

## **A IMPORTÂNCIA DA INVESTIGAÇÃO DO SUBSOLO NO DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES**

MAIELY MINOZZO<sup>1\*</sup>; GUSTAVO SAVARIS<sup>2</sup>; GUILHERME ALAN SOUZA COSTA<sup>3</sup>; SÉRGIO ANTÔNIO BRUM JUNIOR<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Graduanda em Engenharia Civil, UTFPR, Toledo-PR, maaiely@hotmail.com

<sup>2</sup>MSc. em Engenharia Civil, Prof. Assistente, UTFPR, Toledo-PR, gsavaris@utfpr.edu.br

<sup>3</sup>MSc. em Engenharia Civil, Prof. Assistente, UTFPR, Toledo-PR, guilhermecosta@utfpr.edu.br

<sup>4</sup>Dr. em Engenharia Civil, Prof. Adjunto, UTFPR, Santa Helena-PR, sergiojunior@utfpr.edu.br

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016  
29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

**RESUMO:** Este trabalho consistiu em um estudo de caso do dimensionamento das fundações para uma edificação comercial/residencial com fundações em estacas do tipo hélice contínua monitorada em solo de argila siltosa localizado na cidade de Toledo - PR. Como o terreno não possuía ensaio de sondagem, a capacidade de carga e as estimativas de recalque foram determinadas a partir de duas sondagens à percussão (SPT) realizadas em terrenos localizados em um raio de 250 metros da edificação. As capacidades de carga foram avaliadas pelo método de Aoki-Velloso e os recalques foram estimados a partir do método racional de encurtamento elástico e recalque do solo demonstrando uma grande variação entre os SPTs utilizados. Desta forma constatou-se a importância da realização de ensaios de caracterização do subsolo do terreno da edificação, contribuindo na economia e segurança das construções.

**PALAVRAS-CHAVE:** Recalque, fundação, capacidade de carga, monitoramento de recalque, sondagem.

### **THE IMPORTANCE OF THE SUBSOIL INVESTIGATION IN THE DESIGN OF FOUNDATIONS**

**ABSTRACT:** This paper consisted of a case study of the scaling of the foundations for a commercial/residential building foundations in continuous flight auger piles in silty clay soil located in the city of Toledo-PR. As the site had no subsurface investigation, the bearing capacity and settlement estimates were determined from two standard penetration tests (SPT) held in land located in a radius of 250 meters from the building. The bearing capacities were evaluated by Aoki-Velloso method and the settlements were estimated from the rational method of elastic shortening and settlement of the ground demonstrating a great variation between the SPT used. In this way it was noted the importance of conducting tests of subsurface characterization of building land, contributing to the economy and security of buildings.

**KEYWORDS:** Settlement, foundation, load capacity, settlement monitoring, drilling.

### **INTRODUÇÃO**

Segundo Alonso (1991), as fundações devem ser projetadas e executadas com o intuito de garantir as condições mínimas de segurança, funcionalidade e durabilidade, sob a ação das cargas de serviço. Portanto, uma boa fundação baseia-se na eficiência do projeto, da execução e do controle da qualidade. Tendo em vista ainda que as fundações ficam enterradas e conseqüentemente impossíveis de serem inspecionadas constantemente, evidencia-se a importância do controle de qualidade durante todas as fases de dimensionamento e construção das mesmas.

Neste trabalho será apresentado o cálculo de capacidade de carga e recalque para as referidas cargas admissíveis para uma obra localizada na cidade de Toledo - PR. Devido ao fato da ausência de

ensaio de sondagem para o terreno em questão, utilizaram-se dois ensaios de SPT em terrenos localizados em um raio de 250 metros do local da edificação.

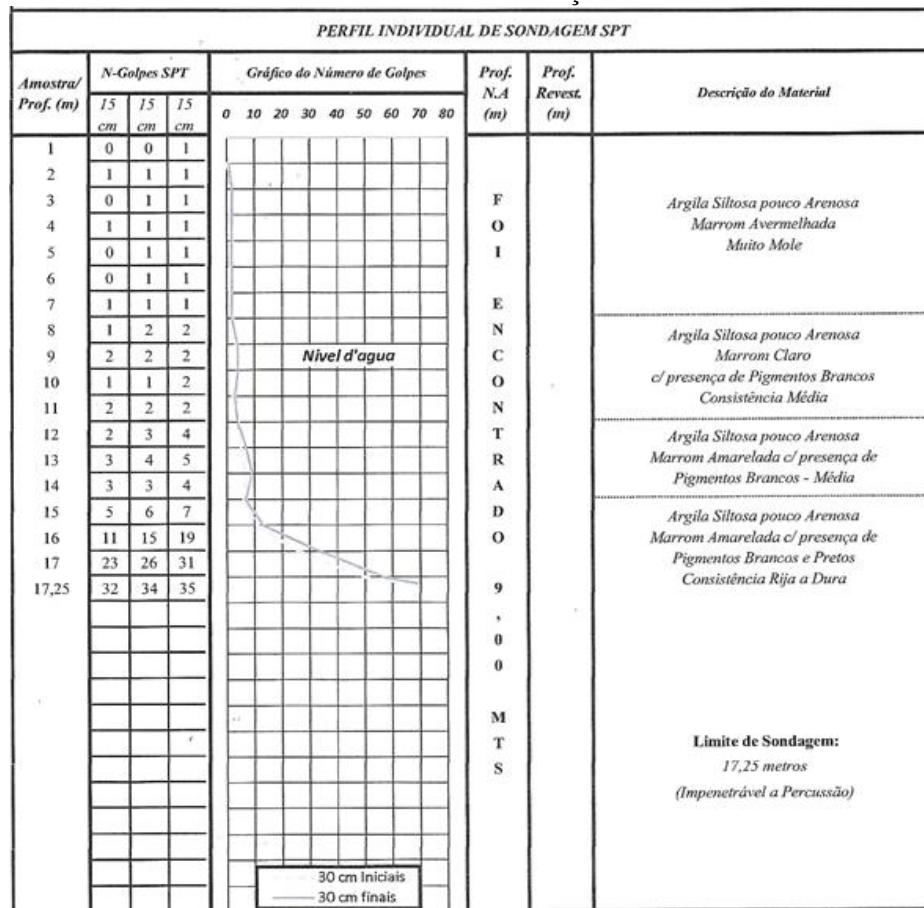
O objetivo deste trabalho é comprovar a importância da investigação do subsolo para a correta escolha do tipo de fundação e seu dimensionamento. Mostrando que os resultados podem variar consideravelmente mesmo em locais próximos, ocasionando o dimensionamento incorreto da fundação, caso considere-se que o solo possui as mesmas características geotécnicas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho estimou-se a capacidade de carga e recalque de uma fundação profunda em estacas moldadas *in loco* do tipo hélice contínua monitorada, contendo 7,00 metros de comprimento útil e 40 cm de diâmetro. Considerou-se que houve uma escavação de 3,00 metros no terreno para a execução de um subsolo.

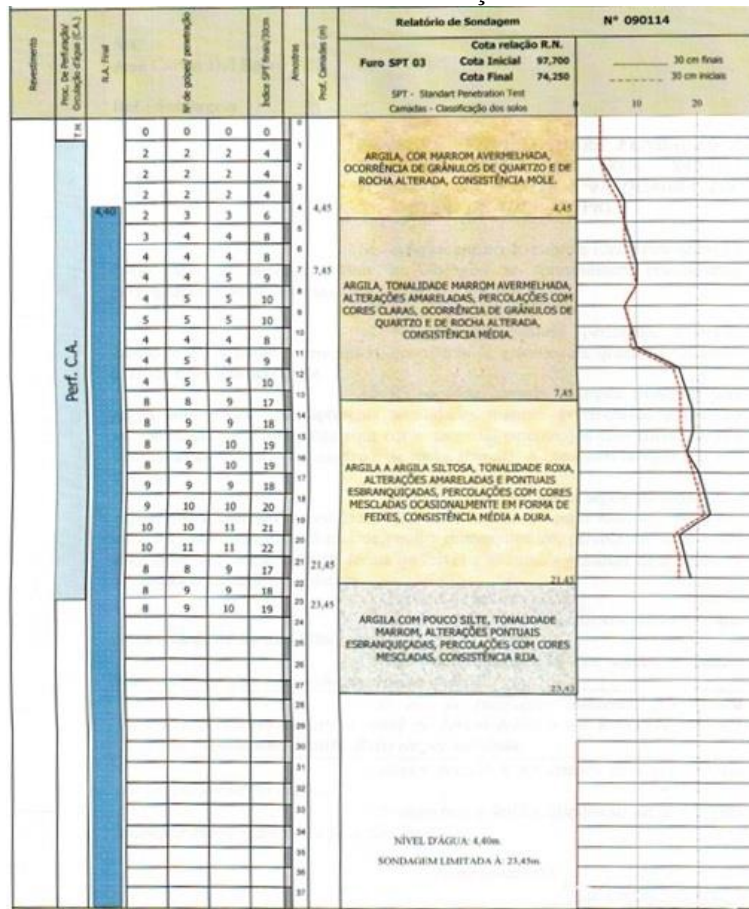
Em decorrência da indisponibilidade de ensaio de sondagem do solo no terreno em que a edificação está sendo construída, utilizou-se os resultados do ensaio de sondagem à percussão de dois terrenos próximos para a realização dos cálculos. A Figura 1 ilustra o ensaio de SPT realizado em um terreno localizado a aproximadamente 100 metros do local da edificação.

Figura 1. SPT de terreno localizado a 100 metros da edificação



A Figura 2 apresenta o perfil de sondagem do ensaio de SPT localizado a aproximadamente 250 metros da edificação em estudo.

Figura 2. SPT de terreno localizado a 250 metros da edificação



A capacidade de carga última foi estimada a partir do método semiempírico consagrado de Aoki & Velloso (1975), através da equação a seguir, que relaciona a resistência de ponta e o atrito lateral da estaca com o resultado do ensaio *in situ*.

$$Q = \frac{K \times N_p}{F_1} \times A_p + \frac{U}{F_2} \sum_{1}^n (\alpha \times K \times N_{SPT} \times \Delta L)$$

Onde:

Q: capacidade de carga última de um elemento isolado de fundação;

K e  $\alpha$ : valores adotados que dependem do tipo de solo;

$F_1$  e  $F_2$ : fatores de escala e execução;

$N_{SPT}$ : valor de  $N_{SPT}$  na camada analisada;

$N_p$ : valor de  $N_{SPT}$  das camadas de solo da ponta da estaca;

$A_p$ : área da ponta da estaca;

U: perímetro da estaca;

n: quantidade de camadas de solo;

$\Delta L$ : espessura da camada de solo.

A capacidade de carga admissível foi calculada de maneira determinística dividindo-se a capacidade de carga última pelo fator de segurança global para fundações sugerido pela NBR 6122 (ABNT, 2010).

O recalque para este elemento de fundação foi calculado através do método racional que considera o encurtamento elástico da estaca e o recalque do solo devido ao acréscimo de tensões gerado pela estaca.

A partir da lei de Hooke, o encurtamento elástico da estaca é dado pela Equação a seguir. Pode-se observar que este deslocamento vertical, caso o elemento não estivesse enterrado, seria o equivalente ao encurtamento de um pilar. Como a força atuante no topo da estaca é transferida ao solo ao longo da profundidade, o recalque elástico de um elemento enterrado será menor do que o seu encurtamento caso não estivesse envolto em uma massa de solo.

$$\rho_e = \frac{1}{A \times E_c} \times \sum (P_i \times L_i)$$

Onde:

$\rho_e$ : recalque elástico da estaca;

A: área da seção transversal do fuste;

$E_c$ : módulo de elasticidade do material da estaca, considerado igual a 21 GPa para estaca hélice contínua em concreto;

$P_i$ : valores médios do esforço normal nos segmentos da estaca;

$L_i$ : comprimento do segmento da estaca.

De acordo com Cintra e Aoki (2010), a aplicação de uma carga vertical no topo da estaca ocasionará, além do encurtamento da mesma, deformações verticais de compressão dos estratos de solo subjacentes à base da estaca, até o indeslocável, o que resulta no recalque do solo e é dada pela seguinte Equação.

$$\rho_s = \sum \left( \frac{\Delta\sigma}{E_s} \right) H$$

Onde:

$\rho_s$ : recalque devido ao solo;

$\Delta\sigma$ : acréscimo total de tensões na camada;

$E_s$ : módulo de deformabilidade da camada de solo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A capacidade de carga admissível estimada para o elemento de fundação em estudo de acordo com seus respectivos ensaios de SPT encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1. Capacidade de carga admissível para a fundação (tf)

Capacidade de carga admissível (tf)	
SPT - 100 metros	SPT - 250 metros
5,39	15,39

Observa-se que a capacidade de carga em função do subsolo localizado a 250 metros da edificação é cerca de três vezes maior do que a capacidade de carga para o subsolo localizado a 100 metros.

Caso a construtora suponha que as características do subsolo sejam as mesmas que ensaio SPT -100 metros, contudo na realidade as características se aproximem mais do SPT – 250 metros, haverá um superdimensionamento do elemento de fundação acarretando em um custo maior da mesma.

Por outro lado, caso a construtora faça a consideração contrária, haverá um subdimensionamento do elemento de fundação, podendo ocasionar a ruptura do solo e surgimento de recalques excessivos na edificação.

A Tabela 2 apresenta os recalques considerando as cargas admissíveis para o elemento de fundação de acordo com seus respectivos ensaio de SPT.

Tabela 2. Recalque da fundação para as cargas admissíveis (mm)

Recalque (mm)	
SPT - 100 metros	SPT - 250 metros
6,95	9,79

Supondo que a edificação apresente recalques absolutos equivalentes nos blocos de fundação, ou seja, inexistência de recalques diferenciais entre os elementos da fundação, teoricamente ela não

sofreria danos. Contudo, recalques totais excessivos também oferecem prejuízos à edificação, podendo inverter a declividade, romper tubulações, prejudicar o acesso, entre outros.

## **CONCLUSÃO**

Neste trabalho observou-se a importância da realização de sondagem de simples reconhecimento em subsolos para a escolha e dimensionamento dos elementos fundação. Tendo em vista que foram comprovados os danos associados às alterações das características geotécnicas mesmo em curtas distâncias.

O subdimensionamento da fundação pode acarretar em ruptura do solo e aparecimento de recalque. Este último é uma das principais causas de problemas em edificações, tanto de ordem estética, estrutural e/ou funcional.

O superdimensionamento dos elementos de fundação acarretará danos econômicos os quais podem ser reparáveis ou não. No primeiro caso, patologias nas estruturas podem ser identificadas e os reparos associados significarão um acréscimo no custo da obra, afetando o orçamento previsto. No segundo caso, um subdimensionamento pode por ventura causar a ruína de uma estrutura e eventualmente provocar a perda de vidas humanas, gerando um dano irreparável.

A NBR 8036 (ABNT, 1983) estabelece em seus procedimentos mínimos o número e a locação das sondagens, dependendo do tipo da estrutura, suas características especiais e condições geotécnicas do terreno. Sendo que o número de sondagens varia em função da área da projeção do edifício em planta, porém nunca inferior a dois furos de sondagem.

É importante ressaltar que nem sempre a execução de uma boa campanha de investigação geotécnica significará uma redução nos custos das fundações. É preciso ter em mente que o objetivo da exploração do subsolo é fornecer subsídios para a realização de um projeto que seja seguro e isto pode significar inclusive que seja preciso extrapolar o orçamento previsto para uma determinada solução de fundação.

## **REFERÊNCIAS**

- Alonso, U. R. Previsão e controle das fundações: uma introdução ao controle de qualidade em fundações. São Paulo: Blucher, 1991. 142 p.
- Cintra, J. C. A.; Aoki, N. Fundações por estacas: projeto geotécnico. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 96 p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6122: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2010.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 8036: Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios. Rio de Janeiro, 1983.