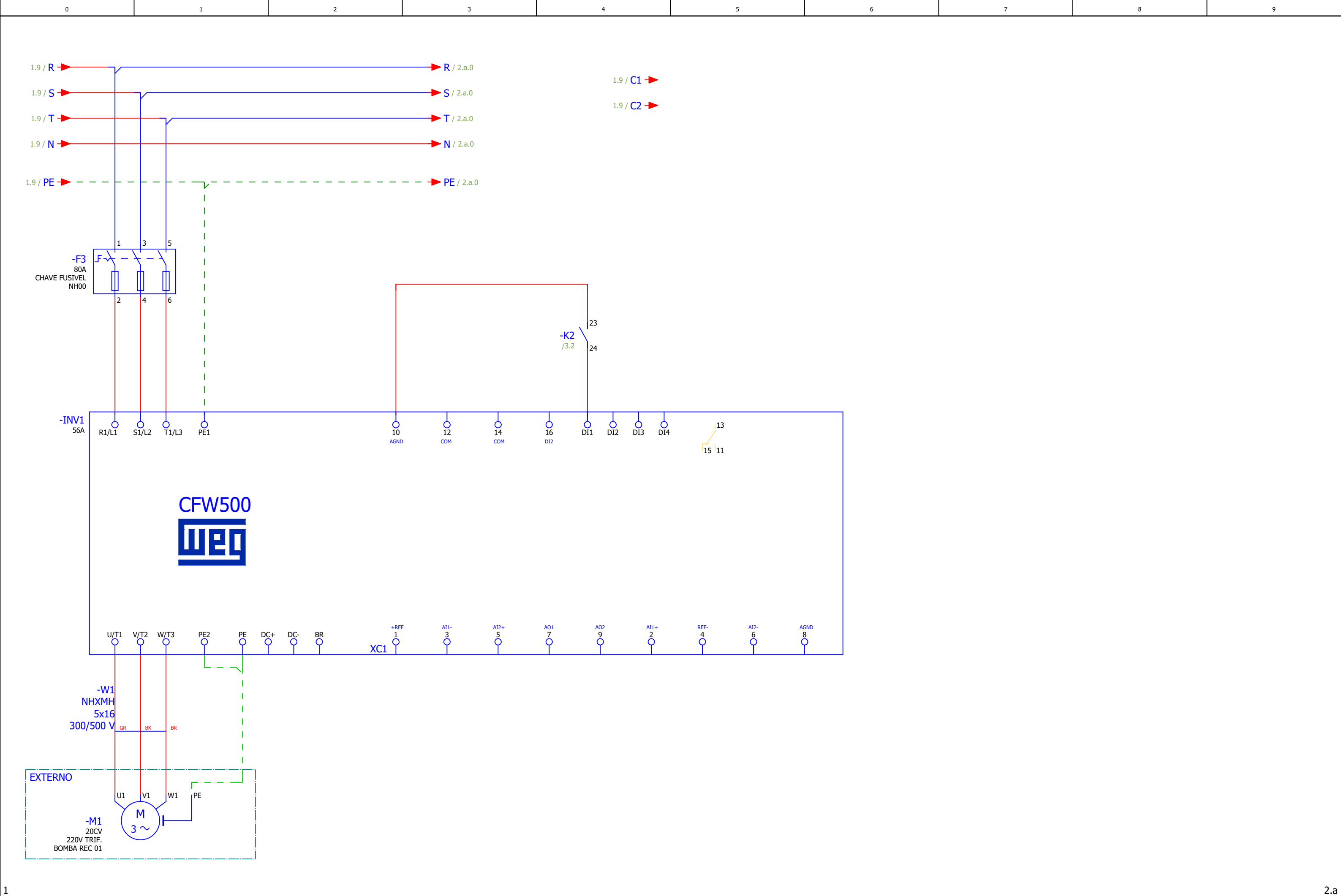
Editado em                 26/08/2024

Quantidade de páginas                    9

			Data	26/08/2024	PE-0588-24		ATSEL ENGENHARIA LTDA	Capa			= CA1	
			Editor	Icalve							+ EAA	
			Verif						PAINEL RECALQUE ÁGUA-DEAGUA			588/24
Alteração	Data	Nome	Orig		Em substituição de	Substituído por				Página	1 / 9	

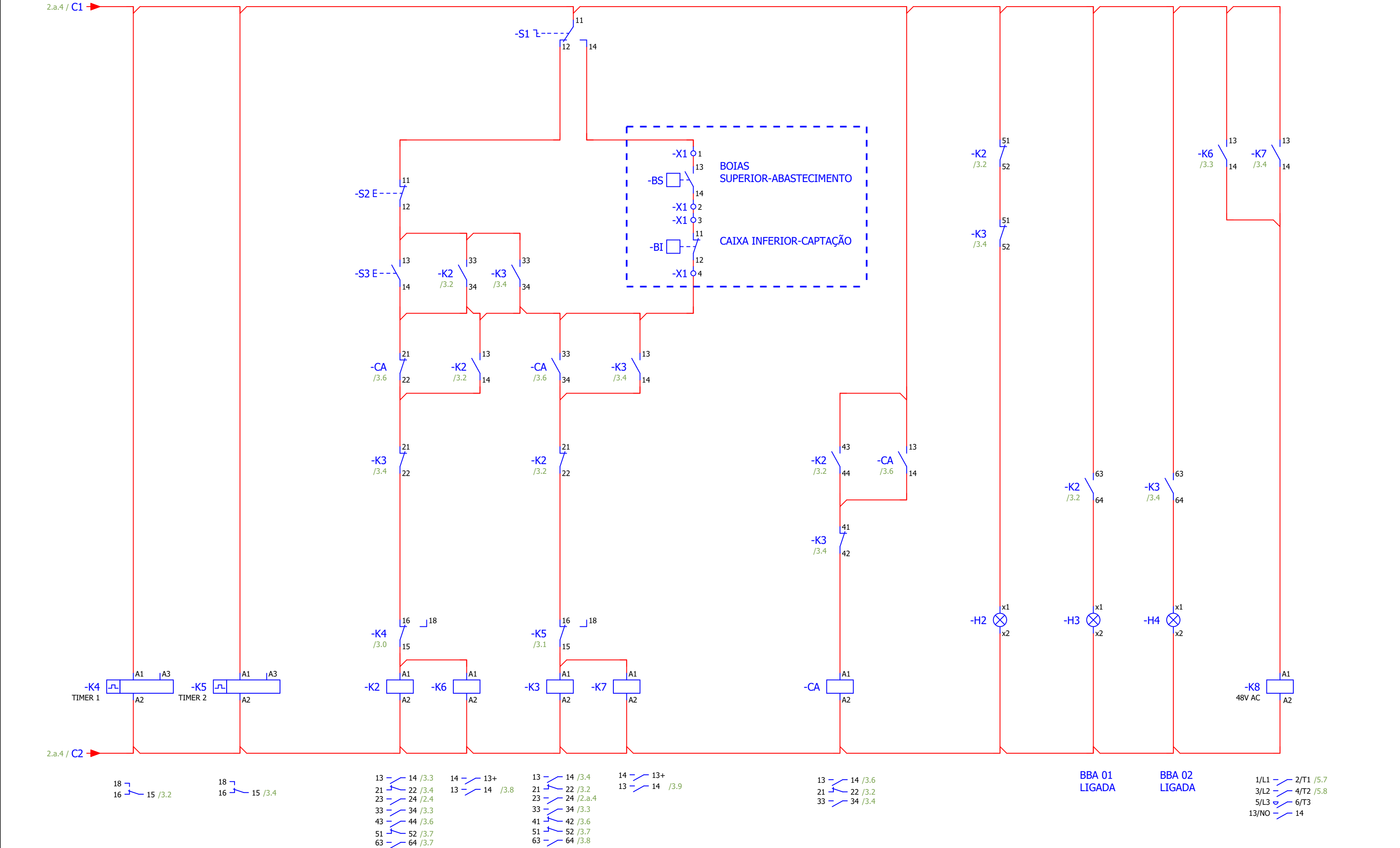
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Índice									
Coluna X: uma página gerada automaticamente foi alterada manualmente								F06_001	
Página		Descrição da página			Campo suplementar de páginas		Data	Editor	X
=CA1+EAA/1		Capa					26/08/2024	Icalve	X
=CA1+EAA/2		Índice : =CA1+EAA/1 - =PAN1+A1/6					26/08/2024	Icalve	
=PAN1+A1/1		DIAGRAMA FORÇA					26/08/2024	Icalve	
=PAN1+A1/2		DIAGRAMA FORÇA MOTORES					26/08/2024	Icalve	
=PAN1+A1/2.a		DIAGRAMA FORÇA MOTORES					26/08/2024	Icalve	
=PAN1+A1/3		DIAGRAMA COMANDOS					26/08/2024	Icalve	
=PAN1+A1/4		DIAGRAMA COMANDOS					26/08/2024	Icalve	
=PAN1+A1/5		DIAGRAMA COMANDOS					26/08/2024	Icalve	
=PAN1+A1/6		LAYOUT					26/08/2024	Icalve	



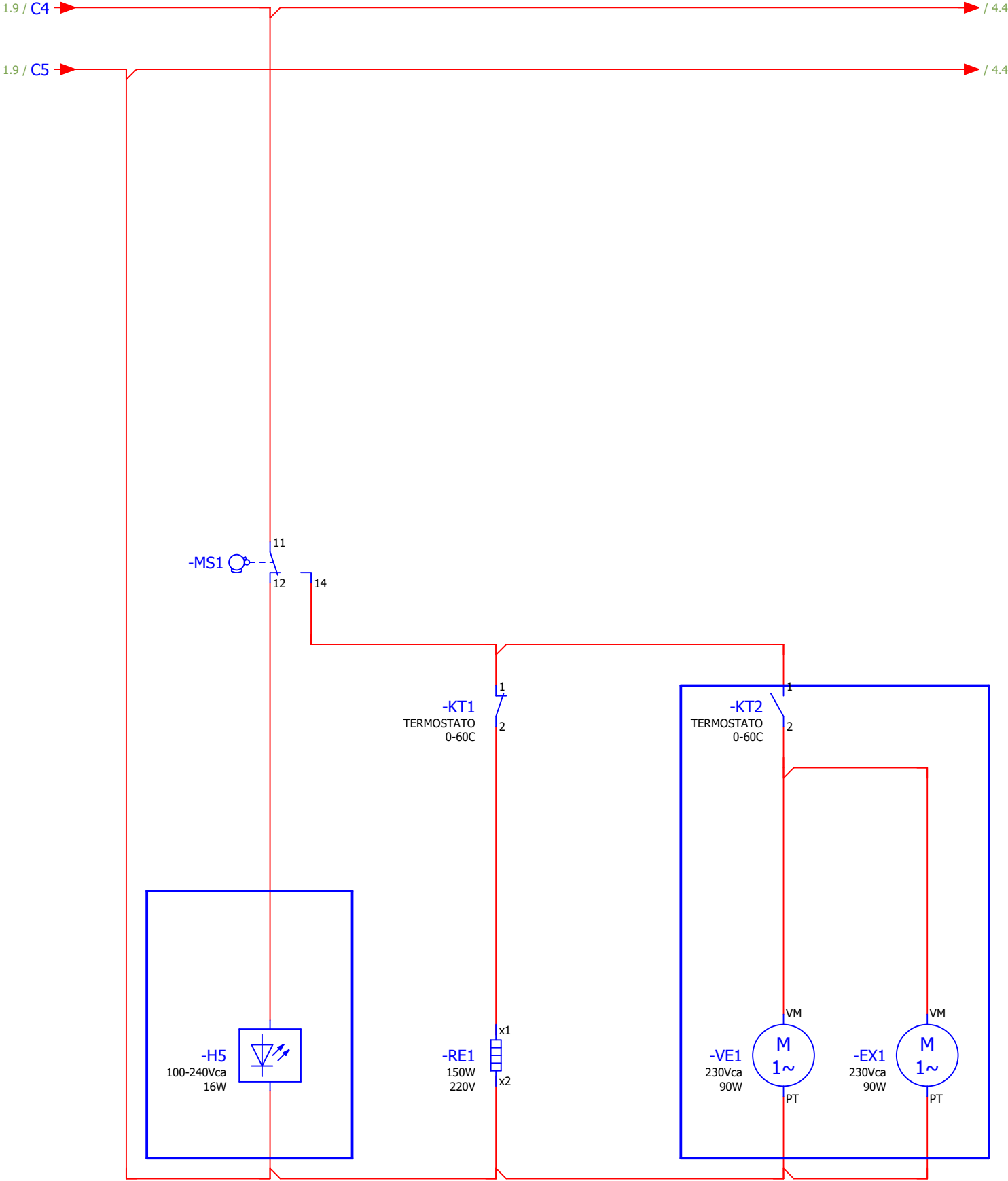


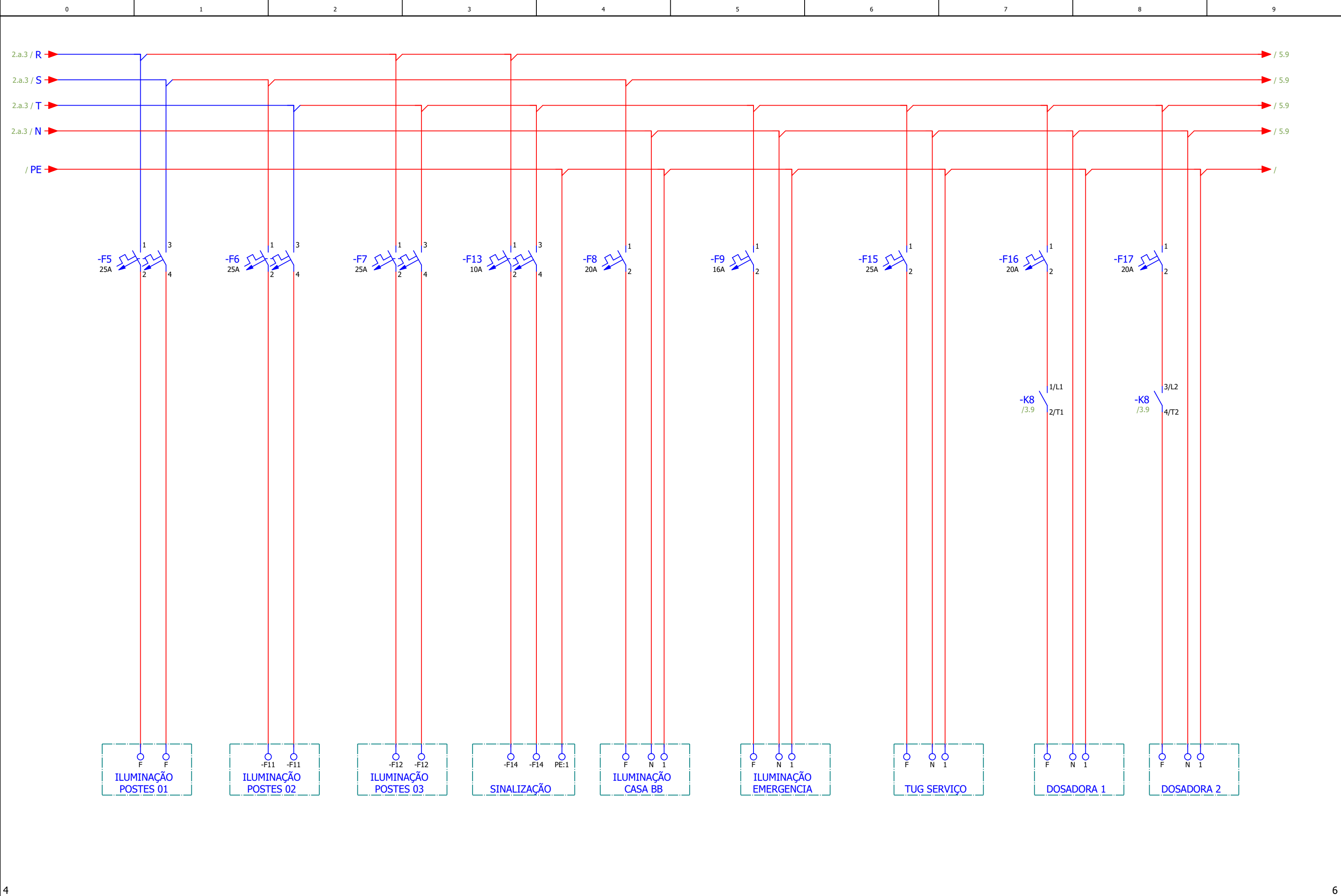


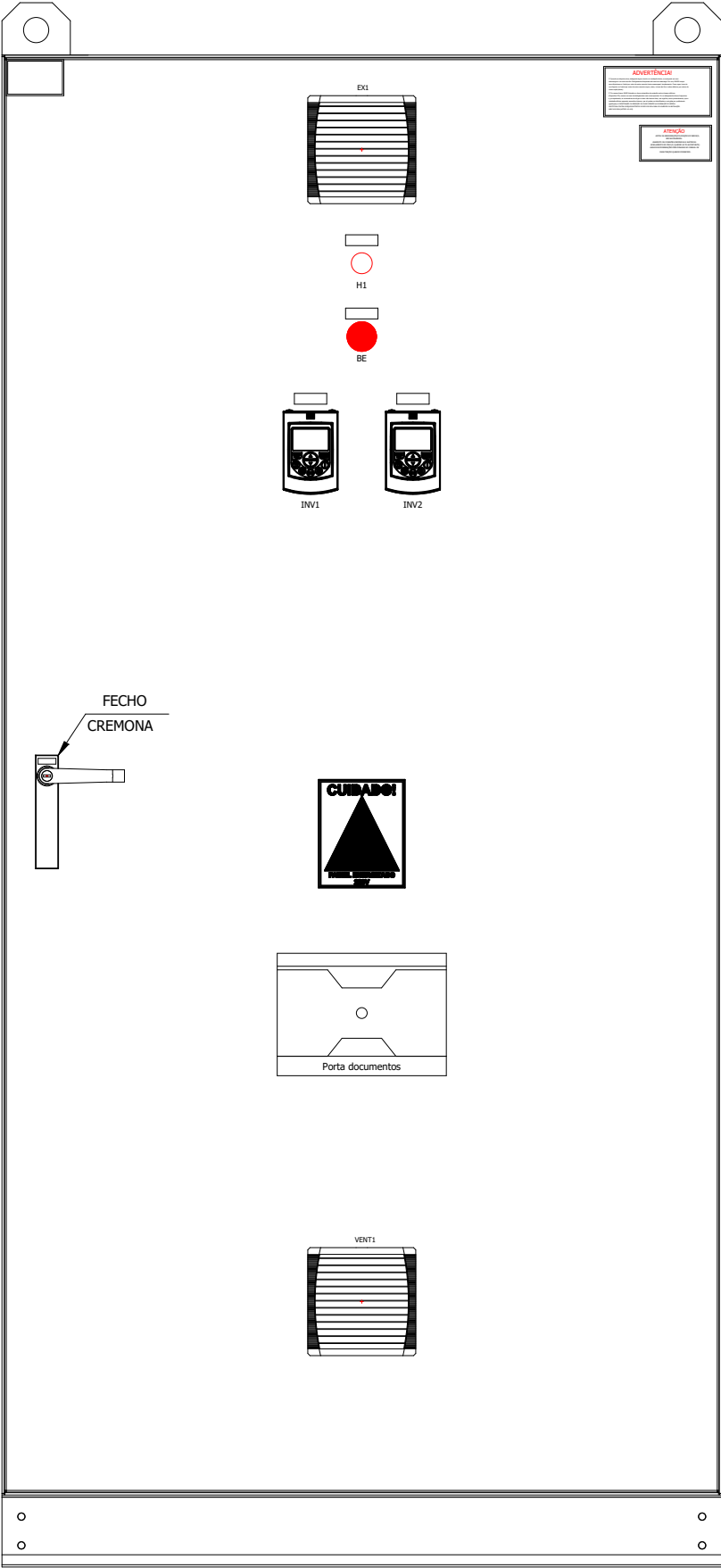




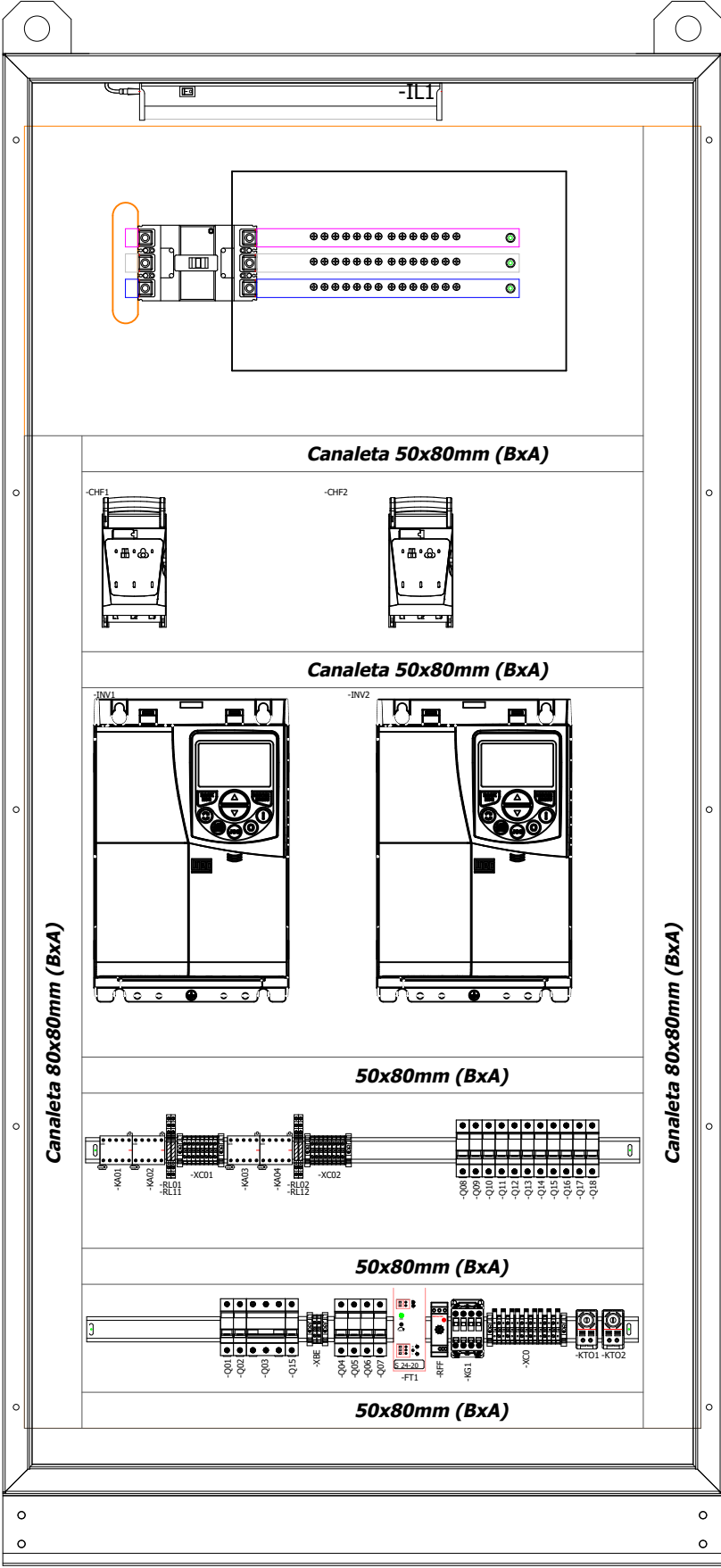
			Data	26/08/2024	PE-0588-24 PAINEL RECALQUE ÁGUA-DEAGUA		ATSEL ENGENHARIA LTDA	DIAGRAMA COMANDOS	= PAN1	
			Editor	Icalve					+ A1	
			Verif							
Alteração	Data	Nome	Orig		Em substituição de	Substituído por			588/24	Folha 4
										Página 7 / 9





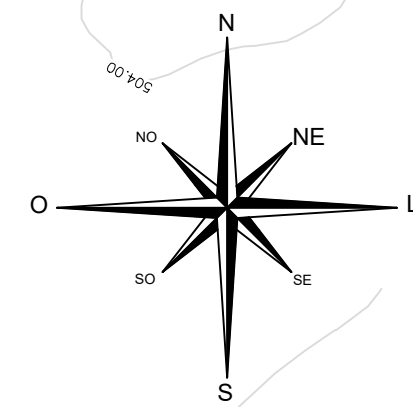
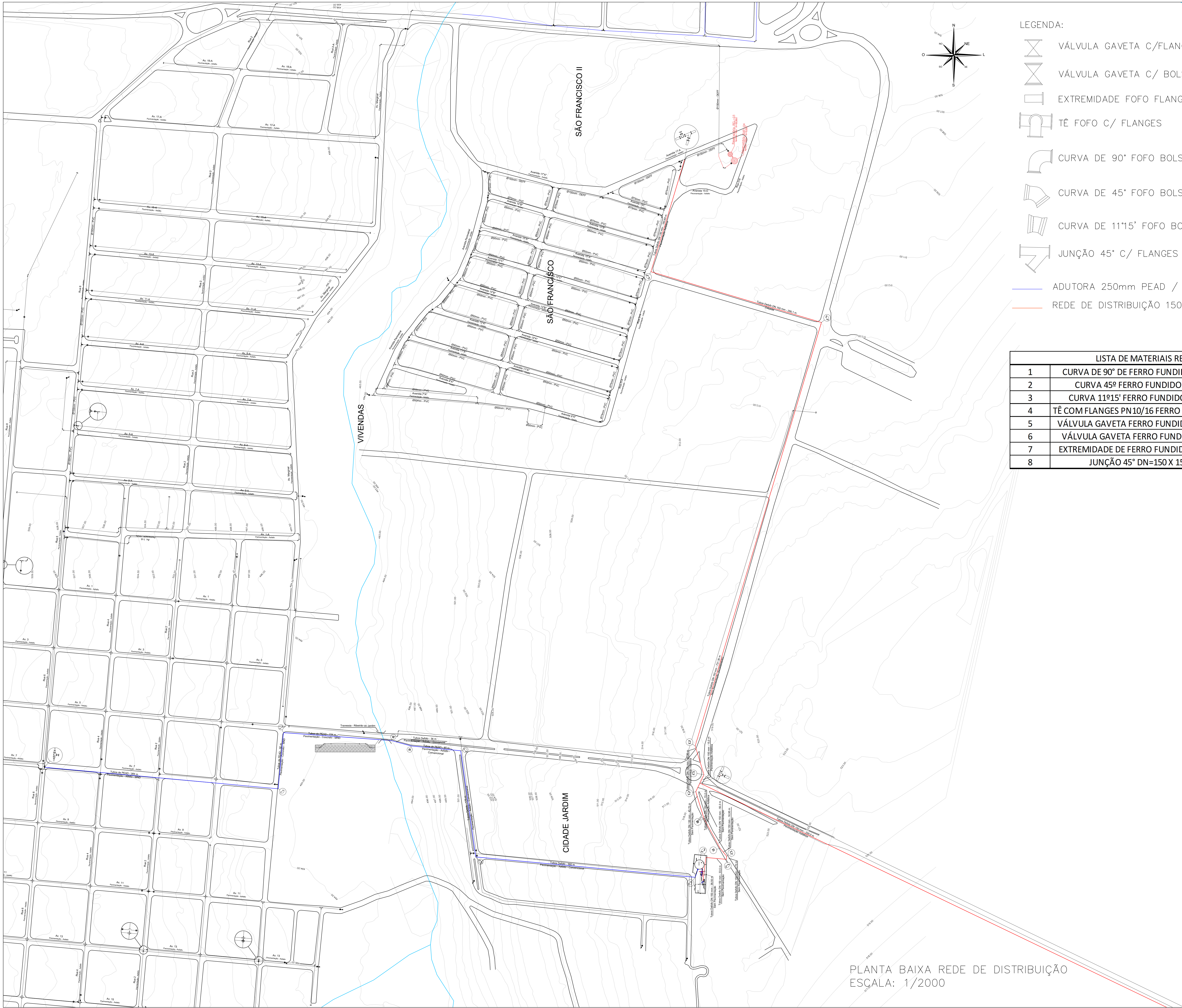


ARMÁRIO  
2100X1000X800MM



ARMÁRIO  
2100X1000X800MM





- LEGENDA:
- VÁLVULA GAVETA C/ FLANGES
  - VÁLVULA GAVETA C/ BOLSAS
  - EXTREMIDADE FOFO FLANGE/PONTA
  - TÊ FOFO C/ FLANGES
  - CURVA DE 90° FOFO BOLSAS
  - CURVA DE 45° FOFO BOLSAS
  - CURVA DE 11°15' FOFO BOLSAS
  - JUNÇÃO 45° C/ FLANGES
  - ADUTORA 250mm PEAD / DEFOFO (PROJETADA)
  - REDE DE DISTRIBUIÇÃO 150mm DEFOFO (PROJETADA)

LISTA DE MATERIAIS REDE DE DISTRIBUIÇÃO		
1	CURVA DE 90° DE FERRO FUNDIDO - DN 150 MM - BOLSAS	4
2	CURVA 45º FERRO FUNDIDO DN=150 MM - BOLSAS	4
3	CURVA 11º15' FERRO FUNDIDO DN=150 MM - BOLSAS	2
4	TÊ COM FLANGES PN10/16 FERRO FUNDIDO DN=150 X 150 MM	2
5	VÁLVULA GAVETA FERRO FUNDIDO DN 150 MM C/ FLANGES	3
6	VÁLVULA GAVETA FERRO FUNDIDO DN 150 MM C/ BOLSA	1
7	EXTREMIDADE DE FERRO FUNDIDO DN 150 MM C/ FLANGES	6
8	JUNÇÃO 45° DN=150 X 150 MM C/ FLANGES	1


IDENTIFICAÇÃO		
Projeto		
AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO DO ACESSO III, COM CONSTRUÇÃO DE ADUTORA, RESERVATÓRIO APOIADO DE 1500 M³ E RESERVATÓRIO ELEVADO DE 250 M³		
Localização		
GUAÍRA/SP		
Título	Código	Folha
ABASTECIMENTO DE ÁGUA		01/02
Assunto	Escala Nominal	
PLANTA BAIXA REDE DE DISTRIBUIÇÃO	INDICADA	
Proprietário		
LUCAS SOARES ELEODORO DEPARTAMENTO DE ESGOTO E ÁGUA DE GUAÍRA CNPJ: 48.344.022/0001-03		
Engenheiro Civil:		
ALINE MONTEIRO DOS SANTOS CREA/SP Nº. 5070405504 ART Nº. 2620241923404		

PLANTA BAIXA REDE DE DISTRIBUIÇÃO  
ESCALA: 1/2000





PLANTA BAIXA REDE DE DISTRIBUIÇÃO  
ESCALA: 1/2000



DEPARTAMENTO DE ESGOTO E ÁGUA DE GUAÍRA  
CNPJ: 48.344.022/0001-03  
Rua 12, nº 315 – Centro- Guairá-SP – CEP: 14.790-000 - Fone: (17) 3330-1500  
www.deagua.com.br

DEAGUA  
GUAÍRA-SP

DEPARTAMENTO DE ESGOTO E ÁGUA DE GUAÍRA  
I.E.: ISENTO  
CNPJ: 48.344.022/0001-03  
Rua 12, nº 315 – Centro- Guairá-SP – CEP: 14.790-000 - Fone: (17) 3330-1500  
www.deagua.com.br  
e-mail: deagua@deagua.com.br

IDENTIFICAÇÃO

Projeto

AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA  
PARA ABASTECIMENTO DO ACESSO III, COM  
CONSTRUÇÃO DE ADUTORA, RESERVATÓRIO APOIADO  
DE 1500 M³ E RESERVATÓRIO ELEVADO DE 250 M³

Localização

GUAÍRA/SP

Título

ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Código

02/02

Folha

Assunto

PLANTA BAIXA REDE DE  
DISTRIBUIÇÃO

Escala

Nominal

1:2000

Proprietário

LUCAS SOARES ELEODORO  
DEPARTAMENTO DE ESGOTO E ÁGUA DE GUAÍRA  
CNPJ: 48.344.022/0001-03

Engenheiro Civil:

ALINE MONTEIRO DOS SANTOS  
CREA/SP Nº. 5070405504  
ART Nº. 2620241923404