

## DIMENSIONAMENTO E CÁLCULO DA FUNDAÇÃO EM SAPATA ISOLADA DE UM EDIFÍCIO COMERCIAL EM CONCRETO UTILIZANDO A TEORIA DE TERZAGHI, E AS SONDAgens SPT E CPT

Caio Nascimento Lemos<sup>1</sup>, Alexandre Miguel Silva Araújo<sup>2</sup>, Eduardo Souza Cândido<sup>3</sup>, Alex de Freitas Bhering Cardoso<sup>4</sup>, Daniela Fernanda Silva<sup>5</sup>

**Resumo:** Este projeto teve como objetivo o dimensionamento da fundação de um edifício comercial em concreto armado, a ser localizado na cidade de Viçosa (MG). O desenvolvimento foi dividido em três etapas. Primeiramente, após o cálculo estrutural do edifício, foram reconhecidas as cargas da estrutura que devem ser suportadas pelas fundações e executou-se o estudo do solo do terreno em que o edifício será implantado, onde foram feitas as sondagens SPT e CPT. Na segunda etapa, procedeu-se à verificação da viabilidade técnica e à escolha das fundações. Optou-se pela implantação de fundações rasas em sapata isolada e procedeu-se ao dimensionamento pelos métodos escolhidos que foram: a Teoria de Terzaghi, que se aplica a características como rigidez do solo, profundidade de embutimento; o ensaio CPT, normatizado na NBR 12069/91, que se baseia em correlações com a resistência de ponta no solo; e o ensaio SPT, normatizado na NBR 6484/80, que se baseia em correlações com o número  $N_{spt}$ . Assim, determinaram-se as dimensões das fundações com base nesses três métodos, utilizando-

<sup>1</sup>Graduando do Curso de Engenharia Civil – FAVIÇOSA/UNIVIÇOSA, e-mail: caionascimentolls@gmail.com

<sup>2</sup>Graduando do Curso de Engenharia Civil – FAVIÇOSA/UNIVIÇOSA, e-mail: alexandremsa@outlook.com

<sup>3</sup>Graduado em Engenharia Civil, Mestre em Geotecnia, Doutorando em Geotecnia – FAVIÇOSA/UNIVIÇOSA, e-mail: eduardocandido@outlook.com.br

<sup>4</sup>Graduado em Engenharia Civil, Especialista em Engenharia da Construção, Mestrando em Engenharia da Construção – FAVIÇOSA/UNIVIÇOSA, e-mail: alexbhering@univicoso.com.br

<sup>5</sup>Graduada em Engenharia Civil, Especializando em Segurança do Trabalho – FAVIÇOSA/UNIVIÇOSA, e-mail: dani.vhr@hotmail.com

se para os cálculos o *software* Excel, no qual foram inseridas todas as equações e parâmetros dos métodos aplicados. Por fim, na terceira etapa, efetuou-se a análise comparativa dos métodos e, a partir dos resultados obtidos, verificou-se qual solução seria melhor aplicável ao edifício, procedendo-se em seguida ao detalhamento em planta baixa das sapatas isoladas, para o que foi utilizado o *software* Autodesk AutoCAD 2017.

**Palavras-chave:** solo, resistência, métodos

## Introdução

As fundações ou subestruturas, de acordo com Alva (2007), são elementos estruturais fundamentais para a construção, cuja função é transmitir as cargas atuantes na superestrutura à camada de solo mais resistente. Devem, portanto, apresentar resistência adequada para suportar as tensões geradas pelos esforços solicitantes. Além disso, uma boa fundação deve transferir e distribuir confiavelmente as ações atuantes na edificação ao solo, de modo que não ocorram recalques diferenciais prejudiciais ao sistema estrutural, nem a própria ruptura do solo.

Segundo a ABNT NBR 6122: 2010, as fundações classificam-se em função da profundidade da cota de apoio e são divididas em fundações rasas e profundas. As fundações rasas são aquelas em que a carga é transmitida ao terreno predominantemente pelas pressões distribuídas sob a base da fundação, e em que a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação. Já as fundações profundas são aqueles elementos que transmitem a carga ao terreno pela base (resistência de ponta), por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, e que está assente em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, e no mínimo 3 metros.

Neste projeto aborda-se o projeto estrutural de fundações rasas, ou seja, dimensionamento de sapatas isoladas, as quais representam uma das soluções mais utilizadas no Brasil em regiões com terrenos de boa capacidade de suporte.

De acordo com Bastos (2016) as sapatas isoladas são elementos tridimensionais e têm a finalidade de transferir para o solo as ações oriundas de um único pilar. Suas formas são muito variadas mas, usualmente, a retangular é a mais comum, em razão da predominância de pilares retangulares.

### **Material e Métodos**

Inicialmente, elaborou-se o projeto arquitetônico do edifício utilizando-se do *software* Autodesk AutoCAD 2017 (Figura 1: a), que serviu de base para o pré-dimensionamento estrutural de elementos como lajes, vigas e pilares (Figura 1: b). Esses elementos foram calculados com o *software* comercial AltoQi Eberick V10 Pro, com o objetivo de se obterem as cargas atuantes de cada pilar (Figura 1: c). Nos resultados, apresentam-se os resultados do cálculo da sapata isolada do pilar P18, a título de exemplificação.

Com base nessas cargas foi possível calcular a fundação em sapata isolada. Os cálculos foram feitos utilizando-se o método teórico de Terzaghi (1943) e os métodos semiempíricos de Hachich et al. (1996) e Teixeira e Godoy (1996), que se utilizam dos ensaios SPT e CPT.

Para se obter o maior, e melhor, valor da base (B) e com capacidade de carga alta, foram feitas algumas considerações iniciais para o dimensionamento da sapata, como variar o B de 80 a 200 cm, obtendo-se assim as tensões admissíveis e, posteriormente, o valor de P, que é a carga suportada pela sapata.

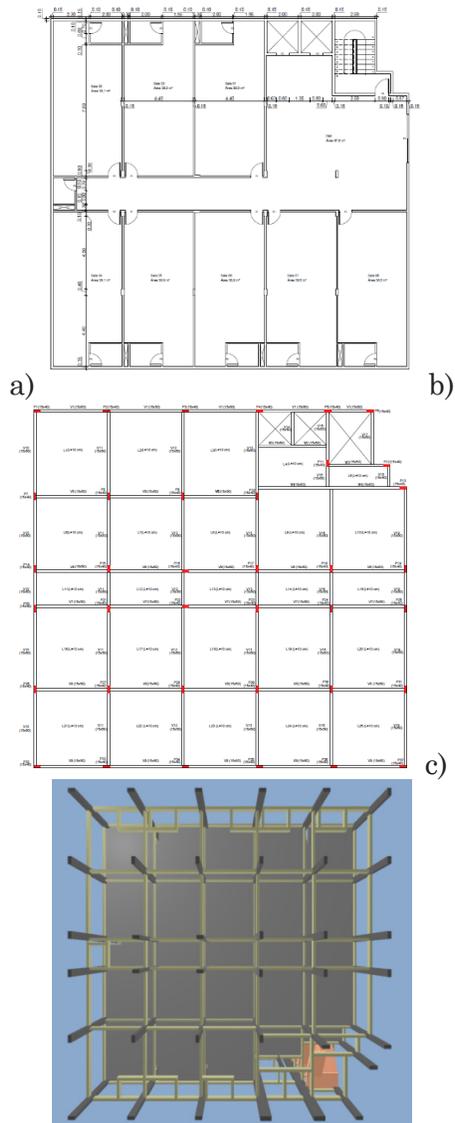


Figura 1 – (a) Planta arquitetônica. FONTE: (*software* Autodesk AutoCAD 2017).  
(b) Planta de forma do edifício. FONTE: (*software* Autodesk AutoCAD 2017). (c) Projeto estrutural – vista dos pilares do edifício. FONTE: (*software* AltoQi Eberick V10 Pro)

## Resultados e Discussão

São apresentados abaixo os cálculos realizados de um dos pilares do edifício, como exemplificação, visto que o edifício contém trinta e sete pilares em prumada. Todos foram calculados, mas aqui será apresentado apenas um deles. Nas tabelas 1, 2 e 3, apresentam-se os resultados do cálculo da sapata isolada do pilar P18, seguindo os métodos citados. São eles:

1° - Teoria de Terzaghi (1943): Considerando-se ruptura geral, tem-se:

$$\sigma_r = cS_cN_c + \frac{1}{2} \gamma B S_\gamma N_\gamma + \bar{q} S_q N_q \quad (1)$$

Com a relação de P e B, obteve-se a seguinte expressão:  $P = 594,44 * (B^{2,0337})$

Tabela 1: Dimensão B da sapata quadrada

Pilar	Carga (kN)	B (cm)	B <sub>adotado</sub> (cm)
P18	1370,2	150,8	155

FONTE: (*software* Excel)

2° - Ensaio SPT (Hachich et al., 1996): A seguinte expressão foi utilizada para o cálculo da capacidade de carga em função do  $N_{spt}$ :

Com a relação de P e B, obteve-se a seguinte expressão:  $P = 175,82 * (B^{1,837})$

$$\sigma_a = 20 \bar{N}_{spt} + \bar{q} \quad (2)$$

Tabela 2: Dimensão B da sapata quadrada

Pilar	Carga (kN)	B (cm)	B <sub>adotado</sub> (cm)
P18	1370,2	305,8	310

FONTE: (*software* Excel)

3º - Ensaio CPT (Teixeira e Godoy, 1996): A seguinte equação, que varia de acordo com o tipo de solo encontrado durante o ensaio, foi utilizada para o cálculo da tensão admissível, em função da resistência de ponta obtida no ensaio CPT:

$$\sigma_a = q_c/15 \quad (3)$$

Com a relação de P e B, obteve-se a seguinte expressão:  $P = 312,7 \cdot (B^{1,8348})$

Tabela 3: Dimensão B da sapata quadrada

Pilar	Carga (kN)	B (cm)	B <sub>adotado</sub> (cm)
P18	1370,2	223,7	225

FONTE: (*software* Excel)

### Considerações Finais

Este projeto reconhece a importância das sondagens e de um estudo adequado do solo, além da análise criteriosa da capacidade de carga das fundações, sejam elas dos tipos sapatas isoladas, estacas cravadas, tubulões, etc., para se otimizar a escolha e dimensionamento da fundação de um edifício, levando-se em consideração também os critérios de execução, econômicos e de segurança.

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que, na utilização das expressões de Terzaghi (1943) e dos métodos semiempíricos, a maior dimensão obtida foi de 3,1 metros, determinada pelo método baseado no ensaio SPT. Esta dimensão será adotada em projeto para o pilar 18.

No entanto, deve-se considerar que a dimensão obtida poderá inviabilizar sua execução em alguns pontos da edificação, pois os níveis de carga são similares em diversos pontos da área construída, inclusive em locais com maior concentração de pilares.

Sendo assim, deve-se avaliar a possibilidade de implantação de outro tipo de fundação como, por exemplo, os tubulões. Neste caso, será necessário gerar o perfil geológico-geotécnico e, para cada pilar, avaliar a cota de apoio na qual se consiga proceder à sua execução a céu aberto e a melhor relação custo-benefício possível.

### Referências Bibliográficas

ALVA, G. M. S. **Projeto Estrutural de Sapatas: Notas de Aula**. Centro de Tecnologia – UFSM – Universidade Federal de Santa Maria, 2007. 39p. Disponível em: <<http://coral.ufsm.br/decc/ECC1008/Downloads/Sapatas.pdf>>. Acesso em 30/03/2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: **Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro, 2010. 33p.

BASTOS, P. S. dos Santos. **Sapatas de Fundação: Notas de Aula**. Faculdade de Engenharia – UNESP – Universidade Estadual Paulista, 2016. 125p. Disponível em: <<http://www.feb.unesp.br/pbastos/concreto3/Sapatas.pdf>>. Acesso em 30/03/2018.