

# DIMENSIONAMENTO DE UMA FUNDAÇÃO RASA EM RADIER PARA SUSTENTAÇÃO DE UMA CAIXA D'ÁGUA COM CAPACIDADE DE 15000 LITROS (90 PESSOAS À 150 l/dia)

## RADIER SHALLOW FOUNDATION DESIGN FOR 15000 LITER WATER TANK (90 PEOPLE AT 150 L/DAY)

<sup>1</sup>ALMEIDA, Guilherme O; <sup>1</sup>CALDEIRÃO, Mateus G; <sup>1</sup>RODRIGUES, André L. C.

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Civil – Centro Universitário das Faculdades Integradas de Ourinhos-Unifio/FEMM

### RESUMO

O presente estudo tem como objetivo a execução de uma fundação rasa em radier para sustentação de um reservatório com capacidade de 15.000 litros para abastecimento de um condomínio com 90 moradores. O consumo diário médio de cada morador foi estipulado de 150 litros. A capacidade de carga do solo foi obtida por meio da formulação clássica de Terzaghi (1943). Os parâmetros de projeto foram obtidos por meio de correlações de ensaio *Standard Penetration Test* (SPT) realizado na região oeste da capital do estado de São Paulo, na cidade de Ourinhos-SP. Para a carga de 34,09 kN/m<sup>2</sup>, encontrou-se um recalque de 9,79 mm. O coeficiente de mola vertical foi obtido por meio da teoria de Alonso (1943), Teixeira e Godoy (1996), onde foi simulado no software livre Ftool, para a obtenção do diagrama de momento fletor (M<sub>máx</sub>=104,2 kN.m) e cortante (V<sub>máx</sub>=83,8 kN), resultando em uma armadura de diâmetro igual a 10 mm, com espaçamento de 5 cm. Por fim, foi realizado um levantamento de custo, com R\$25.557,20 para a fundação em análise.

**Palavras-chave:** Fundações Rasas; Radier; Dimensionamento.

### ABSTRACT

The present study has as its objective the execution of a shallow foundation in radier for the support of a reservoir with a capacity of 15,000 liters to supply a condominium with 90 residents. The average daily consumption of each resident was stipulated at 150 liters. The soil load capacity was obtained by means of the classic formulation of Terzaghi (1943). The design parameters were obtained by means of Standard Penetration Test (SPT) correlations performed in the western region of the capital of the state of São Paulo, in the city of Ourinhos-SP. For a load of 34.09 kN/m<sup>2</sup>, a settlement of 9.79 mm was found. The vertical spring coefficient was obtained through the theory of Alonso (1943), Teixeira and Godoy (1996), where it was simulated in the free software Ftool, to obtain the diagram of bending moment (M<sub>máx</sub>=104.2 kN.m) and shear (V<sub>máx</sub>=83.8 kN), resulting in a reinforcement diameter equal to 10 mm, with spacing of 5 cm. Finally, a cost survey was carried out, with R\$25,557.20 for the foundation under analysis.

**Keywords:** Shallow Foundations; Radier; Dimensioning.

### INTRODUÇÃO

O início da engenharia geotécnica no Brasil se deu com a chegada da família real portuguesa, em 1808, onde foi necessário a construção de escolas, bibliotecas, museus e jardins. Entretanto, apenas no decorrer do século XIX houve um grande ímpeto pelos estudos geológicos no Brasil, em virtude dos interesses ligados a mineração do ferro. A primeira obra de geologia no Brasil surgiu em 1874, realizada por *Charles Frederick Hartt*, denominada como "GEOLOGIA e GEOGRAFIA FÍSICA do BRASIL". (DANTAS NETO, 2006)

A fundação é um dos elementos estruturais mais importante em uma construção, é ela que fica responsável por transmitir as solicitações de esforço ao subsolo em que ela está inserida. Atualmente é possível se deparar com inúmeros tipos de fundações que se dividem em fundações rasas ou profundas. Para a escolha do tipo de fundação deve ser levado em consideração diversos aspectos. Cabe ao responsável técnico da construção realizar uma análise e fazer a escolha da opção mais viável conseguindo combinar segurança com custo benefício. (MOTTA NETO, 2019)

As lajes radiers ou simplesmente radiers, são um tipo de fundação rasa em concreto armado ou protendido semelhante a uma laje comum, podendo ser de espessura contínua ou variável, e que possa conter elementos de enrijecimento como vigas ou nervuras. São classificados devido a sua geometria, rigidez a flexão e tecnologia, sendo categorizados como rígidos, aqueles que possuem uma alta rigidez a flexão, ou elásticos, apresentando menor rigidez a flexão. Quanto à sua geometria, pode ser classificado como nervurado, liso ou caixão, onde o liso apresenta maior facilidade de execução. Enquanto a tecnologia, pode ser empregada no radier concreto armado ou protendido. (MOTTA NETO, 2019)

Entre as vantagens do uso de uma fundação em radier, as principais são o baixo tempo de execução, quando comparado a outro tipo de fundação direta, o baixo custo para ser realizado e redução de mão de obra necessária. Além dessas citadas temos a liberdade arquitetônica, redução dos recalques diferenciais e uma aplicação eficiente em solos com baixa capacidade de carga. (CHIQUITO, 2020)

A execução de um radier inicia-se com o estudo do solo, seguido da escavação. Realiza-se, então, uma análise da qualidade do solo, através do ensaio SPT (*Standard Penetration Test*) e em caso de solo com baixa resistência, deverá ser averiguada a necessidade de tratamento por compactação, melhoramento ou substituição do solo. (SANTOS e BRITO, 2000)

Em seguida é executado a regularização e compactação do solo e aplicado uma camada de enrocamento com drenos, caso necessário. Após feito isso, deve-se realizar uma camada de regularização sobre o solo compactado em lastro de concreto magro ou brita com pelo menos 5 cm de altura, evitando assim, problemas de fendilhamento devido às retrações, contaminação junto ao solo e ascensão capilar. (RUAS, 2014; ABNT NBR 6122:19)

Posteriormente a montagem das armaduras, junto aos espaçadores garantindo o cobrimento específico do projeto. Por fim, é realizado a concretagem tomando o devido cuidado com o adensamento para evitar a permanência de zonas porosas. (CIBULSKI JUNIOR, 2016)

O objetivo deste trabalho é dimensionar uma fundação rasa do tipo radier para sustentar um reservatório de água com capacidade de 15.000 litros, que abastecerá um condomínio composto por 30 casas, sendo considerado 3 pessoas por casa, na cidade de Ourinhos-SP.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Local a ser estudado**

O empreendimento será localizado na zona sudeste da cidade de Ourinhos – SP. Situado ao oeste da capital a uma distância de aproximadamente 370km, Ourinhos possui uma área de 296km<sup>2</sup> com uma população estimada no último censo do IBGE, em 2019, de 115.000 habitantes tornando-a a 73<sup>o</sup> cidade mais populosa de São Paulo.

### **Características do empreendimento**

O empreendimento apresentará um conjunto de 15 casas geminadas, totalizando 30 casas, em lotes igualmente divididos de 200 m<sup>2</sup>, com um mesmo padrão de construção equivalente à 100 m<sup>2</sup>, com energia fotovoltaica e garagem para dois automóveis de pequeno porte. Para abastecimento de água, foi adotado um gasto diário de 150 l/dia, levando em consideração uma média de 3 pessoas por casa, sendo assim 90 pessoas irão residir nesse condomínio.

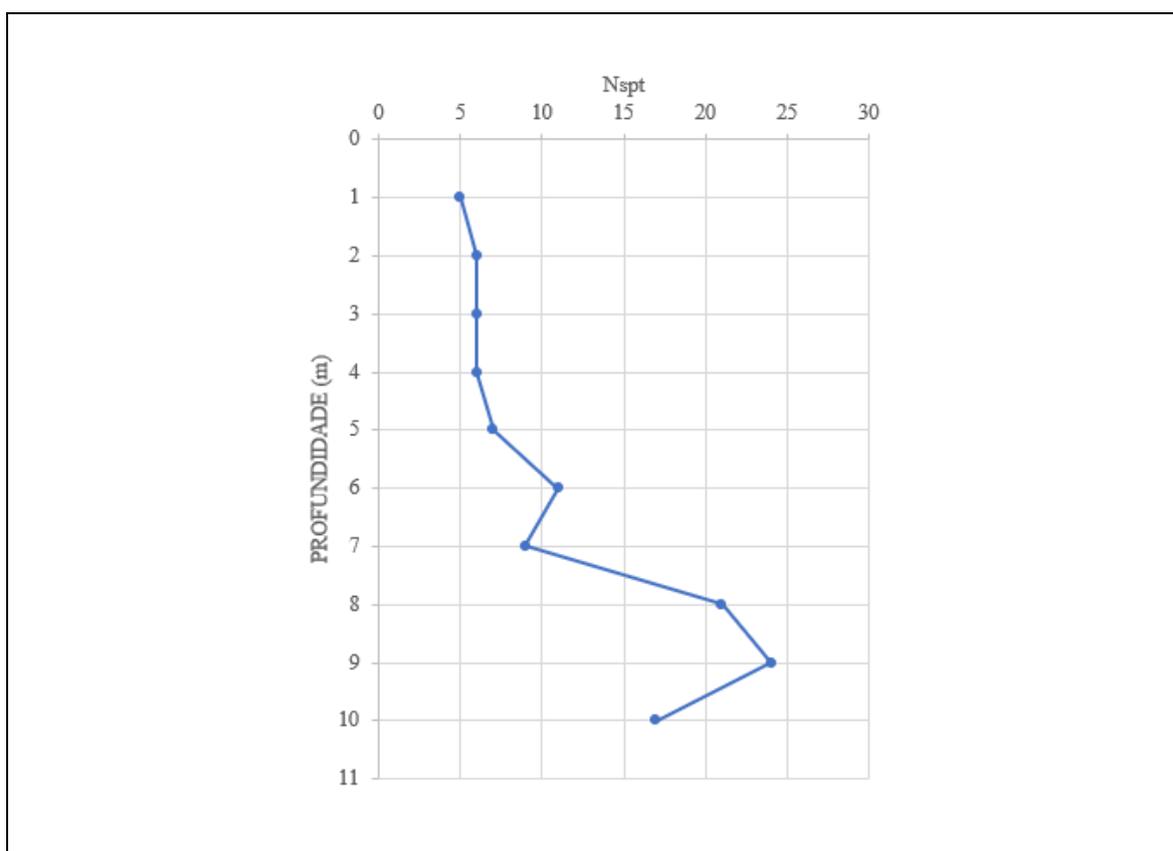
### **Ensaio SPT**

Para qualquer tipo de construção é imprescindível que seja feito um estudo prévio de todos os fatores que possam vir a influenciar no projeto. O principal fator que deve ser levado em consideração é o tipo de solo, pois é através dele que a estrutura dissipa suas cargas. O estudo de solo mais utilizado no Brasil e que será usado no projeto é denominado *Standard Penetration Test* (SPT) que seria um processo de reconhecimento do solo e algumas de suas características como: perfil estratigráfico, nível d'água. Por meio de correlações consagradas na literatura

o SPT possibilita determinar a capacidade de carga do solo. As informações obtidas através desse ensaio SPT são cruciais no processo de tomada de decisão a fim de viabilizar a execução mais eficiente, segura e econômica. (GALVÃO *et al*, 2019)

Utilizando um amostrador padrão do tipo Terzaghi com 50,8mm e 34,9mm de diâmetro externo e interno, respectivamente, contabilizando a quantidade de golpes necessários para a cravação de 30cm de profundidade a cada 1 metro do terreno, com uma altura de queda de 75cm e uma massa de 65kg. O solo apresentado no boletim de sondagem corresponde a uma argila siltosa média a dura (Figura 1).

**Figura 1** – Ensaio SPT do solo.



Fonte: Autor.

## DIMENSIONAMENTO EM FUNDAÇÃO RASA EM RADIER

### Capacidade de carga

Segundo Marangon (2018), capacidade de carga é definida com a tensão que provoca ruptura no maciço de solo em que a fundação está assentada.

Para a determinação da capacidade de carga podem ser adotados métodos teóricos, semi-empíricos e empíricos. O nível d'água possui grande influência na capacidade de carga junto ao tipo de solo e características da fundação rasa onde, quanto mais seco um solo maior a capacidade de carga dele. (MARANGON, 2018)

A capacidade de carga de um elemento deve ser analisada de duas formas: resistência geotécnica e resistência estrutural, sendo que, a resistência geotécnica é a capacidade de resistir aos esforços oriundos da superestrutura para o solo e, portanto, é dependente do tipo do solo. A resistência estrutural é relacionada à o quanto a estrutura suporta sem romper, normalmente a resistência estrutural por ser um fator com maior maleabilidade possui um valor superior à resistência geotécnica, tornando o dimensionamento por meio da resistência geotécnica, na grande maioria das vezes, como a resistência limitante. (PINTO, 2021)

Para o cálculo da capacidade de carga referente à resistência geotécnica foi utilizado o modelo proposto por *Terzaghi (1943)*, onde foi feito um cálculo para ruptura local do solo, pois ele foi identificado como uma argila mole.

Então, por se tratar de um solo de argila siltosa com consistência mole a média, é calculado a ruptura local para determinar a capacidade de carga do solo, através da Equação 1:

$$\sigma_r = \frac{2}{3} \cdot c \cdot N'_c \cdot S_c + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot N'_\gamma \cdot B \cdot S_\gamma + q \cdot N'_q \cdot S_q \quad (1)$$

Onde temos:  $c$  = Referente a coesão do solo; (kPA);  $N'_c$  = Referente ao solo e seu ângulo de atrito interno;  $N'_\gamma$  = Referente ao solo e seu ângulo de atrito interno;  $N'_q$  = Referente ao solo e seu ângulo de atrito interno;  $B$  = Referente a maior dimensão da sapata; (m);  $S_c$  = Referente a forma da fundação;  $S_q$  = Referente a forma da fundação;  $S_\gamma$  = Referente a forma da fundação;  $\gamma$  = Referente ao peso específico do solo (kN/m<sup>3</sup>);  $q$  = Referente a cota de assentamento da sapata e peso específico do solo (kPa).

Os parâmetros podem ser obtidos pelas Tabelas 1, 2 e 3.

**Tabela 1** - Fatores de atrito.

$\phi$ (°)	Ruptura geral			Ruptura local		
	$N_c$	$N_\gamma$	$N_q$	$N'_c$	$N'_\gamma$	$N'_q$
<b>0</b>	5,7	0	1,0	5,7	0	1,0
<b>15</b>	12,9	2,5	4,4	9,7	0,9	2,7
<b>20</b>	17,7	5,0	7,4	11,8	1,7	3,9
<b>25</b>	25,1	9,7	12,7	14,8	3,2	6,6
<b>30</b>	37,2	19,7	22,5	19,0	5,7	8,3
<b>35</b>	57,8	42,4	41,4	25,2	10,1	12,6

**Fonte:** AOKI, CINTRA E ALBIERO, 2011.

**Tabela 2** - Fatores de forma.

Forma da fundação	Fatores de forma		
	$S_c$	$S_\gamma$	$S_q$
Corrida	1,0	1,0	1,0
Quadrada	1,3	0,8	1,0
Circular	1,3	0,6	1,0
Retangular	1,1	0,9	1,0

**Fonte:** AOKI, CINTRA E ALBIERO, 2011.

**Tabela 3** - Valores de coesão em solos argilosos com base no  $N_{SPT}$  (correlação).

Argilas	SPT	Coesão (c) (kPa)
Muito mole	<2	<10
Mole	2 a 4	10 a 25
Média	4 a 8	25 a 50
Rija	8 a 15	50 a 100
Muito Rija	15 a 30	100 a 200
Dura	>30	>200

**Fonte:** AOKI, CINTRA E ALBIERO, 2011.

### Dimensionamento do radier

O radier, como citado na introdução, é uma fundação direta que recebe todo o peso da edificação distribuído sob uma única laje de concreto. Sua principal característica de implantação, levando em consideração o tipo de solo, é que pode ser indicada para solos com SPT maior ou igual a 4. (SILVA E CORREA, 2017)

Os dados encontrados para realizarmos o dimensionamento do radier estão descritos na Tabela 4 conforme segue.

**Tabela 4** – Características do radier.

Lado 1 (m)	Lado 2 (m)	Área (m <sup>2</sup> )	h (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	$\gamma_{CA}$ (kN/m <sup>3</sup> )	P laje (kN)	P distribuído (kN/m <sup>2</sup> )
5	5	25	0,3	7,5	25	187,5	7,5

### Dimensionamento do reservatório

Para a escolha do reservatório, levamos em consideração a quantidade média de litros diários gasto por cada pessoa nesse condomínio. Utilizando uma caixa d'água com capacidade de 15.000 litros encontramos os seguintes dados (Tabela 5):

**Tabela 5** – Características do reservatório.

Peso do reservatório (kN)	Área do reservatório (m <sup>2</sup> )	$\sigma_{p \text{ reservatório}}$ (kN/m <sup>2</sup> )
150	5,64	26,59

Então, temos que o peso solicitante total será encontrado pela soma do peso próprio do radier e o peso do reservatório (Tabela 6).

**Tabela 6** – Peso total solicitante.

$\sigma_{p \text{ reservatório}}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_{ppróprio}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_{total}$ (kN/m <sup>2</sup> )
26,59	7,5	34,09

## Recalques

Para a engenharia de fundações, o termo recalque é definido como o deslocamento vertical descendente da infraestrutura devido ao adensamento do solo proveniente do carregamento da superestrutura. (ALONSO, 1991)

Toda fundação passa por deformações que podem ser de deslocamento vertical, horizontal ou rotacional. Estes deslocamentos dependem da interação entre o solo e a estrutura, e quando tais deslocamentos ultrapassam limites suportáveis pela edificação, ela estará sujeita ao colapso. (PORTO, 2010)

Existem vários tipos de recalques, por exemplo: recalque absoluto, que seria o deslocamento vertical descendente de um ponto discreto da fundação. Esse recalque é dado pela Equação 2:

$$\rho = \rho_c + \rho_i \quad (2)$$

Sendo:  $\rho$  = recalque absoluto;  $\rho_c$  = recalque de adensamento;  $\rho_i$  = recalque imediato.

O recalque de adensamento tem como características a alteração dos índices físicos, sendo um recalque que acontece ao longo do tempo e geralmente ocorre em um material pouco permeável. O recalque imediato não tem alteração nos índices de vazios e o tempo em que ocorre é muito curto, ou seja, acontece muito rapidamente. (AOKI, CINTRA E ALBIERO, 2011)

Outro tipo de recalque é o recalque diferencial, sendo que este corresponde entre os recalques totais ou absolutos de 2 (dois) pontos quaisquer, gerando o desequilíbrio de cargas e esforços solicitantes, causando patologias na obra. O recalque admissível é denominado pelo valor máximo de recalque total que a estrutura pode suportar, sem que ocorra danos não aceitáveis. (PORTO, 2010)

No caso de fundações rasas, como o radier, o recalque mais comum que acontece é o recalque imediato. O solo estudado é uma argila não saturada e o radier é uma fundação rígida. A partir desses dados, podemos encontrar os valores para a Equação 3.

$$\rho_i = \sigma * B * \frac{(1 - \nu^2)}{E_s} * I_p \quad (3)$$

Sendo,  $\rho_i$  = recalque imediato;  $\sigma$  = tensão aplicada ao solo;  $B$  = base do radier;  $\nu$  = coeficiente de Poisson;  $E_s$  = módulo de deformabilidade;  $I_p$  = fator de influência, relacionada a rigidez.

Então, para determinar o recalque imediato, é necessário obter parâmetros do elemento estrutural e do solo e seu comportamento. Esses parâmetros podem ser obtidos por meio de tabelas, como o fator de influência de forma e rigidez (Tabela 7) e coeficiente de Poisson (Tabela 8).

**Tabela 7** - Fator de influência relacionando a forma e a rigidez.

Forma	Sapata Flexível			Rígida
	Centro	Canto	Médio	
Quadrada	1,12	0,56	0,95	<b>0,99</b>

Fonte: TEIXEIRA; GODOY, 1996.

**Tabela 8** - Coeficiente de Poisson para o tipo de solo.

Solo	$\nu$
Areia pouco compacta	0,2
Areia compacta	0,4
Silte	0,3-0,5
Argila saturada	0,4-0,5
Argila não saturada	0,1-0,3

Fonte: TEIXEIRA; GODOY, 1996.

Para calcularmos o módulo de deformabilidade ( $E_s$ ) (Equação 4), precisamos do valor de  $\alpha$  (Tabela 9) e  $\kappa$  (Tabela 10).

$$E_s = \alpha * \kappa * N_{spt} \quad (4)$$

**Tabela 9** - Parâmetro  $\alpha$  para o tipo de solo.

<b>Tipo de solo</b>	<b><math>\alpha</math></b>
Areia	3
Silte	5
Argila	7

Fonte: TEIXEIRA; GODOY, 1996.

**Tabela 10** - Parâmetro  $\kappa$  para o tipo de solo.

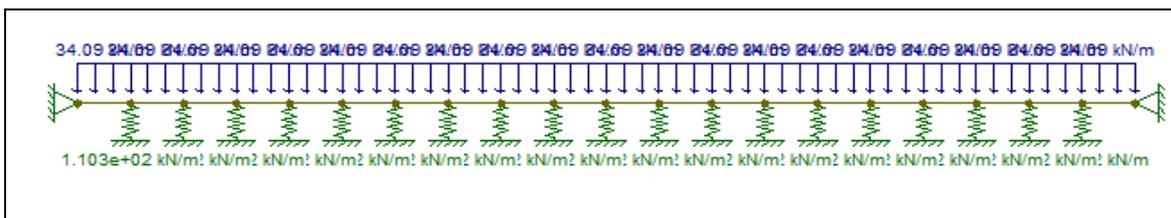
<b>Solo</b>	<b>K (MPa)</b>
<b>Areia com pedregulhos</b>	1,10
<b>Areia</b>	0,90
<b>Areia siltosa</b>	0,70
<b>Areia argilosa</b>	0,55
<b>Silte arenoso</b>	0,45
<b>Silte</b>	0,35
<b>Argila arenosa</b>	0,30
<b>Silte argiloso</b>	0,25
<b>Argila siltosa</b>	0,20

Fonte: TEIXEIRA E GODOY, 1996.

### Dimensionamento da armadura

Para o cálculo do dimensionamento da armadura, utilizamos o *software livre Ftool*®, onde levamos em consideração um trecho de 1 metro do radier solicitado à uma carga de 34,09 kN/m<sup>2</sup>. Para tornar o modelo compatível com a realidade, optou-se por introduzir dois apoios nas pontas, limitando as movimentações laterais e verticais e restrição de movimentação vertical por molas, adotando os coeficientes de mola do método de Winkler (1867). Levou-se em consideração um solo totalmente uniforme, com seu valor de coeficiente de mola igual em toda a região sob o radier.

**Figura 2** - Radier representado no software livre Ftool ®.



Fonte: Autor.

## RESULTADOS

Os resultados serão apresentados neste tópico.

### Tensão de ruptura local e tensão admissível do solo.

A tensão admissível é encontrada pelo resultado da tensão de ruptura local dividido por um coeficiente de segurança com valor de 3. Através da Equação 1, encontrou-se o valor de tensão de ruptura local e tensão admissível como:

**Quadro 1** – Tensão de ruptura local e tensão admissível.

$\sigma_r$ (KPa)	$\sigma_{adm}$ (KPa)
<b>174,50</b>	<b>58,16</b>

### Recalques

Para encontrar o valor do recalque presente nessa estrutura, utiliza-se as Equações 3 e 4, considerando o SPT médio como 11,2 referente ao bulbo de tensões. Os valores de recalque estão apresentados no Quadro 2.

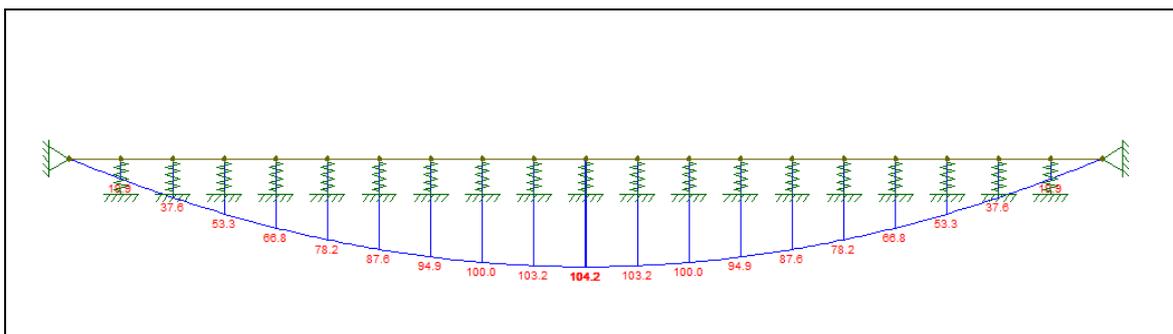
**Quadro 2** – Recalque.

$\nu$	$\alpha$	$\kappa$	$N_{SPT}$	$E_s$ (MPa)	$B$ (mm)	$\sigma$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\rho_i$ (mm)
0,3	7	0,2	11,2	15,68	5000	34,09	9,79

### Dimensionamento da armadura

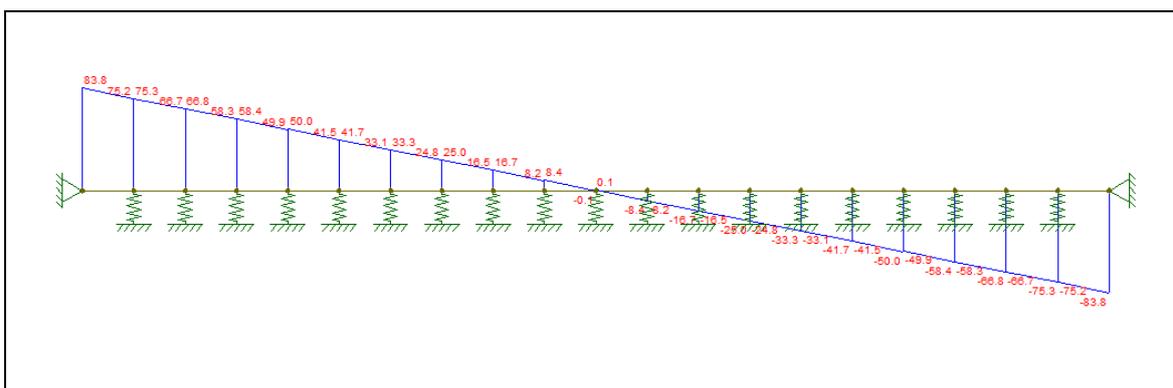
Os valores de momento fletor (Figura 3) e cortante (Figura 4) foram obtidos por meio do software livre Ftool ®, conforme segue.

Figura 3 - Momento Fletor.



Fonte: Autor.

Figura 4 – Cortante.



Fonte: Autor.

Analisando a Figura 3 e 4, dimensionou-se as armaduras do radier (Quadro 3).

Quadro 3 – Domínio em x.

Elemento	Mx (kN.m/m)	My (kN.m/m)	Mdx (kN.m/m)	dx	Linha neutra – x (cm)	$\beta_x$	Domínio
Radier	104,6	104,6	146,44	25,5	4,2205	0,16551	2

Quadro 4 – Área de aço em x.

Asx (cm <sup>2</sup> /m)	As tabelado (cm <sup>2</sup> /m)	Ø tabelado (cm)	Número de barras	Espaçamento (cm)	As efetivo (cm)
14,14	15,70	1,0	100	5	100

Quadro 5 – Domínio em y.

Elemento	Mx (kN.m/m)	My (kN.m/m)	Myx (kN.m/m)	dx	Linha neutra – x (cm)	$\beta x$	Domínio
Radier	104,6	104,6	146,44	24,5	4,42	0,18045	2

Quadro 6 – Área de aço em y.

Asx (cm <sup>2</sup> /m)	As tabelado (cm <sup>2</sup> /m)	Ø tabelado (cm)	Número de barras	Espaçamento (cm)	As efetivo (cm)
14,82	15,70	1,0	100	5	100

A ancoragem das armaduras está apresentada nos quadros 7 e 8.

Quadro 7 – Ancoragem em x.

Elemento	$f_{ctm}$ (MPa)	$f_{ctk,inf}$ (MPa)	$f_{ctd}$ (MPa)	$f_{bd}$ (Mpa)	$L_b$ (cm)	Ø (cm)	Lbnec (cm)
Radier	2,89	2,02	1,44	3,95	27	0,5	2,97

Quadro 8 – Ancoragem em y.

Elemento	$f_{ctm}$ (MPa)	$f_{ctk,inf}$ (MPa)	$f_{ctd}$ (MPa)	$f_{bd}$ (Mpa)	$L_b$ (cm)	Ø (cm)	Lbnec (cm)
Radier	2,89	2,02	1,44	3,95	27	0,5	2,97

Apesar do momento fletor ser apresentado apenas para um sentido vertical (de cima para baixo), foi escolhida uma malha dupla, pois entende-se que ao mesmo tempo que a estrutura tensiona o solo, o solo reage para com a estrutura. Assim, optou-se por utilizar uma malha dupla (superior e inferior).

### **Análise de viabilidade econômica de uma estrutura em radier**

A análise econômico-financeira é de suma importância, pois através dela é possível traduzir os custos gerados por uma implantação e então compreendendo os números junto a velocidade de execução analisar se o investimento será válido.

No Brasil, a fundação em radier não é muito utilizada pois possui poucos recursos quanto a quantidade de recomendações específicas que tratam do assunto dificultando o trabalho dos engenheiros. (SILVA; CORREA, 2017)

Para o início da análise da viabilidade econômica é necessário a investigação do solo, entretanto, como é comum em todos os projetos, independentemente do tipo de fundação, a realização de ensaios de campo e de laboratório para posterior dimensionamento, estes custos serão desconsiderados.

Dando sequência ao levantamento de etapas a serem levadas em consideração foi considerado a limpeza prévia da camada vegetal, aterro e compactação do solo em questão, lonas plásticas, madeira utilizada na execução das formas, aço CA-50 para realizar as armações, concreto usinado fck 30 e a mão de obra para a execução do serviço. Utilizando a tabela SINAPI-SP de 2022, com desoneração, encontramos os seguintes valores para a realização desse serviço, conforme Tabela 11:

**Tabela 11** - Análise de viabilidade econômica de uma estrutura em radier.

ITEM	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
Limpeza de camada vegetal	m <sup>2</sup>	25	3,25	81,25
Aterro e compactação	m <sup>3</sup>	7,5	11,17	83,78
Lastro de brita, e = 5cm	m <sup>2</sup>	25	27,24	681,00
Lona plástica	m <sup>2</sup>	25	2,11	52,75
Fôrma de madeira	m <sup>2</sup>	6	379,82	2.278,92
Aço CA-50 para armadura	kg	1.240	14,65	18.166,00
Concretagem do radier	m <sup>3</sup>	7,5	561,80	4.213,50
			<b>TOTAL</b>	<b>25.557,20</b>

## CONCLUSÕES

Nesse estudo, em uma região da cidade de Ourinhos – SP, foi realizado um ensaio SPT e encontrado um valor médio do mesmo de 11,2 em um solo argiloso. Através do software livre *Ftool*®, modelou-se um esquema para representar o radier e seus coeficientes de mola, encontrando seu momento fletor e força cortante pelo método *Winkler (1867)*. Além disso, foi desenvolvido cálculos envolvendo a capacidade de carga do solo, por um modelo de *Terzaghi (1943)*, com um valor equivalente à 58,16 KPa. Encontrou-se uma carga total de 36,09 kN/m<sup>2</sup>, que corresponde ao somatório do peso próprio do radier e peso do reservatório, e como consequência um recalque imediato de 9,79 mm. Obtém-se então, através de formulações envolvendo o momento máximo, a armação necessária para essa estrutura com diâmetro de 10 mm e espaçamento de 5 cm entre elas. A favor da segurança, mesmo com momento fletor somente em uma direção (vertical), fez-se uma malha dupla.

Após feitos esses cálculos, conclui-se que é possível a execução dessa fundação rasa em radier para sustentação de um reservatório de 15.000 litros com o intuito de abastecer um condomínio com 90 pessoas. A partir da análise de viabilidade econômica, foi encontrado um custo total de R\$ 25.557,20. Oferecendo essas informações, fica a critério do proprietário a realização de tal investimento para sustentação do reservatório.

## REFERÊNCIAS

AOKI, Nelson; CINTRA, José Carlos; ALBIERO, José Henrique. **Fundações diretas: projeto geotécnico**. Edição 01. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

BRANDI, José Luiz Gonçalves. **Previsibilidade e controle de recalques em radiers sobre solo mole**. 2004. 161 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Geotecnia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

CHIQUITO, Mário Sérgio Ribeiro. **PROJETO DE UMA FUNDAÇÃO DO TIPO RADIER**, 2020, Ribeirão Preto. [Anais]. Ribeirão Preto, SP: Centro Universitário Moura Lacerda, 2020. Disponível em: [https://educacivil.com/fundacao-em-radier/#Quando\\_devo\\_usar\\_um\\_Radier](https://educacivil.com/fundacao-em-radier/#Quando_devo_usar_um_Radier), acessado em 2022.

CIBULSKI JUNIOR, Osvaldo Luis. **Estudo da modelagem de radier rígido em concreto armado na análise da interação solo-estrutura**. 2016. 87 f. Trabalho

de Conclusão de Curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016.

COELHO, Vinicius de Oliveira. **Análise paramétrica para fundação superficial do tipo radier**. 2016. 118 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Geotecnia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2016.

CORREA, Jean Paulo; SILVA, Luís Paulo. **Viabilidade Econômica de Fundações tipo Radier em Edificações de Pequeno Porte**. TCC, Curso de Engenharia Civil, Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia, GO, 37p. 2017.

DANTAS NETO, Silvrano Adonias. **Fundações e obras de contenção**. 2006. Apostila (Geotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

MARANGON, Márcio. **Apostila de mecânica dos solos II – Notas de aula**. Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), 2018. Disponível em: <https://www.ufjf.br/nugeo/files/2013/06/MARANGON-2018-Cap%C3%ADtulo-07-Capacidade-de-Carga-dos-Solos-2018.pdf>. Acessado em: 19/05/2022.

MOTTA NETO, Paulo Roberto Gouveia. **Análise e dimensionamento de fundação tipo radier – estudo de caso**. 2019. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Geotecnia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

PINTO, Camila Patrícia Jeronymo. **Análise de estrutura com interação solo-estrutura e as molas de Winkler**. 2021. 104 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2021.

PORTO, Thiago Bomjardim. **Estudo da interação de paredes de alvenaria estrutural com a parede de fundação**. 2010. 221 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

RINCON, Edgar Rodriguez. **Análise experimental do comportamento de sistemas radier estaqueado em solos moles em processo de adensamento**. 2016. 238 f. Tese de Doutorado em Geotecnia – Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

RUAS, Erick. **16 passos para executar fundação em radier**. Disponível em: <<http://www.engenhariaminuto.com/executar-fundacao-em-radier/>>. Acessado em 2022.

SANTOS, José Roberto; BRITO, Jorge. **Ensoleiramentos gerais e grelhas de fundação**. 2000. 49 f. Notas de aula da cadeira de construção de edifícios do curso de mestrado avançado em construção e reabilitação – Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2000.

TEIXEIRA, Alberto Henriques; GODOY, Nelson Silveira. **Análise, projeto e execução de fundações rasas**. Edição 01. São Paulo: Pini, Cap. 7, p. 227-264, 1996.

TIZOTT, Rafael Mallmann. **Comparação do custo benefício entre dois tipos de fundação: sapata rígida e radier**. 2013. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Geotecnia) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2013.