

O uso da sondagem em projetos de fundações

The use of survey in foundation projects

DOI: 10.34188/bjaerv5n3-027

Recebimento dos originais: 06/05/2022

Aceitação para publicação: 30/06/2022

Ana Valentina de Paulo Ribeiro Severiano Pêgas

Graduanda de Engenharia Civil

Instituição: Universidade de Vassouras

Endereço: Rua D, 86- São José/ Vassouras -RJ, CEP: 27700-000

E-mail: anapegas18@gmail.com

André Luiz de Souza Lôbo

Graduando em Engenharia Civil

Instituição: Universidade de Vassouras

Endereço: Álvaro Gomes de Almeida, 1092 - Borracha/ Engenheiro Paulo de Frontin - RJ, CEP: 26650-000

E-mail: andrelobo1980@gmail.com

Cláudio Bonfante de Oliveira

Mestrado profissional em gestão de Sistemas de Eng.

Instituição: Universidade de Vassouras

Endereço: Rua João Fabrício José, 195 - Vila Isabel Três Rios RJ, CEP: 25812-030

E-mail: claudiobonfa@yahoo.com.br

Guilherme Vasconcelos Tavares de Oliveira

Graduando de Engenharia Civil

Instituição: Universidade de Vassouras

Endereço: Rua Tres de Outubro, 141 - Santa Amália / Vassouras -RJ, CEP: 27700-000

E-mail: guilhermeVasconcellos82@gmail.com

RESUMO

Reconhecer antecipadamente o subsolo é fundamental para os dimensionamentos das fundações necessárias de uma obra civil, visto que as avaliações geológicas-geotécnicas proporcionam maior assertividade e confiança no projeto. A Sondagem de solo, também conhecida como radiografia de superfície do terreno, é uma ação indispensável em qualquer tipo de obra. É por meio dela que são determinados tipo e resistência do solo, profundidade de cada camada e presença de água. Este trabalho visa evidenciar a importância do uso de sondagens para trabalhos fundacionais, avaliando os potenciais ganhos de informação obtida através da complementação do SPT (sondagem à percussão ou sondagem de reconhecimento simples) através de sondagem do solo.

Palavras-chave: Fundação, solo, sondagem.

ABSTRACT

Recognizing the subsoil for the geotechnical dimension is fundamental for a civil work, since geological estimates- of confidence in the project provide greater assertiveness and confidence in the project. Soil sounding, also known as ground surface equipment, is a necessary necessity in any work. It is through it that the type and resistance of the soil, the depth of each layer and the presence of water are determined. This work aims to probe the use of soundings for foundation works, evaluating the potential gains of information through the complementation of the SPT (percussion sounding or simple reconnaissance sounding) through geophysical survey.

Keywords: Foundation, soil, drilling.

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento prévio da teoria, características e classificação geotécnica e pedológica de um subsolo é fundamental para a execução de projetos de engenharia, principalmente na seleção do modelo das fundações a serem utilizadas. O estudo de todos os fatores relacionados ao solo e que têm impacto direto nas características do trabalho consegue ser efetuadas por intermédio de sondagens, que é o método que permite a classificação da propriedade do terreno existente com base em amostragens coletados em campo, bem como a verificação do comportamento mecânico deste solo através da realização de experimentos geotécnicos. Por definição, Geotecnia é a aplicação de métodos científicos e princípios de engenharia para a aquisição, interpretação e uso do conhecimento dos materiais da crosta terrestre para a solução de problemas de engenharia.

As sondagens fornecem informações muito relevantes à escolha do tipo e as delimitações dos quais, como nível do lençol freático, profundidade dos horizontes, presença de rochas no perfil do terreno e determinam a constância da superfície às tensões nele impostas. Além disso, a não realização de estudos de levantamento antes da execução do projeto, ou a interpretação incorreta dos resultados do levantamento, pode ter sérias consequências para o trabalho de engenharia, incluindo perdas financeiras, necessidade de revisões no plano de fundação do projeto, revisões no cronograma de execução do projeto, e atrasos na entrega do produto, entre outras coisas.

No Brasil, o *Standard Penetration Test* (SPT) é a ferramenta mais utilizada para a investigação do solo, permitindo aos pesquisadores determinar a densidade do solo granular, a consistência do solo coesivo, a presença de rochas e o nível de água no solo. Outro estudo que vem ganhando espaço é a sondagem elétrica geofísica, que permite a investigação de blocos rochosos e sua integração com dados de sondagens mecânicas, contribuindo para a caracterização do subsolo.

Desta forma e ambiente, o presente estudo pretende evidenciar a importância da utilização de sondagens para o trabalho fundacional, avaliando os potenciais ganhos de informação obtidos através da campanha de suplementação do SPT (sondagem de simples reconhecimento ou sondagem à percussão) por meio de sondagem geofísica, que demonstra um método eficiente de determinação

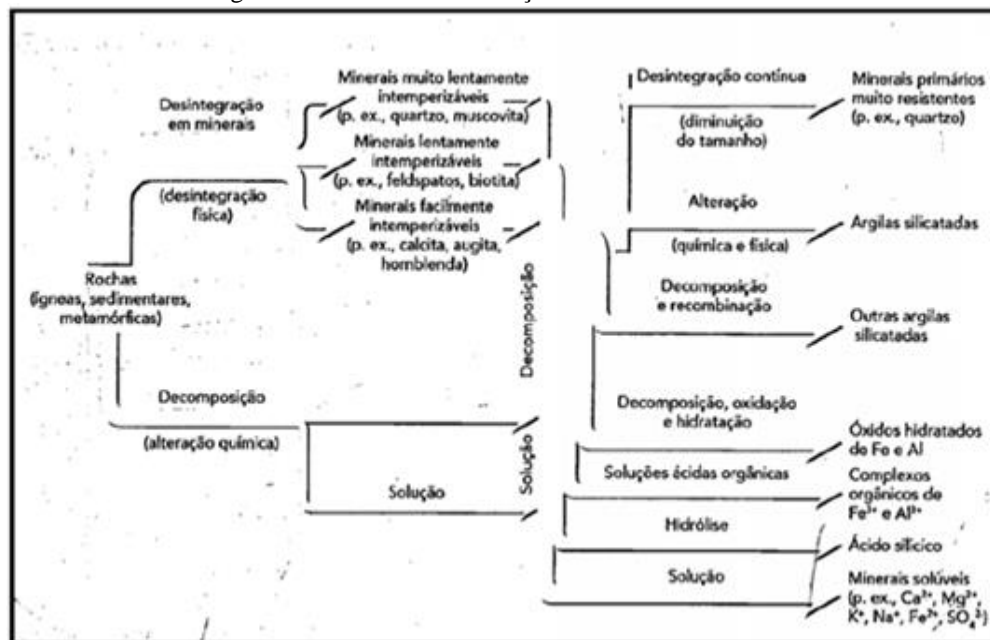
do solo, demonstrando a caracterização da precisão com mais precisão, permitindo a subidentificação da posição e apresentação dos blocos rochosos com precisão na área.

2 SOLOS

Segundo DAS (200), a sola é o produto do procedimento de seleção da areia. As propriedades físicas de um único são determinadas em primeiro lugar pelos minerais que compõem seus constituintes e, portanto, pela origem rocha.

A estrutura da sola é determinada pela forma como as partículas de areia, silte, argila e pedregulhos estão organizados, bem como o tamanho dessas partículas. Quantidades relativas a diferentes tamanhos de partículas moldam a textura do solo, e ambas têm relação direta com o movimento da água e do ar no solo, o que influencia muitos processos. Alguns fatores que influenciam a formação do solo são: o clima, a relevância, os organismos, o tempo cíclico e, em particular, o material de origem. As ocasiões não ocorrem em decorrência de sua formação como constituições distintas do solo.

Figura 1 – Processo de formação dos solos



Fonte: Brady & Weil (2013)

2.1 CLASSIFICAÇÃO DO SOLO

Caputo (2016), explica a classificação do solo da seguinte forma:

- Solos residuais como sendo aqueles em que ocorrem uma transição progressiva do solo até a rocha, conservando-se no local da rocha de origem;
- Solos sedimentares, sendo os que requerem a ação de agentes transportadores para sua formação, podendo ser aluvionares, eólicos, coluvionares e glaciares;
- Solos de formação orgânica, que são os que dispõem de essência orgânica, podendo ser de plantas, raízes ou conchas.

A pedologia, que é vista como uma ciência do solo, o estuda em seu habitat natural e trata de aspectos genéticos dele, de sua formação e origem, da morfologia, mapeamento e também quanto à sua classificação.

Tabela 1 – Classificação dos solos

Solo	Índice de resistência à penetração N	Designação
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)
	20 a 30	Muito rija(o)
	> 30	Dura(o)

Fonte: Adaptado, NBR 6484 (2020)

3 INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA PARA FUNDAÇÕES

Conhecer a superfície do estudo local, assim como estudar o seu subsolo, tornar-se necessário para saber os tipos de rocha existentes e seus elementos estruturais como, linhas de contato, estruturas, instruções, dobras.

Um desses métodos de investigação geotécnica realizada em campo com precisão é a sondagem, cuja execução é fundamental para definir as várias camadas com propriedades diferentes que uma só pode possuir.

É necessário entender o tipo de solo e seu comportamento mecânico em diversas situações para estabilizar uma edificação. Para isso, devem ser realizadas sondagens, que implicam a coleta de amostras de solo e rocha em quantidades e profundidades suficientes para verificar as informações de solo requeridas em cada etapa do projeto único.

Tabela 2 – Quantidades mínimas de sondagem

Nº Furos	Área da Edificação
02	Até 200 m ²
03	Entre 200 e 400 m ²
01	A cada 200 m ² para áreas até 1200 m ²
01	A cada 400 m ² excedentes da área inicial, para áreas entre 1200 e 2400 m ²

Fonte: Adaptado, NBR 8036 (1983)

Investigações geotécnicas são necessárias antes de iniciar qualquer tipo de projeto de engenharia civil, pois permitem o entendimento da formação da crosta terrestre no local escolhido para execução do projeto. Este método inicia -se com a pesquisa cartográfica bibliográfica, seguida do estudo de fotografias aéreas e imagens orbitais para a execução do mapeamento geológico-geotécnico.

O mapeamento geológico envolve a realização e o registro de observações geológicas objetivas - em campo - para a produção de um mapa geológico que contenha dados relativos aos tipos de rochas presentes nas áreas, aos contatos entre as litologias, às estruturas geológicas, aos depósitos superficiais e às feições topográficas e geomorfológicas. Sua finalidade é ampla, mas geralmente direcionada à pesquisa mineral.

O mapeamento geotécnico constitui um método para apresentar cartograficamente informações geológicas-geotécnicas para fins de planejamento e uso do território e para fins de projetos, construção e manutenção de obras de Engenharia. Logo, além dos dados inerentes à natureza de um mapa geológico, o mapa geotécnico inclui dados relativos à natureza de um mapa geológico e inclui dados relativos às características e propriedades do solo e subsolo de um determinado local para avaliar seu comportamento, bem como prever o comportamento e os prováveis problemas geológico-geotécnicos decorrentes da sua utilização em projetos de Engenharia.

Além disso, cabe destacar que a observação direta *in loco* será sempre insubstituível e imprescindível para um projeto de obra civil. FOSSEN (2012) destaca que:

" É difícil exagerar a importância das tradicionais observações de campo de rochas deformadas e suas estruturas. As rochas contêm mais informações do que seríamos capazes de extrair delas, e o sucesso de qualquer modelo físico ou numérico se baseia na precisão das observações de campo. A abordagem direta das rochas e de suas estruturas, sem filtros ou interpretações de especialistas ou programas de computação, ainda tem valor inestimável. "

3.1 PIEZÔMETRO

A engenharia geotécnica possui um método para avaliar o comportamento do nível da água no solo determinando o coeficiente de condutividade hidráulica dele através da instalação de piezômetros.

O piezômetro é um elemento utilizado com a função de conhecer as condições geológicas do terreno e monitorar as águas subterrâneas. Para uma boa execução de piezômetro se faz necessário o estudo da posição do lençol freático.

O equipamento é básico, composto por um tubo com extremidade inferior que pode conter furos ou ter uma parte porosa de cerâmica ou plástico. A execução do piezômetro (PZ), muitas vezes é confundida com execução de indicador de nível d'água (INA). Apesar de ambos apresentarem semelhanças na execução e servirem para monitoramento e avaliação do nível do lençol freático, tem diferenças determinantes, que influenciam na sua escolha e utilização.

3.2 SONDAGENS

A seleção do qual várias investigação para determinado terreno depende do tipo de solo presente. O objetivo inicial pela metodologia menos custosa, tentando comprovar totalmente os dados indispensável. Acaso não seja razoável coletar todos os dados, precisa-se recorrer a alternativas melhores.

3.2.1 Sondagem a percussão (SPT)

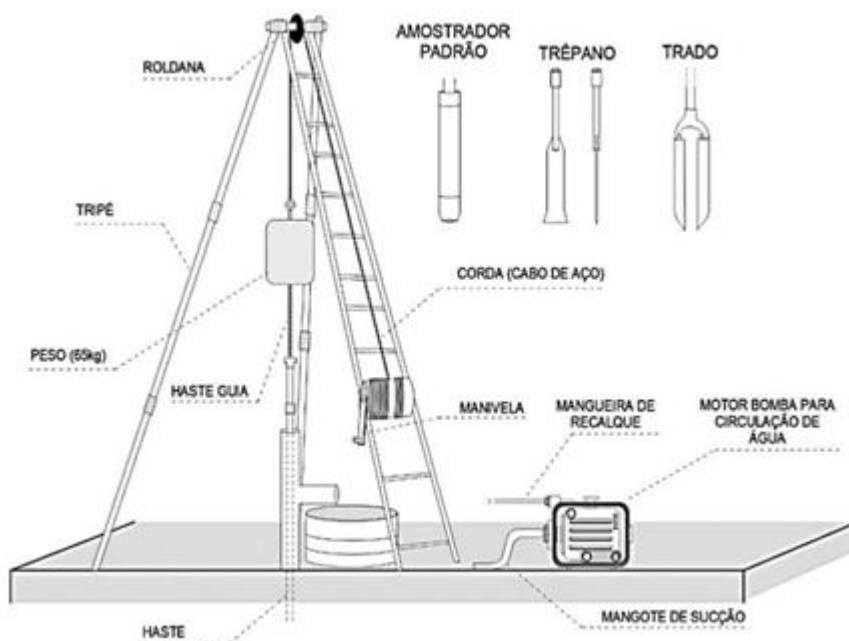
De acordo com a NBR 6484/2020, o grau de resistência à penetração de um único é determinado por sondagem SPT, que também identifica os tipos de solo em cada profundidade, além de determinar a posição do nível do lençol freático e permitir a coleta de informações sobre todas as camadas do lençol atravessadas pelo exercício.

Sondagem SPT (do inglês Standard Penetration Test), também conhecida como sondagem à percussão ou sondagem de reconhecimento simples, é um método de investigação geológico-geotécnica de solos, em que a perfuração é realizada através de peças cortantes. É utilizado para obter dados e amostras com o objetivo de determinar os tipos de solo e suas profundidades de ocorrência, índices de resistência à penetração do solo e a posição do nível de água.

A Sondagem SPT é utilizada em projetos de engenharia por fornecer, com precisão, a caracterização do solo, proporcionando confiabilidade no resultado da obra. É fato que determinar as características do solo de um terreno no qual se pretende construir é de fundamental importância para o sucesso da obra.

Para iniciar a sondagem, limpe a área para remover eventuais impedimentos à operação, bem como abra as válvulas para drenar a área em caso de chuva. Em seguida, os furos são localizados a partir de coordenadas da planta previamente identificadas, com piquetes de materiais apropriados identificados com a nomenclatura apropriada, que servem como referência para apuração do custo pontual (NBR 6484, 2020), e o equipamento é então montado para completar o exercício.

Figura 2 – Estrutura para sondagem à percussão - SPT



Fonte: Schnaid, 2000

3.2.2 Sondagem mista

Segundo Velloso e Lopes (2010), a Sondagem Mista é uma combinação de métodos e equipamentos utilizados na Sondagem a Percussão (SPT) e na Sondagem Rotativa. Esta última técnica é utilizada quando há matacões ou blocos rochosos na área de estudo que são impenetráveis pela técnica de Sondagem à Percussão.

A sondagem mista é a utilização da sondagem rotativa com a sondagem SPT. Desta forma, então, é possível medir o índice de penetração SPT nos trechos em solo, além dos materiais impenetráveis à percussão.

3.2.3 Sondagem rotativa

A DEINFRA normativa IN 07/94 define a utilização de equipamentos corta-geotécnica para sondagem rotativa, para investigação geológica para sondagem técnica do solo, e através de instrumentação por força e conjugação rotativa, cortam a rocha em formatos cilíndricos.

Devido ao fato de seu terreno poder atingir grandes profundidades, a Sondagem Rotativa permite a identificação das propriedades físicas, químicas, estruturais e estruturais-estruturais de maciços rochosos. Como resultado, diversas propriedades do subsolo, incluindo resistência, deformabilidade, descontinuidades, influências hidrodinâmicas, alterabilidade e coesão, podem ser determinadas, as quais são significativas na resolução de problemas geotécnicos que possam surgir durante a execução de obras no subsolo.

Os resultados de sondagens podem ser apresentados em relatórios, como a planta do local e a indicação de pontos perfurados, perfis geológicos e geotécnicos, entre outros.

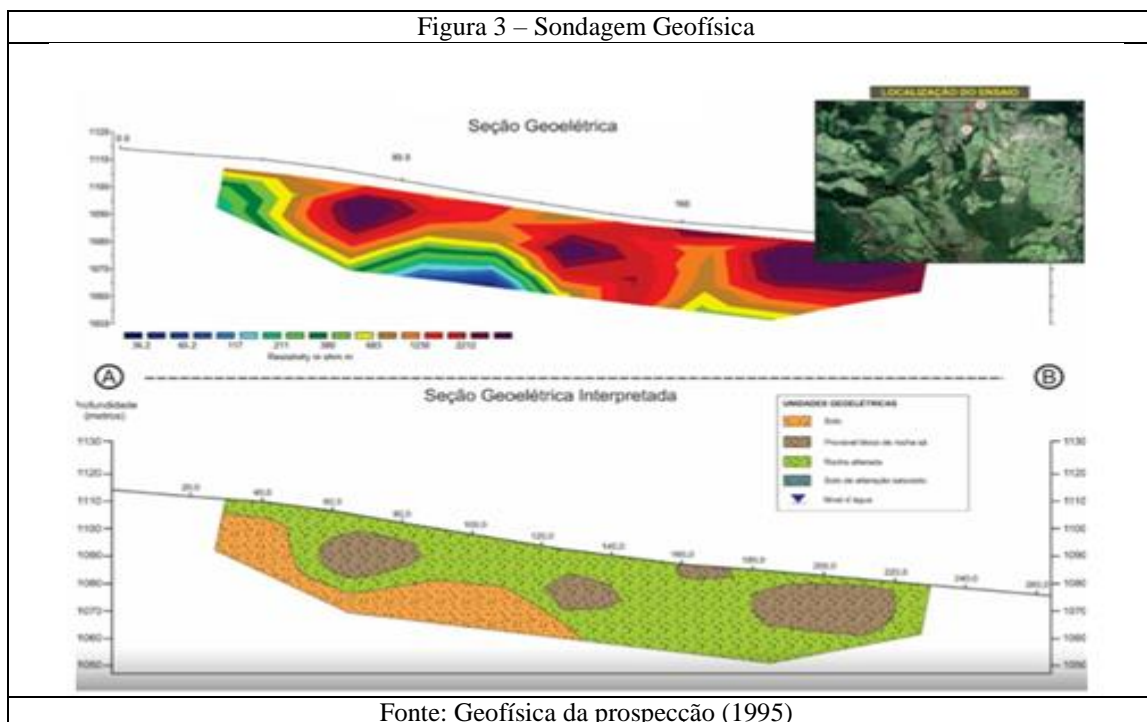
3.2.4 Sondagem geofísica

Segundo Oliveira e Monticeli (2017), a geofísica é uma ciência que estuda a estrutura da terra a partir de princípios físicos. Considerado um método de investigação indireto e não destrutivo, permite o diagnóstico de um subsolo para análise geotécnica por meio da compreensão dos parâmetros físicos fundamentais de um único objeto, como velocidade de propagação das ondas sônicas, condutividade elétrica, resistência elétrica, densidade, potencial elétrico induzido ou natural, e assim por diante.

Existem vários métodos geofísicos usados para sondagem, incluindo o *Ground Penetrating Radar* (GPR), resistência elétrica e métodos sísmicos, que são os mais usados em ambientes metropolitanos.

A sondagem geofísica é diferente dos outros tipos de sondagens apresentados até aqui, pois não retira amostras do solo ou testemunhos de rocha. Sua medição é indireta e feita por meio de levantamentos e métodos elétricos, potenciais, eletromagnéticos, geotérmicos, entre outros.

Normalmente, uma técnica geofísica complementa a outra, produzindo uma imagem do subsolo conhecido como "raio-x" que podem ser usados para verificar a presença de vários tipos de rochas, seus tamanhos, a presença de rocha blocos, a identificação do contato único/rocha, a presença de zonas fraturadas, o nível do freático lençol, localização e qualificação de jazidas minerais, e a delimitação de jazidas minerais.



3.3.5 Sondagem a trado

A sondagem a trado é a mais simples que existe, sendo muito empregada em obras de saneamento e de estradas. Esse tipo de sondagem é capaz de fornecer dados adicionais, além de permitir uma amostragem do solo.

A sondagem a trado permite um conhecimento inicial sobre a estratigrafia do tipo do solo, e as amostras coletadas servem para futuros ensaios em laboratórios. É interessante destacar que esse método pode ser realizado manualmente, por meio da utilização de lâminas cortantes.

4 FUNDAÇÕES

A fundação é responsável por suportar o peso de um edifício, seu próprio peso e as cargas que lhe são impostas, tornando-se uma etapa crucial no processo de construção. Segundo Cintra, Aoki e Albiero (2011), a estrutura de um edifício é composta por dois subsistemas: a fundação (sapatas, túbulos ou estacas) e o subsistema geotécnico (solo). Juntos, eles constituem um sistema único e vulnerável a forças externas, permitindo ações que podem ser permanentes, variáveis excepcionais. Essas solicitações suscitam um princípio de causa e efeito, ou ação e reação, na estrutura. Como resultado, surgem forças internas reativadoras, transmitindo tensões aos segmentos estruturais, também conhecidas como força normal, força cortical, momentos fletores e momentos torçor. Por esta razão, é necessário reunir todas as informações disponíveis sobre o solo e realizar uma análise de interação solo-estrutural para dimensionar adequadamente uma fundação.

4.1 TIPOS DE FUNDAÇÃO

De acordo com a NBR 6122/2010, existem dois tipos de fundações: fundações superficiais ou rasas e fundações profundas. A primeira tem as prensas distribuídas na base da fundação e tem a função de transmitir a carga para a camada resistente do solo. Seu assentamento tem profundidade inferior a duas vezes a maior dimensão da fundação. Como exemplos desse tipo de fundação, podemos citar as sapatas, blocos, radier, entre outros. Fundações profundas, por outro lado, podem transmitir apenas o peso suportado na base (resistência de ponta), ou ambos (resistência de fuste) ou ambos. Sua profundidade não é inferior a 3 m, podendo atingir mais que o dobro do tamanho de sua menor dimensão de planta. Por exemplo, temos estacas, tubulão e caixões (NBR 6122, 2010). Algumas variáveis são consideradas na decisão sobre o tipo de fundação a ser utilizada em um projeto, como as características do solo no local de instalação, informações sobre a edificação a ser construída e estruturas próximas, com o objetivo de determinar se é necessário limitar os níveis de ruído e vibração e identificar a fundação.

Quando os solos superficiais apresentam limitações, como a incapacidade de suportar cargas pesadas, estão sujeitos a processos erosivos, ou existe a possibilidade de futuras escavações nas proximidades da obra, opte pela utilização de fundações profundas, que suportarão a estrutura e cargas com segurança, se a fundação for adequada. (ABCP).

As fundações profundas são divididas em tubulões, onde as pessoas são designadas para limpar e ampliar a fundação da escavação, e estacas, que são realizadas por equipamentos ou ferramentas. (ABNT, 2010).

4.1.1 Estacas pré-moldadas em concreto armado

As estacas podem ser realizadas através de diversos processos como cravação, escavação, percussão, vibração e ou pela combinação de mais de um destes que variam de acordo com o tipo de estaca. Eles podem ser classificados com base em seu método de execução e no efeito resultante.

Os blocos de concreto podem ser encontrados em diversos tamanhos e formas geométricas, dependendo do fabricante. (ABCP). Segundo Ferreira e Gonçalves (2014), “*os formatos mais empregados são, circulares, quadrados, hexagonais e octogonais, podendo ter área de ponta vazada ou maciça*”.

4.1.2 Hélice contínua

A utilização da tecnologia hélice contínua no Brasil teve início em 1987, com equipamentos proprietários realizando pousos com profundidades de apenas 15 m e diâmetros de 275mm, 350mm e 425mm. Em meados da década de 1990, foram importados equipamentos da Europa, com

tecnologia de ponta em monitoramento eletrônico durante as perfurações. Essas máquinas podiam realizar profundidades de até 24 metros e diâmetros de até 1000 milímetros. Como resultado deles, foram desenvolvidos equipamentos nacionais, permitindo a competitividade dos custos do serviço em comparação com outros métodos de armazenamento. De acordo com a NBR 6122/2010, a fundação profunda do tipo Hélice contínua é realizada por meio de um trado helicoidal contínuo, que perfura a sola por rotação até a profundidade definida em projeto, e injeta concreto sob pressão por meio de sua própria haste, posicionando assim a armadura no furo executado.

4.1.3 Estaca raiz

Também conhecido como "in loco", se destaca pela perfuração rotativo ou rotopercussivo, que emprega o revestimento de tubos metálicos em toda a extensão do solo. Após realizar o furo, posicione a arma de acordo com o comprimento da estaca e realize o furo preenchimento com argamassa de cimento, que é adensada com a aplicação de golpes de pressão por ar comprimido. (NBR 6122, 2010).

Segundo Velloso e Lopes (2010), a execução dos ancinhos não provoca choques ou vibrações nas proximidades, podendo ser executados na vertical ou em qualquer ângulo, na presença de obstáculos como blocos de rocha ou peças de concreto, bem como em ambientes restritos. Segundo Nogueira (2004), inicialmente não utilizamos este tipo de estaca para reforço de fundações. Porém, com o passar do tempo, ficou claro que essa técnica poderia ser utilizada em obras padrão como contenção de encostas e, devido ao tamanho reduzido do equipamento, em obras de difícil acesso e em locais com vizinhança próxima.

5 CONCLUSÃO

Com o objetivo de destacar a importância do uso das sondagens para o reconhecimento do solo, a fim de proporcionar o dimensionamento preciso de fundações para obras civis, visando mitigar as incertezas e reduzir os riscos e custos do empreendimento, o presente trabalho procurou abordar a temática e apresentar a inerente necessidade dos métodos de sondagens, além de suas visíveis vantagens ao sucesso da obra.

Com isso, percebeu-se que a forma mais usual utilizada é a sondagem à percussão, método amplamente conhecido e difundido no país. Esta forma de análise é de baixo custo se comparado aos demais métodos de investigações geológicas, evitando, com um investimento viável que a obra apresente problemas com a fundação, devido a falta de conhecimento do subsolo.

Constatou-se ainda que o uso da Sondagem Geofísica é uma técnica que apresenta vantagens, pela praticidade na execução tornando possível conhecer o subsolo através de um perfil

contínuo, além de ser uma técnica não invasiva e que permite leituras a várias profundidades e varreduras de grandes áreas.

Assim, observou-se que a investigação do solo com a aplicação da Sondagem SPT aliada a Geofísica, apesar de apresentar algumas divergências nos perfis, é uma metodologia eficaz, a qual serve para mapear os blocos de rocha que as sondagens SPT não verificaram.

Por fim, concluiu-se que a realização de sondagens para reconhecimento do solo para projetos de fundações é imprescindível, visto que, seu dimensionamento depende dos parâmetros da classificação dele. Além disso, os ganhos que as correlações entre a SPT e a Sondagem Geofísica representam, para a investigação geológica e geotécnica do empreendimento, um ganho imenso, em vários sentidos, permitindo ampliar a caracterização do solo, utilizando-se destas duas técnicas de investigação de campo.

REFERÊNCIAS

- ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. Manual de Sondagens/ Coordenador Ivan José Delatim; comissão coordenadora Elisângela Oliveira [et al.]. 5. Edição, São Paulo, 2013.
- ABGE- Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. Geologia de engenharia e ambiental – Métodos e técnicas. 1ª Impressão, 2017. Disponível em: <https://www.abge.org.br/downloads/capitulo-1.pdf>.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8036: Programação de Sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios. Brasil. 1983.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: Projeto e execução de fundações. Brasil. 2010.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 1625:. Estacas pré-fabricadas de concreto - Requisitos. Brasil. 2014.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9603: Sondagem a trado - Procedimento. Brasil. 2015.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6484: Solo - Sondagem de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2020.
- CAPUTO, Homero Pinto. Mecânica dos Solos e suas Aplicações. Rio de Janeiro: Afiliada, 2016.
- CINTRA, José Carlos A; AOKI, Nelson; ALBIERO, José Henrique. Fundações Diretas: Projeto Geotécnico. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- CINTRA, José Carlos A; AOKI, Nelson; ALBIERO, José Henrique. Fundações por estacas: Projeto Geotécnico. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.
- DAS, Braja M. Fundamentos de Engenharia Geotécnica. São Paulo: CIP, 2011.
- DEINFRA – IN 07. Instrução Normativa para execução de Sondagem Rotativa. Santa Catarina. 1994.
- DELATIM, Ivan José. Classificação de sondagens (trado, percussão, rotativa e mista) para a apresentação em perfis individuais de sondagens: curso examinado sob a perspectiva de ensino e de pensamento geológico. 2017. 138 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, 2017.
- FOSSÉN, H. Geologia Estrutural. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.
- OLIVEIRA, Antônio Manoel dos Santos; BRITO, Sérgio Nartan Alves de. Geologia de engenharia. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.
- OLIVEIRA, Antônio Manoel dos Santos; MONTICELI, João Jerônimo. Geologia de engenharia e ambiental. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 2017.
- PINHEIRO, Rinaldo J.B. *et. al.* Avaliação da Condutividade Hidráulica das Unidades Geológico-Geotécnicas de Santa Maria (RS) com a Utilização de Piezômetros. Anuário do Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, v. 41, n. 1, p. 212-221. 2018. Disponível em: http://dx.doi.org/10.11137/2018_1_212_221.

VALLEJO, L.I.G.; Ferrer, M; Ortuño, L. Oteo, C. Ingeniería geológica. Madrid: Pearson Educación, 2002.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Rezende. Fundações: Critérios de Projeto, Investigação do Subsolo, Fundações Superficiais, Fundações Profundas. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.