INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA DO SOLO DO CENTRO URBANO DE SANTARÉM-PA PELO ENSAIO DE PENETRAÇÃO PADRÃO (SPT)

ANTÔNIO RODRIGO DO CARMO MOREIRA[1], FERNANDO AUGUSTO FERREIRA DO VALLE[2], ALESSANDRA MARIA DE SOUSA BARROSO[3], GRACE KELLY PAZ DA SILVA[3], PEDRO MARLLESON DOS SANTOS PANTOJA[5]

[1]Graduando em Engenharia Civil, CEULS/ULBRA, Santarém-PA, rdcm007@gmail.com
[2]M.sc. Prof. Titular, CEULS/ULBRA, IFPA, Santarém-PA, fafvalle@hotmail.com
[3]Engenheira Civil, CEULS/ULBRA, Santarém-PA, eng-alessandra@outlook.com
[4]Engenheira Civil, CEULS/ULBRA, Santarém-PA, kellypazsilva@gmail.com
[5]Discente do Curso Técnico de Edificações, IFPA, Santarém-PA, pedropantoja292@gmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
Palmas/TO – Brasil
17 a 19 de setembro de 2019

RESUMO: Nas obras de engenharia civil o reconhecimento do solo onde serão construídas edificações é de extrema importância, pois são a partir das investigações geotécnicas feitas no terreno que serão definidos parâmetros para a adoção do tipo mais adequado de fundação. Desta forma, o *Standard Penetration Test* (SPT) é uma ferramenta que possibilita reconhecer as características do solo a partir de sondagens. Assim, este trabalho tem o objetivo de analisar uma parcela do solo do centro urbano da cidade de Santarém-PA através do ensaio de SPT, visando identificar o tipo de fundação mais adequada para a concepção de edifícios de multipavimentos na área em estudo. Para tal foram feitos dois estudos por empresas distintas e através das análises dos perfis longitudinais gerados a partir dos resultados das sondagens foi possível verificar que o solo do local é caraterizado como argilo-arenoso. A sondagem evidenciou que o tipo de fundação para a área tem que atingir grandes profundidades, para suportar elevadas cargas. Portanto, as estacas do tipo hélice contínua mostraram-se como o modelo que mais se adequa às características geotécnicas do solo e ao cenário técnico-econômico da cidade.
PALAVRAS-CHAVE: Solo, investigações geotécnicas, fundação, SPT.

GEOTECHNICAL INVESTIGATION OF THE SOIL OF THE URBAN CENTER OF SANTARÉM-PA BY THE STANDARD PENETRATION TEST (SPT)

ABSTRACT: In the civil engineering works, the recognition of the soil where buildings will be built is of extreme importance, since it is from the geotechnical investigations made on the ground that parameters will be defined for the adoption of the most appropriate type of foundation. In this way, the Standard Penetration Test (SPT) is a tool that allows to recognize the soil characteristics from drillings. Thus, this work has the objective of analyzing a plot of soil in the urban center of the city of Santarém-PA through the SPT test, aiming to identify the type of foundation most suitable for the design of multi-floor buildings in the area studied. For the same area, two studies were carried out by different companies and through the analyzes of the longitudinal profiles generated from the results of the surveys it was possible to verify that the soil of the site is characterized as sandy clay. The survey showed that the type of foundation for the site has to reach great depths to withstand heavy loads. Therefore, propeller-type piles continued to be the model that best suits the geotechnical characteristics of the soil and the technical-economic scenario of the city
KEYWORDS: Soil, geotechnical investigations, foundations, SPT.

INTRODUÇÃO

Santarém, cidade localizada na região Oeste do Pará, vem no decorrer dos anos tendo uma forte tendência de verticalização, isto pode ser visto por inúmeros edifícios de multipavimentos já

construídos ou em obras. Esta tendência multiplica-se com os diversos empreendimentos de construtoras da cidade, e também com a instalação e aparição de novas empresas voltadas para a construção civil na região.

Na construção de edificações e estruturas de modo geral, um dos aspectos de suma importância para a estabilidade global é o mecanismo de transferência dos carregamentos (que compreende o peso da estrutura e as cargas acidentais e de ocupação) para o maciço do solo, ou mesmo rocha, do local. Esta transferência, identificada comumente por interação solo x estrutura, requer a adoção de elementos de fundação adequados para cada caso (ANTUNES; TAROZZO, 1998).

Para realizar uma obra de engenharia civil é necessário que se tenha um conhecimento mínimo de mecânica dos solos. Em função do porte da obra ou de condicionantes específicos, deve ser realizada vistoria geológica de campo por profissional especializado, eventualmente, complementada por estudos geológicos adicionais (ABNT NBR 6122, 2010).

As fundações são um dos principais elementos de uma construção, pois ela suportará as cargas de uma edificação, como alvenaria, laje, viga e pilares. Portanto, é fundamental conhecer a tipologia do solo onde será apoiada a base da edificação. Desta forma, Tavares (2009) destaca que a escolha do tipo de fundação de um edifício depende de vários fatores, como a intensidade da carga dos pilares para fundação, o perfil do solo, a profundidade do nível de água, topografia do terreno, resistência do solo, presença das construções vizinhas, tipos de materiais disponíveis no mercado e o custo final da obra, os quais interferem diretamente na execução correta da fundação do edifício.

Segundo Schnaid (2012), em termos de custos, no Brasil, normalmente é destinado 0,2% a 0,5% do custo total de obras convencionais para realização de sondagens de reconhecimento do subsolo. Porém, o que se observa em muitos lugares do país é a ausência desta investigação geotécnica na implantação de obras de pequeno porte, como moradias populares e comerciais, o que poderá ocasionar futuramente diversos problemas para a edificação.

A partir dos conhecimentos das propriedades do subsolo do terreno, pode-se definir qual o melhor tipo de fundação a ser utilizada, qual será a cota de implantação desta e o custo exato deste item da obra. Existem muitos tipos de sondagens, as quais são projetadas para cada tipo de solo e objetivo, por esse motivo há diversos tipos de investigações geotécnicas disponíveis no mercado, porém este estudo limita-se a análise de ensaios do tipo SPT. O *Standard Penetration Test* (SPT), normatizado no Brasil pela ABNT NBR 6484:2001 - "Solo-Sondagem de Simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio", é sem dúvidas a mais popular e econômica ferramenta de investigação geotécnica em todo o mundo, e especialmente no Brasil.

Desta forma, este trabalho teve o objetivo de investigar, a partir de ensaio de sondagem SPT, as caraterísticas geotécnicas do solo de uma área do centro urbano de Santarém-PA, mais precisamente do bairro Santa Clara, região nobre da cidade, a fim de verificar qual o tipo de fundação mais adequada para construção de edifícios de multipavimentos.

MATERIAS E MÉTODOS

Foram analisados dois procedimentos de ensaios SPT, por empresas distintas em uma mesma área de estudo. O primeiro ensaio de sondagem foi realizado pela empresa SAND Projetos Ambientais e Geologia LTDA, e o segundo pela empresa MTEC – Tecnologia em Concretos e Fundações.

No total foram executadas 04 sondagens SPT (02 furos por cada empresa), com o limite de profundidade de 25,00 metros, realizadas em uma área do Bairro Santa Clara em Santarém/PA, para a adequada caracterização geotécnica do solo na área investigada.

Em cada furo de sondagem montou-se um tripé com uma altura em torno de 5 metros e um conjunto de cabos e roldanas. Foi coletada uma amostra a 0 m, assim iniciou-se a escavação com trado manual, perfurou-se o terreno até a profundidade de 1m para o começo da penetração dinâmica e através de sucessivas quedas do martelo, penetrando 45 cm do amostrador, sendo anotado o número de golpes para cada avanço de 15 cm, conforme as recomendações da ABNT NBR 6484:2001. Salientando que a soma do número de golpes necessários para a penetração dos primeiros 30 cm é o SPT inicial, e a soma para os últimos 30 cm é o SPT final.

O ensaio foi finalizado quando foi atingida a profundidade desejada e a sondagem paralizada de acordo com as recomendações da NBR 6484:2001. Assim, no laudo final é identificada a resistência do solo a cada metro, a espessura do material, as posições do nível de água e a quantidade de golpes para cada perfuração.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas perfurações realizadas pela primeira empresa, os laudos de sondagem apontaram presença de água nas cotas de 24,80m para os furos de sondagem SPT 1 e SPT 2. Já na segunda empresa, o laudo de sondagem registrou presença de água nas cotas de 22,35m para o furo de sondagem SPT 1 e 22,75m para o furo de sondagem SPT 2.

Os resultados obtidos pela primeira empresa mostram que o solo do terreno onde foram feitas as sondagens é caracterizado como argilo-arenoso, intercalando, ora com predominância de argila, ora com predominância de areia até o final da sondagem.

Os resultados encontrados pela primeira empresa foram similares à segunda. Verifica-se que nos primeiros 4 metros do solo, obteve-se a presença de argila mole e muito mole, em que se observam poucos números de golpes, e logo em seguida com predominância de argila média, variando de 4 a 6 metros, assim aumentando o número do SPT. Somente a partir de aproximadamente 17 metros de profundidade o número de golpes foi maior, variando entre 20 e 25 golpes nos 30 cm finais, encontrando areia fina de cor branca média, média compacta e muito compacta. Nas Tabelas 1 e 2 encontram-se os dados de sondagem obtidos pelas empresas.

Tabela 1. Perfil geotécnico do solo obtido pala empresa SAND através de ensaio SPT.

SPT-1				**SPT-2**			
NSPT Inicial	NSPT Final	Prof. (m)	Característica da Camada	NSPT Inicial	NSPT Final	Prof. (m)	Característica da Camada
-	-	0,50	Aterro	-	-	0,50	Solo argilo arenoso cinza escuro
3	3	0,80	Arg. arenosa cinza escura (matéria org.)	3	4	3,00	Argila arenosa marrom muito mole
2	1	2,00	Arg. arenosa marrom mole	4	5	3,80	Arg. arenosa c/ conc. lateriticas
2	3	3,00	Arg. arenosa marrom muito mole	3	4	4,50	Argila arenosa vermelha
5	6	4,00	Arg. arenosa marrom mole	6	6	5,50	Argila arenosa vermelha c/ conc. lateriticas (mole)
10	11	4,50	Arg. vermelha c/ concreções lateriticas	6	5	6,00	Areia argilosa vermelha c/ conc. lateriticas (mole)
15	15	5,00	Areia argilosa vermelha c/ conc. Lateriticas	3	7	7,00	Areia argilosa vermelha fofa
8	9	6,50	Areia muito grossa c/ concreções lateriticas	7	12	7,80	Areia grossa pouco argilosa vermelha
5	9	7,00	Areia média pouco argilosa vermelha	9	15	9,50	Areia grossa c/ conc. lateriticas
7	12	8,70	Areia média e grossa de cor amarelada	11	10	12,70	Areia grossa de cor branca
9	14	9,50	Areia média e grossa de cor creme clara	16	23	15,00	Argila de cor cinza dura
16	22	10,50	Areia de cor amarela c/ seixos finos	27	35	17,00	Areia fina branca compacta
16	22	10,70	Areia grossa de cor branca	33	45	21,00	Areia média branca muito compacta
13	18	12,60	Argila de cor cinza (rija)	44	49	23,00	Areia argilosa branca muito comp.
29	45	14,00	Arg. arenosa de cor cinza	43	50	23,90	Argila cinza dura
22	36	15,00	Arg. arenosa de cor cinza	48	50	25,45	Areia fina branca muito compactada
14	18	16,40	Argila arenosa de cor branca (dura)	-	-	-	-
22	41	19,00	Areia fina branca muito compactada	-	-	-	-
34	39	21,00	Areia fina branca compactada	-	-	-	-

45	49	25,45	Areia fina branca muito compactada	-	-	-	-

Fonte: SAND, 2018

Tabela 2. Perfil geotécnico do solo obtido pala empresa MTEC através de ensaio SPT.

SPT-1				**SPT-2**			
NSPT Inicial	NSPT Final	Prof. (m)	Característica da Camada	NSPT Inicial	NSPT Final	Prof. (m)	Característica da Camada
2	2	0,16	Aterro	2	2	0,10	Areia argilosa fina cinza escura muito fofa
2	2	0,25	Areia argilosa fina cinza clara muito fofa	2	2	0,18	Areia argilosa fina cinza clara muito fofa
2	3	1,70	Areia argilosa fina laranjada muito fofa	3	4	1,85	Areia argilosa fina laranjada muito fofa
4	4	2,94	Areia argilosa fina laranjada fofa	4	5	3,56	Areia argilosa fina laranjada fofa
6	6	5,63	Areia argilosa fina laranja fofa	6	7	6,77	Areia argilosa grossa laranja fofa
15	17	8,12	Areia argilosa grossa laranjada média c/ pedras	17	20	8,25	Areia argilosa grossa laranjada média c/ pedras
10	10	8,95	Areia argilosa grossa laranjada média c/ fragmentos de seixo	11	12	9,48	Areia argilosa grossa laranjada média c/ fragmentos de seixo
13	14	12,45	Areia argilosa grossa laranjada média	15	15	13,64	Areia argilosa grossa laranjada média c/ pedras pequenas
18	19	15,87	Areia argilosa vermelha clara c/ fragmentos de seixo	20	21	16,32	Areia argilosa vermelha clara média c/ frag. de seixo
23	23	18,53	Areia argilosa grossa laranjada clara c/ fragmentos de seixo	24	25	19,25	Areia argilosa grossa laranjada média c/ fragmentos de seixo
26	26	21,87	Areia argilosa grossa amarela clara	27	28	22,69	Areia argilosa grossa amarela clara média
31	32	24,75	Areia argilosa grossa rosa compacta	32	33	24,75	Areia argilosa grossa rosa compacta

Fonte: MTEC, 2018

Percebe-se pelo laudo da empresa SAND que na profundidade a partir de 17,0 metros tem-se uma boa resistência do solo baseado no NSPT final. O laudo fornecido pela empresa MTEC confirma a cota de resistência obtida pela empresa SAND, porém, o NSPT final para cada metro foi um pouco inferior, entretanto, satisfatório para a fundação proposta.

A partir dos resultados das análises realizadas nos laudos de sondagem e vislumbrando a construção de edifícios de multipavimentos, foi possível evidenciar que para o terreno da área estudada, é necessária aplicação de fundação do tipo profunda, capaz de alcançar camadas resistentes abaixo do solo superficial. Portanto, a estaca do tipo hélice continua monitorada encaixa-se como opção mais adequada às características do solo e nos moldes construtivos da cidade, uma vez que, este método vem sendo o mais utilizado em edificações em Santarém.

Muitos fatores indicam que a estaca hélice contínua seja a mais adequada para a região em estudo, principalmente pelas vantagens durante o processo executivo como: baixo ruído, ausência quase total de vibrações no terreno; alta capacidade de carga das estacas; grande poder de perfuração do equipamento; controle e monitoramento eletrônico na qualidade das estacas; facilidade no manuseio do equipamento e a rapidez na execução dos trabalhos.

CONCLUSÃO

A partir dos estudos de sondagem SPT realizados em uma área do bairro Santa Clara em Santarém-PA, foi possível verificar através da investigação geotécnica que o solo desse local é

bastante arenoso e apresentou boa resistência em cotas mais profundas. Desta forma, com o intuito de atingir os objetivos deste estudo, a opção de fundação mais favorável para a área em analise, que poderá receber edificações verticais de multipavimentos, que transmitirão elevadas cargas para o solo, evidenciam claramente a aplicação de estacas tipo hélice continua como mais adequada. Principalmente em função de suas inúmeras vantagens em relação às demais. Portanto, o estudo evidenciou de maneira satisfatória e de grande valia, indicação de dados a respeito das características geotécnicas do solo da área estudada. Associado ao fato da execução do ensaio de SPT por duas diferentes empresas na mesma área permitiram diagnósticos mais precisos, de forma integra e correta.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, W. R.; TAROZZO, H. **Execução de fundações profundas**. In: HACHICH,W. et al. Fundações: teoria e prática. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. p. 345-348.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484**: Solo- Sondagem de Simples reconhecimento com SPT- Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2001.

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

SCHNAID, F.; ODEBRECHT, E. **Ensaios de campo e suas aplicações à engenharia de fundações** - 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

TAVARES, C. A. A. **Elaboração e aplicação de uma metodologia de controle de qualidade para o processo executivo de estacas hélice contínua monitoradas**. Dissertação de mestrado. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental - Universidade de Brasília, Brasília/DF, 2009.