OLP Engenharia

MEMORIAL DE CÁLCULO

PROJETO ESTRUTURAL - BASE DOS REATORES

CRECHE O MUNDO DA CRIANÇA

FUNDAÇÃO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE OSASCO

FEV/2021 – R1

Av. 22-A nº1.398 - Vila Iandaiá
Rio Claro - SP - Brasil
Site: www.olp.eng.br

OLP Engenharia

SUMÁRIO

1. Dados do contrato

1.1 Dados do contratante 3

1.2 Informações do empreendimento 3

1.3 Dados da empresa contratada 3

2. Objetivo 4

3. Classe de Agressividade Ambiental (CAA) 5

4. Drenagem e impermeabilização 6

5. Qualidade do concreto 7

6. Cobrimento nominal 8

7. Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura em função da Classe de Agressividade Ambiental 9

8. Representação das estruturas de apoio das unidades de tratamento 10

9. Cálculos

9.1 Resistência a deformação do solo e compactação 12

9.2 Método empírico para determinação da tensão 13

9.3 Cargas atuantes na laje de fundação (supondo uniforme) 13

9.4 Tensão no solo 14

9.5 Valores e método de compactação do solo 16

9.6 Armadura mínima 16

10. Contagem 22

1. Dados do contrato

1.1 Dados do contratante

Nome	FUNDAÇÃO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE OSASCO
Endereço	Av das Flores, 711 Jd das Flores – Osasco-SP CEP:06110-300
CNPJ	73.050.536/0001-95
Contato	(11) 974110180

1.2 Informações do empreendimento

A Estação de tratamento de esgoto a ser instalada, tem por objetivo atender a demanda da Creche O Mundo da Criança – Fundação Instituto Tecnológico de Osasco, localizado na Av. das Flores, 711, Jd. Das Flores – Osasco/SP.

1.3 Dados da empresa contratada

O.L.P – OLIVEIRA, LOBO E MARCAL PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA

CNPJ: 31.746.990/0001-35

Endereço: Rua 22-A nº 1398, Vila Indaiá,

Rio Claro/SP, CEP: 13.506-705

Tel.: (19) 3524-5327

Coordenador do projeto: Danielle Mayara Lobo Dela Corte

Engenheiro auxiliar: Fernanda Piotto

Engenheiro responsável:

_____

EMERSON MARÇAL JÚNIOR

CREA: 5060507757/D ART: 28027230201405264

2. Objetivo

O objetivo deste trabalho é apresentar o memorial descritivo e de cálculo da base dos reservatórios de efluente tratado. Trata-se de uma base de concreto armado, (e= 20 cm) que será responsável por receber a carga a seguir:

- 2 RESERVATÓRIOS cada um com capacidade de 10.000 litros e peso de 150 kgf.

Para que o projeto tenha boa durabilidade se faz necessário seguir as normas pertinentes à execução de estruturas de concreto. O executor das obras deverá se assegurar de que todos os insumos utilizados na produção da estrutura atendem as especificações do projeto, bem como fazer o controle através de relatórios de ensaios que atestem os parâmetros de qualidade e resistência.

Cuidados devem ser tomados nas áreas de estocagem dos insumos da obra para que estes não sofram deformações.

3. Classe de Agressividade Ambiental (CAA)

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural Submersa	Insignificante
II	Moderada	Urbana [a, b]	Pequeno
III	Forte	Marinha [a] Industrial [a, b]	Grande
IV	Muito forte	Industrial [a, c] Respingos de maré	Elevado

[a] Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

[b] Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

[c] Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Esta tabela consta na ABNT NBR 6118:2014

Para este projeto será adotada Classe de Agressividade Ambiental III (Forte) por se tratar de uma ETE (Estação de Tratamento de Esgoto).

4. Drenagem e impermeabilização

Segundo ABNT NBR 6118:2014, tem que ser evitada a presença ou acumulação de água de chuva ou decorrente de limpeza, sobre as superfícies das estruturas de concreto. As superfícies horizontais expostas ao tempo devem ser drenadas, com a disposição de ralos, e condutores.

As juntas de movimento ou de dilatação, em superfícies sujeitas à ação de água, devem ser seladas.

Em condições de exposição, deve-se fazer aplicação de revestimentos hidrofugantes e pinturas impermeabilizantes sobre as superfícies do concreto, revestimentos de argamassas, de cerâmicas ou outros sobre a superfície do concreto, galvanização da armadura, proteção catódica da armadura e outros.

5. Qualidade do concreto

Tabela 7.1 – Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto

Concreto [a]	Tipo [b, c]	Classe de agressividade (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40

[a] O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.
[b] CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.
[c] CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Esta tabela consta na ABNT NBR 6118:2014

Como o projeto tem CAA III, segundo a tabela acima, a relação água/cimento (A/C) em concreto armado (em massa) deve ser menor ou igual a 0,55 e a Classe de concreto a ser utilizada neste projeto é de 30 Mpa (C30).

Os requisitos das Tabelas 7.1 e 7.2 são válidos somente para concretos executados com cimento Portland que atenda, conforme seu tipo e classe, às especificações das ABNT NBR 5732, ABNT NBR 5733, ABNT NBR 5735, ABNT NBR 5736, ABNT NBR 5737, ABNT NBR 11578, ABNT NBR 12989 ou ABNT NBR 13116, com consumos mínimos de cimento por metro cúbico de concreto de acordo com a ABNT NBR 12655.

6. Cobrimento nominal

Tabela 7.2 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para Δc = 10 mm

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV [c]
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje [b]	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo [d]	30		40	50
Concreto protendido [a]	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

[a] Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

[b] Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

[c] Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

[d] No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Esta tabela consta na ABNT NBR 6118:2014

Este projeto em concreto armado, com CAA III, terá cobrimento nominal de 50 mm.

Deve ser garantida a resistência do concreto correspondente à Classe de Agressividade Ambiental (CAA).

7. Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura em função das classes de agressividade ambiental.

Tabela 13.4 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	–
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0{,}4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0{,}3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0{,}2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0{,}2$ mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D [a]	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D [a]	Combinação frequente

[a] A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com a_p = 50 mm (Figura 3.1).

NOTAS

1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.

2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.

3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

Este projeto em concreto armado, com CAA III, terá combinação frequente de ações em serviços e ELS-W $_{WK} \leq 0{,}3$ mm.

8. Representação das estruturas de apoio das unidades de tratamento

8.1 Representação da estrutura de apoio - Base 1

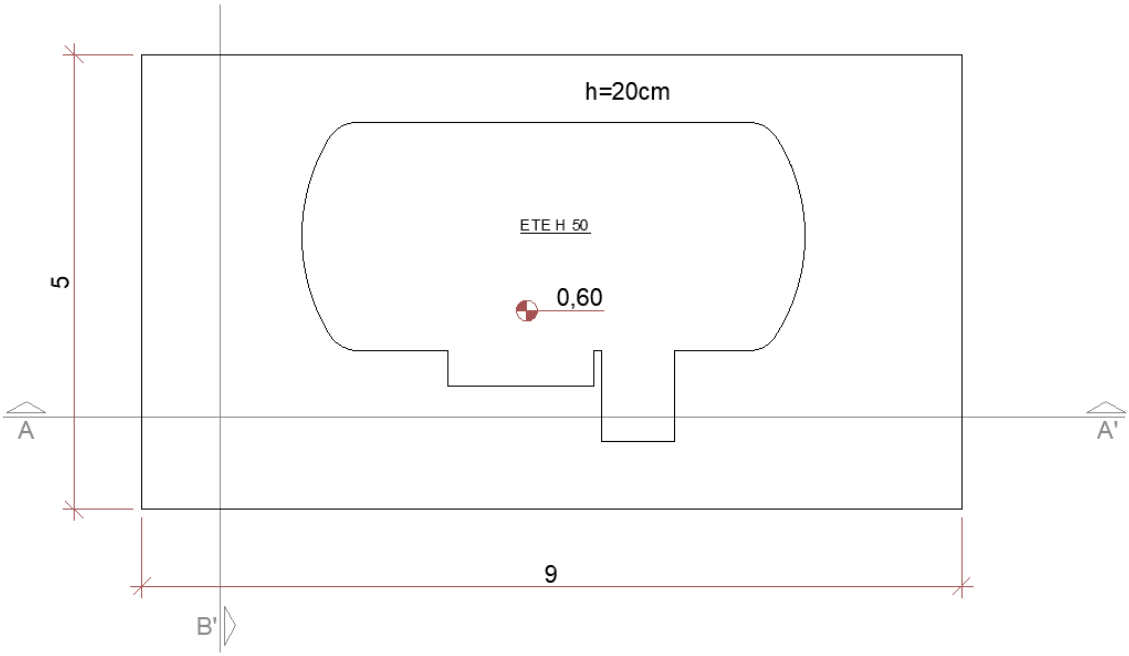

Figura 1. Forma de fundação do radier da base 1

Área do Radier = 5 x 9 = 45 m²

8.2 Representação da estrutura de apoio - Base 2

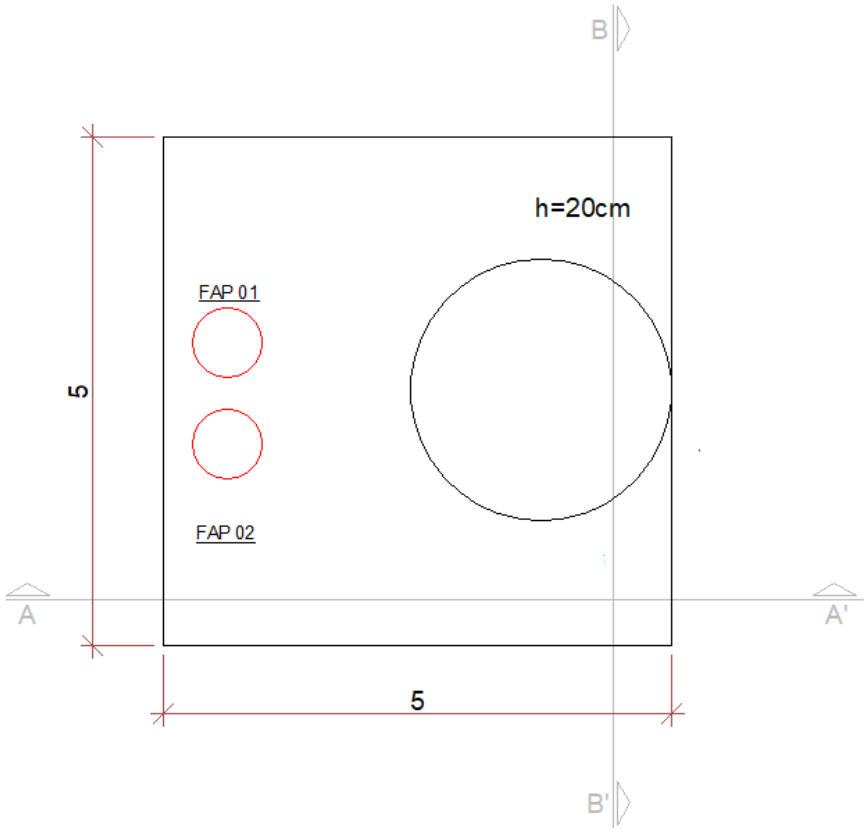

Figura 2. Forma de fundação do radier da base 2

Área do Radier = 5 x 5 = 25 m²

9. Cálculos

9.1 Resistência à deformação do solo e compactação

Solo	Índice de resistência à penetração N	Designação[1)]
Areias e siltes arenosos	≤ 4	Fofa(o)
	5 a 8	Pouco compacta(o)
	9 a 18	Medianamente compacta(o)
	19 a 40	Compacta(o)
	> 40	Muito compacta(o)
Argilas e siltes argilosos	≤ 2	Muito mole
	3 a 5	Mole
	6 a 10	Média(o)
	11 a 19	Rija(o)
	> 19	Dura (o)

[1)] As expressões empregadas para a classificação da compacidade das areias (fofa, compacta, etc.), referem-se à deformabilidade e resistência destes solos, sob o ponto de vista de fundações, e não devem ser confundidas com as mesmas denominações empregadas para a designação da compacidade relativa das areias ou para a situação perante o índice de vazios críticos, definidos na Mecânica dos Solos.

Em casos em que o número de golpes até dois metros de profundidade for inferior ao valor mínimo (SPT $\geq$ 4) estabelecido para aplicação do Método Empírico, ficará impossibilitada a estimativa de um valor que possa representar a tensão mínima admissível do solo nessa profundidade. Neste caso deve-se optar pela troca ou reforço de solo ou ainda adoção de uma fundação profunda.

9.2 Método Empírico para determinação da tensão

De acordo com o Ensaio de sondagem apresentado pelo cliente:

Profundidade (m)	N SPT 01	N SPT 02	N SPT 03	N SPT 04	N SPT 05	N SPT 06
1	7	4	2	1	5	5
2	**10**	**5**	**1**	**2**	**7**	**7**
3	7	9	5	3	7	7
4	9	16	6	7	10	9
5	12	20	7	6	13	10

Profundidade (m)	N SPT 07	N SPT 08	N SPT 09	N SPT 10	N SPT 11	N SPT 12	N SPT 13
1	5	4	4	5	5	4	6
2	**7**	**7**	**7**	**5**	**8**	**10**	**7**
3	6	7	7	8	6	9	9
4	4	1	1	8	1	7	17
5	6	4	4	11	4	5	13

σsolo = SPT/5 $\leq$ 4 kgf/cm²

($4 \leq$ SPT ≤ 20)

SPT= 5 (profundidade de 2 m)

σsolo = 5/5 = 1 kgf/cm²

σsolo = 1 kgf/cm² $\leq$ 4 kgf/cm² ✔

$\therefore$ σsolo = 1 kgf/cm²

Considera-se, após a compactação do solo, uma resistência de 1 kgf/cm².

9.3 Cargas atuantes nas lajes de fundação (supondo uniforme)

O peso que os tanques exercerão sobre o solo é demonstrado na tabela abaixo, considerando a área da laje de fundação (radier) de 23,87 m².

Considerações:

-γ_c = 25 KN/m³

-Espessura da laje de fundação (base dos reatores) 20 cm

	PESO BASE 1
PESO PRÓPRIO (PP)	45 x 0,2 m x 2,5 = 22,5 tf
SOBRECARGA ACIDENTAL (SC_A)	45 x 0,1 = 4,5 tf
ETE HORIZONTAL	23 tf
PESO TOTAL	50 tf = 50.000 kgf
PESO TOTAL adotado	**55 tf = 55.000 kgf**

Portanto a carga total atuante na laje de fundação é de 55.000 kgf.

	PESO BASE 2
PESO PRÓPRIO (PP)	25 x 0,2 m x 2,5 = 12,5 tf
SOBRECARGA ACIDENTAL (SC_A)	25 x 0,1 = 2,5 tf
RESERVATÓRIO 1 (PP + LÍQUIDO)	0,15 + 10 = 10,15 tf
FILTROS DE AREIA DE PISCINA (FAP)	2 x 0,5 tf = 1 tf
PESO TOTAL	26,15 tf = 26.150 kgf
PESO TOTAL adotado	**27 tf = 27.000 kgf**

Portanto a carga total atuante na laje de fundação é de 27.000 kgf.

9.4 Tensão sobre solo

9.4.1 Tensão sobre o solo Base 1

σ_{adm} = P/A

= 55.000 kgf /50 m²

= 1100 kgf/m²

= 0,11 kgf/cm²

Tem-se σ_{solo} = 1 kgf/cm²

1 kgf/cm² > 0,11 kgf/cm² ✓

Nota: para a base dos reservatórios será adotado fundação direta, do tipo radier, mediante as condicionantes elencadas no item 9.5.

9.4.2 Tensão sobre o solo Base 2

σ_{adm} = P/A

= 27.000 kgf /25 m²

= 1080 kgf/m²

= 0,1080 kgf/cm²

Tem-se σ_{solo} = 1 kgf/cm²

1 kgf/cm² > 0,1080 kgf/cm² ✓

Nota: para a base dos reservatórios será adotado fundação direta, do tipo radier, mediante as condicionantes elencadas no item 9.5

9.5 Valores e método de compactação de solo

- Remover camada de solo residual existente até a profundidade de 2 m.
- Compactar o fundo da área escavada com auxílio de equipamento mecanizado do tipo "rolo pé de carneiro".
- Executar reaterro compactado da camada removida com solo de primeira qualidade. O reaterro deverá ser executado em camadas não superiores a 30 cm de espessura, garantindo pelo menos 95% no Ensaio de Proctor Normal (PN).
- Aplicar camada de brita nº 2 com 5 cm de espessura sobre o solo compactado.
- Executar a laje de concreto armado com concreto estrutural f_{ck}= 30 MPa.

A troca de solo pode não ser feita caso, na execução, o engenheiro especialista em solos garantir compactação Proctor Normal ≥ 95%.

Para garantir que o solo apresente a tensão mínima exigida no projeto, é obrigatória a presença de um profissional de geotecnia, o qual deverá atestar, através de laudo técnico e acompanhamento, que o solo terá condições de atender as condicionantes do projeto. É imprescindível fazer o teste de compactação do solo.

9.6 Armadura mínima

9.6.1 Armadura mínima Base 1

Considerações:

-Espessura do radier e = 20 cm

-Recobrimento da armadura superior: 50 mm

-Ø 10 CA50 com 0,785 cm²

-Ø 4,2 CA60 com 0,139 cm²

-ARMADURAS NA DIREÇÃO X

Superior Ø 4,2 com 10 cm (1,39 cm²/m)

Inferior Ø 10 com 20 cm (3,925 cm²/m)

$A_{mín\ principal}$ = 0,15% x 100 x 20 = 3 cm²/m ✓

-ARMADURAS NA DIREÇÃO Y

Superior Ø 4,2 com 10 cm (1,39 cm²/m)

Inferior Ø 10 com 20 cm (3,925 cm²/m)

$A_{mín\ principal}$ = 0,15% x 100 x 20 = 3 cm²/m ✓

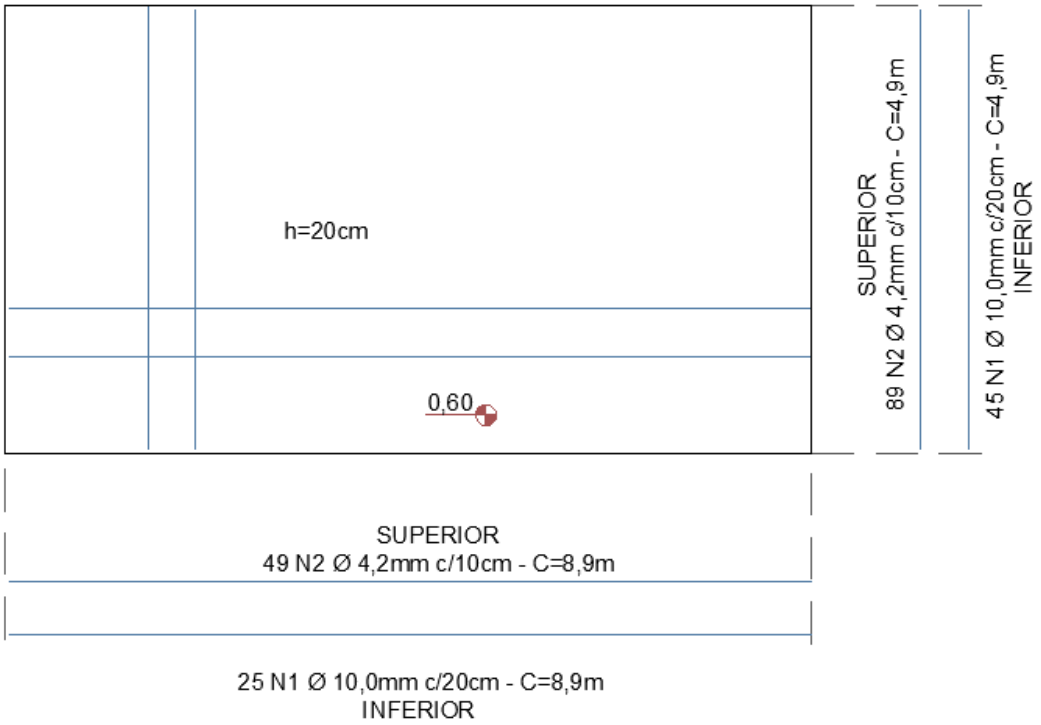

Figura 3. Armadura positiva e negativa do radier, nas direções x e y

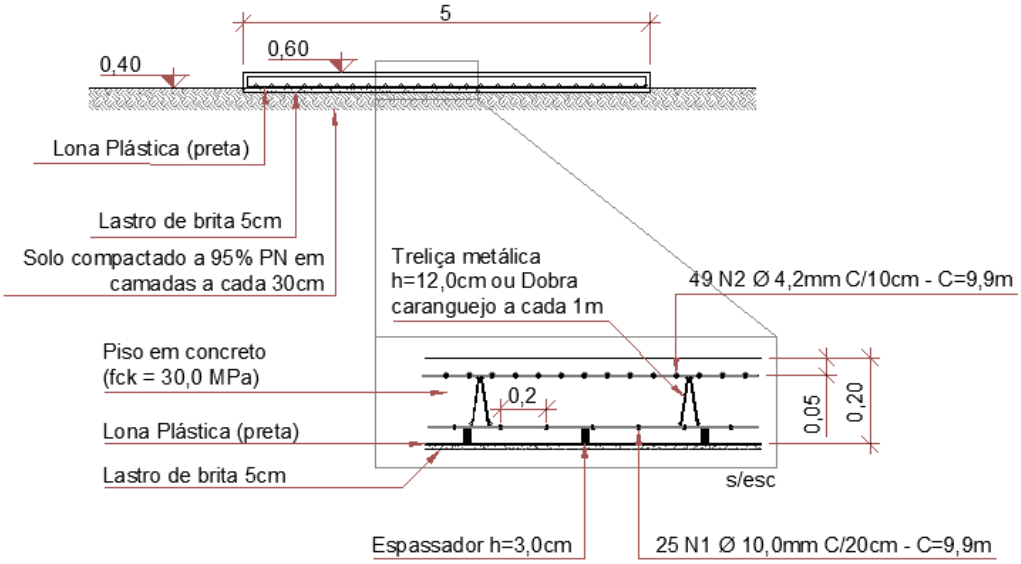

Figura 4. Elevação com detalhamento da armadura positiva e negativa do radier

A Figura 4 ilustra a execução das camadas da base. Primeiro é aplicada uma camada de brita nº 2 (e= 5 cm), em seguida a lona plástica e, em cima da mesma, espaçadores com altura de 3 cm para apoiar a armadura de Ø10 mm, espaçada 20 cm. A seguir são aplicadas treliças h12 cm com espaçamento de 1 m. Sobreposta à última, é posicionada a malha pop, com Ø4,2 mm e espaçamento de 10 cm. Por fim, aplica-se o concreto f_{ck} 30 Mpa em toda estrutura, respeitando o cobrimento superior de armadura do projeto (50 mm).

9.6.2 Armadura mínima Base 2

Considerações:

-Espessura do radier e = 20 cm

-Recobrimento da armadura superior: 50 mm

-Ø 10 CA50 com 0,785 cm²

-Ø 4,2 CA60 com 0,139 cm²

-ARMADURAS NA DIREÇÃO X

Superior Ø 4,2 com 10 cm (1,39 cm²/m)

Inferior Ø 10 com 20 cm (3,925 cm²/m)

$A_{mín\ principal}$ = 0,15% x 100 x 20 = 3 cm²/m ✓

-ARMADURAS NA DIREÇÃO Y

Superior Ø 4,2 com 10 cm (1,39 cm²/m)

Inferior Ø 10 com 20 cm (3,925 cm²/m)

$A_{mín\ principal}$ = 0,15% x 100 x 20 = 3 cm²/m ✓

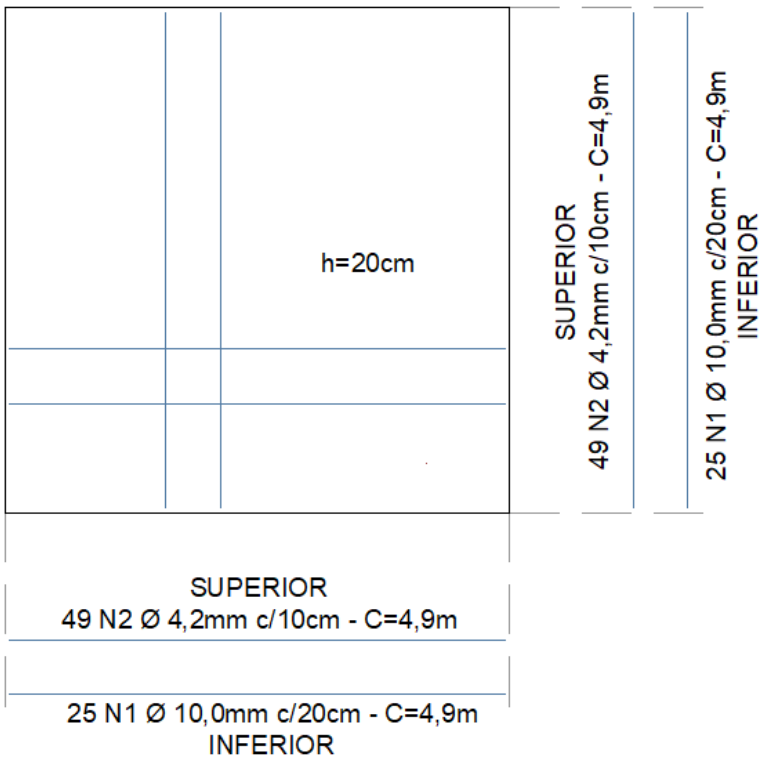

Figura 5. Armadura positiva e negativa do radier, nas direções x e y

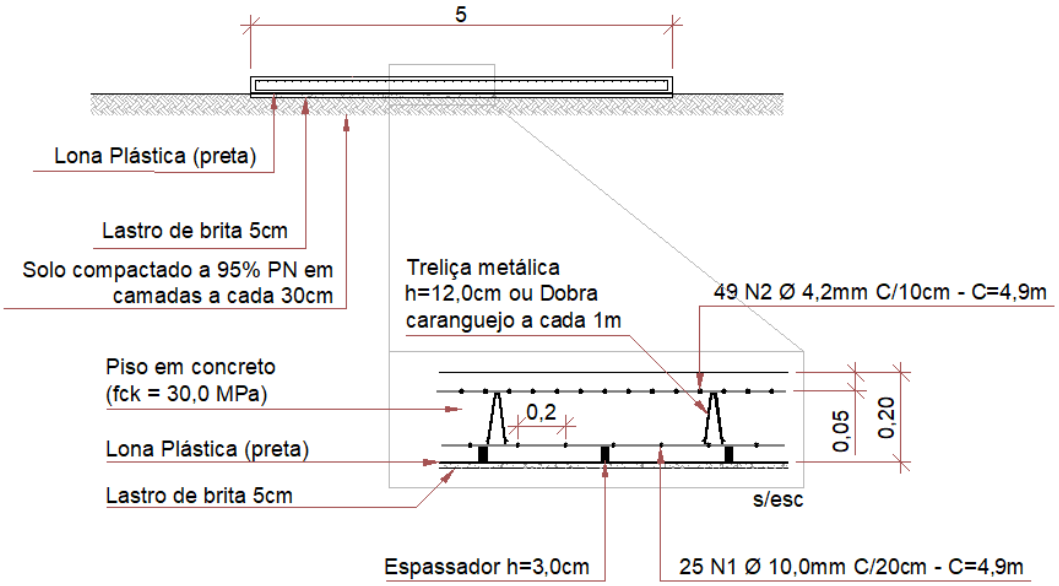

Figura 6. Elevação com detalhamento da armadura positiva e negativa do radier

A Figura 6 ilustra a execução das camadas da base. Primeiro é aplicada uma camada de brita nº 2 (e= 5 cm), em seguida a lona plástica e, em cima da mesma, espaçadores com altura de 3 cm para apoiar a armadura de Ø10 mm, espaçada 20 cm. A seguir são aplicadas treliças h12 cm com espaçamento de 1 m. Sobreposta à última, é posicionada a malha pop, com Ø4,2 mm e espaçamento de 10 cm. Por fim, aplica-se o concreto f_{ck} 30 Mpa em toda estrutura, respeitando o cobrimento superior de armadura do projeto (50 mm).

10. Contagem

10.1 Contagem Base 1

Quantidade de armadura e espaçadores:

		Horizontal = 9 m	Vertical = 5 m
Armadura Superior	Ø 4,2 mm	49	89
Armadura Inferior	Ø 10 mm	25	45
Espaçadores	H 3cm		10x6= 60 unidades

Comprimento e massa totais de armadura:

		Comprimento total (m)	Massa (kg)
Armadura Superior	Ø 4,2 mm	886	97
Armadura Inferior	Ø 10 mm	450	281
Treliça	H12	50	

Volume de concreto: 9 m³

Quantidade de lona plástica: 45 m²

OLP Engenharia

10.2 Contagem Base 2

Quantidade de armadura e espaçadores:

		Horizontal = 5 m	Vertical = 5 m
Armadura Superior	Ø 4,2 mm	49	49
Armadura Inferior	Ø 10 mm	25	25
Espaçadores	H 3cm		6x6 = 36 unidades

Comprimento e massa totais de armadura:

		Comprimento total (cm)	Massa (kg)
Armadura Superior	Ø 4,2 mm	480,2	53
Armadura Inferior	Ø 10 mm	245	153
Treliça	H12	30	

Volume de concreto: 5 m³

Quantidade de lona plástica: 25 m²