

SONDAGEM SPT E SONDAGEM MECANIZADA

FELIPE PAGAN NARDINI * felipe.nardni@mail.usf.edu.br
Universidade São Francisco, Bragança Paulista - SP
LUIZ FELIPE DA SILVA** luiz.silva@mail.usf.edu.br
Universidade São Francisco, Bragança Paulista – SP
Felipe Mantovani*** felipe.mantovani@usf.edu.br
Universidade São Francisco, Bragança Paulista – SP

Resumo: O objetivo principal é alcançar um entendimento mais claro dos fenômenos que ocorrem durante a execução do ensaio, de tal forma para delimitar qual a melhor análise entre os tipos selecionados. A fundação é a estrutura que permite a distribuição de carregamentos para o solo na construção de casas, prédios, viadutos ou qualquer grande edificação. Por esse motivo, é também uma das primeiras etapas a ser realizada no momento de levantar uma obra. A fundação cumpre o seu objetivo principal que é promover estabilidade e segurança à edificação ao suportar e transmitir os carregamentos para o subsolo. O modelo de sondagem mais utilizado para a construção de fundações no Brasil é a sondagem SPT, conhecida também como sondagem a percussão, a qual identifica a capacidade de carga máxima que o solo suporta, fator o qual auxiliará os Engenheiros no dimensionamento das fundações da estrutura. Com também as sondagens fornecem outros parâmetros, como conhecer as características do terreno, como a espessura das camadas que o compõe, sua resistência e a provável localização do lençol freático, caso exista. E, são com esses dados que os tipos de fundação são definidos. Regida pela norma ABNT NBR 6484/2001, a sondagem à percussão com ensaio SPT – para simples reconhecimento – é a alternativa mais utilizada para investigação de solos no Brasil. A sondagem SPT mecanizada foi um aprimoramento através da ideia da sondagem a percussão, criada por Terzaghi, onde a sigla SPT tem significado de standard penetration test, onde uma estaca em formato tubular e oca será introduzida no solo com golpes de um peso de aproximadamente sessenta e cinco quilos.

Palavras-chave: Ensaio, sondagem, solo, fundação, SPT.

Abstract: The main objective is to reach a clearer understanding of the phenomena that occur during the execution of the test, in such a way as to define the best analysis among the selected types. The foundation is the structure that allows the distribution of loads to the ground in the construction of houses, buildings, viaducts or any large building. For this reason, it is also one of the first steps to be taken when surveying a work. The foundation fulfills its main objective, which is to promote stability and safety to the building by supporting and transmitting the loads to the subsoil. The most used drilling model for the construction of foundations in Brazil is the SPT drilling, also known as percussion drilling, which identifies the maximum load capacity that the soil supports, a factor which will help Engineers in the dimensioning of the structure's foundations. The soundings also provide other parameters, such as knowing the characteristics of the terrain, such as the thickness of the layers that compose it, its resistance and the probable location of the water table, if any. And, it is with this data that the types of foundation are defined. Governed by the ABNT NBR 6484/2001 standard, percussion sounding with SPT test – for simple recognition – is the most used alternative for soil investigation in Brazil. The mechanized SPT drilling was an improvement through the idea of the percussion drilling, created by Terzaghi, where the acronym SPT stands for standard penetration test, where a hollow tubular shaped pile will be driven into the ground with blows of a weight of approximately sixty and five pounds.

Keywords: Testing, drilling, soil, foundation, SPT.

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento do comportamento e das condições do solo na camada subsuperficial é essencial para fins de projetos seguros e econômicos em obras. Este artigo

tem como objetivo verificar qual o meio de abordagem melhor para o desenvolvimento dos ensaios, sendo através dessa abordagem pretende-se alcançar um entendimento mais claro dos fenômenos que ocorrem durante a execução do ensaio, de tal forma para delimitar qual a melhor análise entre os tipos selecionados.

Esse tipo de informação é usado, entre outras coisas, em planejamento urbano, gestão ambiental, estruturas de contenção, estabilidade de taludes, fundações. As informações utilizadas são provenientes de análises realizadas em campo, que resultam na definição das propriedades e estratigrafia do solo.

A formação do subsolo é um desafio complexo causada por fenômenos naturais que envolvem processos físicos e químicos atuando simultaneamente. É com base neste fato, a necessidade de conhecer a geologia básica de formação do solo na área em que pretendemos estudar.

A implementação ou análise de pesquisas existentes na área de interesse está incluída para auxiliar nesse entendimento. No caso de estudo do subsolo em cidades, estão disponíveis levantamentos realizados por empresas de levantamentos geotécnicos, o que facilita a organização do banco de dados do subsolo da região. Dentre os ensaios de exploração de solo in situ, o SPT é o mais consagrado no Brasil há várias décadas, pois somente em grandes obras existe a possibilidade de testar e desenvolver outros métodos geotécnicos de exploração de solo.

O teste SPT é considerado um método de exame direto e suas medições são aplicadas às estimativas de recalque e determinação da capacidade de carga da fundação. Desde a década de 1970, um fator de correção do SPT foi incluído no teste, que leva em consideração a energia transferida de forma eficiente para a haste. Esta medição pode ser realizada por meio de diversos mecanismos adaptados ao equipamento SPT, tais como: células de carga, sensores de tensão e acelerômetros. Desta forma, cada vez mais são inseridas no meio geotécnico, metodologias matemáticas que possam auxiliar no conhecimento do comportamento do solo de forma contínua. É importante ressaltar que, após essa pesquisa serão realizados ensaios para comparar as tensões de atritos laterais, que são obtidas de diversas maneiras.

2 FUNDAÇÕES

A fundação é a estrutura que realiza a distribuição de carregamentos para o solo na construção de casas, prédios, viadutos ou qualquer grande estrutura. Por este motivo, é também um dos primeiros passos no momento de levantar uma construção.

O momento da escolha da fundação o profissional precisa estar atento a alguns pontos, como características do solo, peso da edificação, materiais utilizados, projeto estrutural, entre outros. A combinação desses fatores gera a necessidade de se buscar o tipo mais adequado de fundação para a estrutura. Segundo o engenheiro Civil, Douglas Albuquerque, a fundação é a responsável por receber os carregamentos provenientes da estrutura, como peso próprio, sobrecargas, ações de vento e empuxos, por exemplo. Além disso, a fundação também irá transmitir o resultado das ações citadas para o solo ou rocha em que está apoiada.

Em estruturas localizadas acima do subsolo, o concreto e o aço são frequentemente usados para receber as cargas decorrentes do uso das edificações. Nesse sentido, a fundação deve ser definida como um elemento de transição capaz de acomodar ações estruturais em relação à resistência e à compressibilidade do terreno. Dessa forma, a fundação cumpre o seu principal objetivo que é promover estabilidade e segurança do edifício, suportando e transmitindo as cargas para o subsolo. A fundação pode ser classificada em dois tipos: rasa e profunda (NBR 6122/1996).

Conforme Velloso e Lopes (2010), a distinção entre os dois grupos se dá pelo critério arbitrário de que uma fundação profunda é aquela cujo mecanismo de ruptura da base não surge na superfície do terreno.

2.1 FUNDAÇÕES RASAS

Conforme a NBR 6122/2019, as fundações rasas são elementos de fundação em que a carga é transmitida ao terreno, predominantemente pela base da fundação, e a profundidade de escavação em relação ao terreno adjacente seja inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação. É utilizado em residências de até dois pavimentos e em solos com boa durabilidade. Portanto, necessitam de menos material e apresentam melhor relação custo-benefício. Incluem-se nesta categoria de fundação as sapatas, os blocos, os radier, as sapatas associadas, as vigas de fundação e as sapatas corridas.

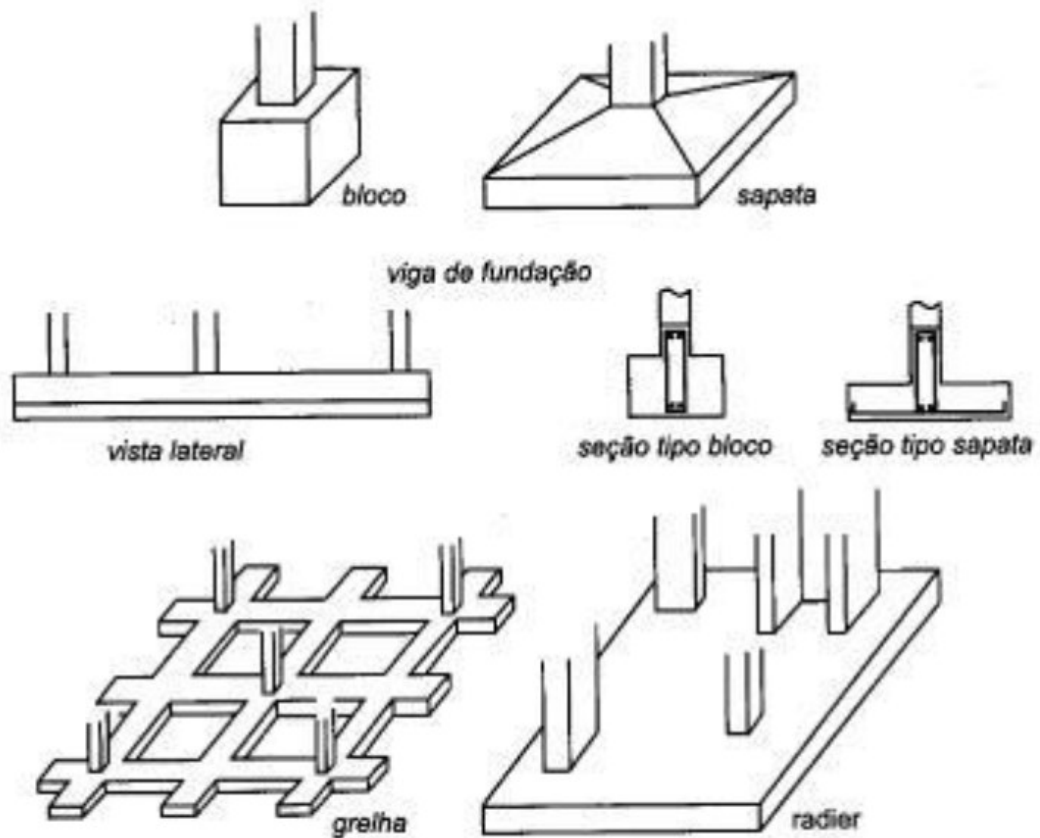


Figura 1 – Tipo de Fundações Rasas (Fonte: Escola Engenharia, 2018).

2.2 FUNDAÇÕES PROFUNDAS

Conforme a NBR 6122/2019, as fundações profundas são elementos da fundação que transmitem a carga ao terreno através de sua base e sua superfície lateral ou até mesmo pela combinação das duas, e que está assente em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, e no mínimo 3 m. Geralmente é usado em obras onde os solos superficiais não são muito resistentes ou quando há cargas horizontais muito grandes em comparação com as cargas verticais. Dentro das fundações profundas encontramos três tipos, a estaca, os tubulões e os caixões.

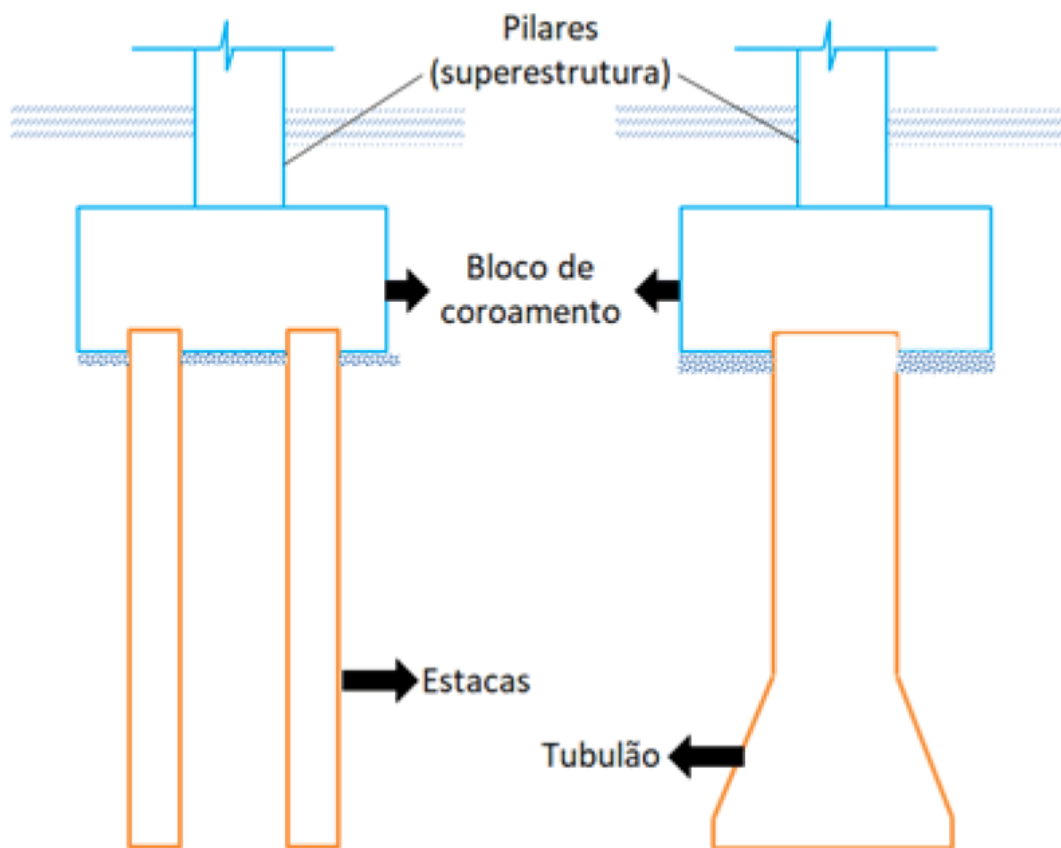


Figura 2 – Tipo de Fundações Profundas (Fonte: Nelso Schneider, 2020).

3 ESTUDO DO SOLO

O solo é habitualmente denominado superfície do piso. Segundo o IBGE, 2017, seu nome vem do latim “solum”, o qual possui diversas definições nas diferentes áreas da geologia, ciência do solo e geomorfologia. O solo pode ser classificado e caracterizado, conforme sua origem, como resíduos, sedimentos e solos orgânicos. Entretanto, para efeitos didáticos, o solo pode ser subdividido em argiloso, arenoso, humoso e calcário (MOREIRA; SENE, 2005). Dessa forma, o solo argiloso é caracterizado pela sua finura e impermeabilidade (solo roxo).

O arenoso é composto por areia granular e possui alta permeabilidade. O humoso é composto por uma concentração de matéria orgânica decomposta e é rico em nutrientes. Por fim, o calcário é um solo seco com partículas de rocha e não é adequado para a agricultura (MOREIRA; SENE, 2005). Com base na teoria do geólogo russo Dokuchaev, Lorenzo (2010) ressalta o conceito geológico, “os solos correspondem à camada viva que recobre a superfície da terra, em evolução permanente, por meio da alteração das rochas e de processos pedogenéticos comandados por agentes físicos, biológicos e químicos”. Segundo Andre Ollie et al. (2012), a formação do solo origina-se do processo de

decomposição das rochas, que ocorre por meio do intemperismo, e este pode ocorrer por processos físicos, químicos e biológicos, temperatura, vento, pressão e outros fatores. O solo é um constituinte dos sais minerais, que decompõe rochas, matéria orgânica e água, constituindo o principal substrato nutritivo de que as plantas dependem para a sobrevivência durante o crescimento e propagação. fatores de crescimento como suporte, água, oxigênio e nutrientes.

É entendido como uma parte básica do ecossistema, segundo De Almeida Ramos et al. (2018) Segundo Lima; Cal; Melo (2007), o solo é utilizado por quem se dedica ao artesanato e à fabricação de cerâmica, que é o substrato e a matéria-prima utilizados para atividades agrícolas e construção civil, como é o caso de estradas e calçadas, as pavimentações em geral, habitação comercial e industrial.

Em relação ao uso e ocupação do solo, Santos, etc. (ano 2011) ressalta que é necessário entender a classificação do solo para que ele possa ser ocupado e aproveitado sem causar danos significativos ao meio ambiente e sem causar desastres, como deslizamentos de terra e inundações. Destarte, no âmbito da construção civil estudos voltados para as propriedades do solo são de grande importância para evitar futuros danos como erosão, deslizamento de terra, e sedimento das bases e fundações dos edifícios, moradias e construções. Esses aspectos promovem a seguridade das construções, pois preservam a resistência do solo, sendo um mecanismo na prevenção da erosão e no planejamento adequado para o uso da terra (NASCIMENTO, 2018).

3.1 SONDAGEM DE SOLO

A sondagem do solo é o procedimento técnico essencial para qualquer tipo de obra. Segundo o engenheiro Artur Quaresma “do ponto de vista técnico, sempre há alternativas para contornar possíveis problemas localizados pela sondagem, entretanto, o custo das ações é elevado, e o investimento pode não compensar para determinados empreendimentos”.

Com a sondagem, é possível reconhecer as características do terreno, como sua resistência, a espessura das camadas que o compõem, e se houver, a provável localização do lençol freático. E é com esses dados que a tipologia da fundação é definida. Conduzido pela norma ABNT NBR 6484/2001, a sondagem à percussão com ensaio SPT – para simples reconhecimento – é a alternativa mais utilizada para investigação de solos no Brasil. O ensaio é realizado com um amostrador padrão, que cava o solo através do uso de martelo. A cada metro de profundidade que o dispositivo atinge, é informada a resistência da camada de subsolo.

Se forem encontrados pedaços de rocha durante o processo, é necessário realizar outro tipo de ensaio, a sondagem rotativa. Para saber a resistência do minério, uma amostra tem que ser retirada e enviada para verificação em laboratório. (NBR 6484/2001).

A sondagem rotativa também é específica para determinar a gramatura do elemento de rocha. O teste pode mostrar se a concentração mineral encontrada é uma formação geológica ou se uma camada realmente espessa de rocha foi atingida. Existem outros testes complementares que podem detalhar melhor as características do solo, por exemplo, determinar a resistência exata do terreno.

O não cumprimento da ABNT NBR 6484/2001 é a causa mais comum de problemas na sondagem. Outra falha comum está relacionada a mal entendimentos na determinação da altura topográfica do poço. Eles também devem ser colocados em todas as áreas do terreno e no mesmo nível do edifício. Quando iniciado a obra, ainda é possível corrigir problemas de fundação causados por erros de perfuração do solo. Por este motivo, é mais interessante para os construtores dedicar parte de seu orçamento a pesquisas bem feitas do que ter que gastar quantias muito maiores no futuro. Outra falha comum está relacionada a mal-entendidos na determinação da elevação topográfica da boca do poço. Todas as medições de profundidade são baseadas nessas informações e, se os dados estiverem errados, podem levar a consequências prejudiciais para toda a obra, como a necessidade de reforço de fundação e estrutura, atrasos no cronograma, recalques e rupturas.

Quaresma ainda diz que “a cota da boca do furo deve ser determinada a partir de um levantamento topográfico do terreno e da estrutura. Essa ação é fundamental”. Recomenda-se perfurar mais de um furo para análise, principalmente em terrenos com extensões maiores. Estudar um único furo pode gerar informações imperfeito. “A quantidade mínima recomendada depende do tamanho da área a ser estudada.

Quanto mais informações coletarmos, mais importantes serão os planos de interpretação”, especifica o engenheiro. Os pontos não devem estar separados por mais de 25 m. Além disso, eles devem ser posicionados em áreas exatas do terreno e no mesmo nível do edifício.

3.2 SONDAGEM SPT

Um dos tipos de sondagem mais utilizado para a construção de fundações no Brasil é a sondagem SPT, conhecida também como sondagem a percussão. Portanto, é indispensável que alguns métodos de levantamentos geotécnicos sejam realizados antes da construção.

A qual identifica a capacidade de carga máxima que o solo suporta, fator o qual auxiliará os Engenheiros no dimensionamento das fundações da estrutura. Além disso, a

sondagem fornece alguns parâmetros, como nível do lençol freático, mineralogia e o tipo de rocha existente no local (PEREIRA, Caio, 2018).

Segundo Peixoto, Anna (2001), desde 1902, há estudos referentes a ensaios de Sondagem Simples, sendo estes introduzidos por Charles R. Gow, quando realizou o procedimento de cravação, com o auxílio de um martelo de 50 quilogramas, de uma haste de 2,54 centímetros. Estes ensaios obtiveram bons resultados, o qual pode substituir o sistema de perfuração do solo com água para a obtenção de amostragens de solo para serem analisadas. Na década de 1930, Fletcher & Morh introduziram o martelo 63,6 quilogramas, à uma altura de queda é de 76,2 centímetros, tendo como resultado o ensaio de SPT, o qual foi realizado, naquele momento, como o número de golpes necessários para cravar o amostrador à 30,48 centímetros do solo (Belincanta, 1998). No início dos anos 1940, o Eng. Odair Grillo trouxe para o Brasil este novo método, o ensaio SPT. Após 5 anos, o Eng. Milton Vargas, tendo como base o ensaio SPT, apresentou seu trabalho “A Exploração do Subsolo para Fins de Estudos de Fundações”, (Teixeira, 1993).

3.2.1 PLANEJAMENTO DO ENSAIO SPT

Para a construção de um empreendimento, é necessário iniciar com a sondagem da área a qual será construída. Para isso é necessário a contratação de uma empresa especializada, a qual deve possuir equipamentos especializados, seguindo as normas da ABNT.

Portanto, cabe aos proprietários das obras fazer os "exames de seus terrenos" e a esses profissionais que elaboram os projetos ou executam as obras, orientar seus clientes a seguir as normas e procedimentos, pois caso as estruturas e fundações não sejam dimensionadas ou adequadas aos tipos de substratos do terreno, as mesmas poderão não resistir às cargas produzidas pelas mesmas ao descarregar sobre os solos (CAPUTO; RODRIGUES, 2015, p. 200).

Contudo, segundo Rodrigues (2015), nas construções de pequeno porte e médio porte, em geral residências de até dois pavimentos, o proprietário visando a economia de custos, opta por não seguir as orientações do profissional de engenharia e não realiza os ensaios de sondagens.

Nesse sentido, com a ausência do ensaio de sondagem o engenheiro calculista realiza um superdimensionamento no projeto estrutural, evitando assim problemas futuros por falta de dimensionamento das fundações. Com isso, é aumentada a taxa de armações nas fundações e estruturas, garantindo assim a estrutura da construção. Assim, Rodrigues

(2015) explana que as consequências levam ao aumento do preço final da obra.

3.2.2 NORMATIVAS - SPT

A normalização é o processo de desenvolver, disseminar e aplicar padrões técnicos para resolver ou prevenir problemas. As Normas técnicas estabelecem expectativas para um produto, processo, serviço ou sistema de gestão, em termos de qualidade, desempenho, segurança, meio ambiente, procedimentos, formas, dimensões, classificações e requisitos de terminologia. No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas é o fórum nacional de normalização por reconhecimento da sociedade brasileira e confirmada pelo governo federal por meio de instrumentos legais.

A Norma brasileira que estabelece a quantidade mínima, localização e profundidade de sondagens que devem ser executadas para elaboração de projetos geotécnicos para construção de edifícios é a ABNT NBR 8036/1983. Segundo a norma, é através do tamanho do terreno que é possível a identificação da quantidade de perfurações que serão necessárias realizar.

Também segundo a norma, em qualquer circunstância, tem-se o número mínimo de sondagens que deve ser de dois para área da projeção em planta do edifício até 200 m² e três para área entre 200 m² e 400 m².

Em 2020 o Comitê Brasileiro da Construção elaborou a nova versão da ABNT NBR 6484/2020 – Solo – Sondagens de simples reconhecimentos com SPT – Método de ensaio, norma que orienta o ensaio de SPT – Standart Penetration Test para obras de construção civil e geológico. A nova norma tem um foco direcionado para processos de ensaio mecanizado e altera os critérios de paralisação e classificação da compacidade do solo. Com a alteração da norma, o contratante deve fornecer em planta os locais onde serão realizadas as sondagens.

A Norma ABNT NBR 6484/2020 – Solo – Sondagem de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio, estabelece a maneira de execução de sondagens de simples reconhecimento, e tem por finalidade fornecer as características do solo e suas profundidades de ocorrência, indicação da posição do nível de água se houver e o índice de resistência à penetração a cada metro.

3.2.3 ENSAIO - SPT

O ensaio SPT é realizado com ensaios de campo com a penetração de um amostrador padrão no solo, que é realizado pelo impacto de um martelo de ferro. Com o

SPT é possível conhecer a resistência do solo, proporcionada pelo índice de resistência da penetração do solo, que é determinado pela soma dos golpes dados pelo martelo de ferro. As amostras são então coletadas a cada metro, permitindo uma investigação tátil e visual das diferentes camadas do solo do local pertinente em cada profundidade. Este ensaio de SPT é realizado através de diversas etapas, as quais possuem uma ordem exata de execução.

Quando a perfuração atinge a profundidade de 1 m, a equipe de sondagem posiciona o amostrador padrão para realizar os testes de resistência à percussão. Realiza-se a marcação de um segmento de 45 cm com o uso de um giz, este segmento é dividido em três partes iguais de 15 cm cada. A marcação serve de referência para a contagem de golpes do martelo em cada segmento.

Para iniciar, é posicionado o martelo a uma altura de 75 cm conforme mencionado acima. O procedimento continua em golpes até que os primeiros 45 cm sejam cravados. Para registrar o número de golpes necessários para cravar o amostrador a cada 15 cm, é necessário ser acompanhado de um técnico, para que este prepare o boletim.

Após 45 cm de cravação, o amostrador padrão é removido e são iniciadas as coletadas das amostras de solo até que um nível de água seja encontrado. Se houver percepção de umidade no solo escavado, deve-se realizar um teste de umidade para verificar se o nível de saturação foi atingido. O procedimento é realizado por meio de um aparelho denominado "piu", que emite um som ao entrar em contato com a água. A partir daí, é utilizado o método de lavagem, que possibilita a coleta do material extraído pela circulação da água por meio de uma bomba motorizada. O resultado do teste SPT corresponde ao número de golpes necessários para que o cilindro da amostra penetre os últimos 30 cm no fundo do orifício.

Quando a cravação do amostrador é concluída, o torquímetro é conectado para medir o torque máximo e o contato residual.

Os boletins de sondagem são os documentos que trazem resultados do ensaio de sondagem SPT. São registrados nele a distribuição de camadas de solo, e também o nível onde se encontra o lençol freático ou onde o solo é saturado.

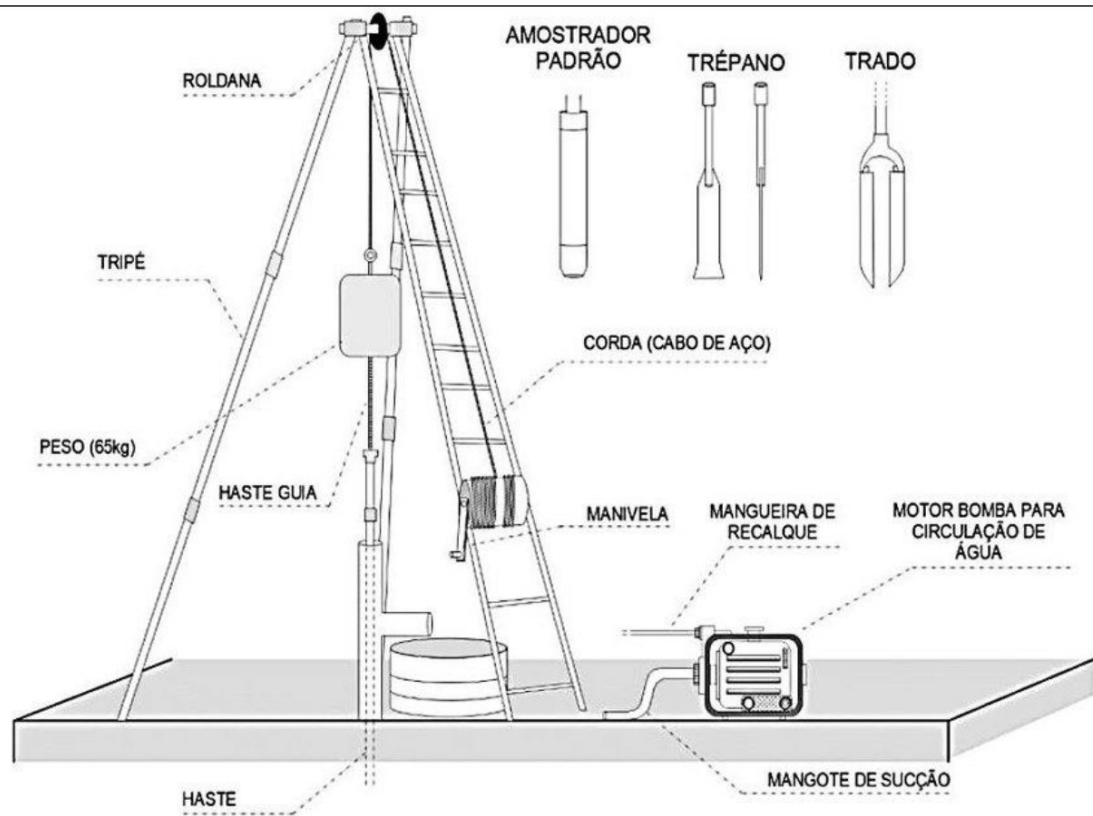


Figura 3 – Perspectiva do ensaio à percussão SPT (Fonte: Castro e Garcia, 2020)

3.2.4 CLASSIFICAÇÃO DO SOLO APÓS ENSAIO

Para melhor classificar os solos, o sistema é dividido em grupos e subgrupos, quais sejam: distribuição granulométrica, limite de liquidez e limite de plasticidade. Atualmente, o sistema de classificação é dividido em dois, a saber: American Association of State Highway and Transportation Officials - AASHTO e Unified Soil Classification System - ASTM. O sistema ASTM é atualmente o mais utilizado, pois engloba todos os trabalhos geotécnicos, enquanto o sistema AASHTO é o mais utilizado para a classificação de underlays para rodovias.

O sistema AASHTO é classificado conforme a análise dos índices de granulometria e consistência, sendo dividido em sete grupos, além do solo orgânico que é classificado como A-8. Os pisos dos grupos A-1 a A-3 são materiais com sujeira espessa; os solos dos grupos A-4 a A7 são solos de granulação fina. Os solos do grupo A-8 são altamente orgânicos.

Segundo Pinto, para realizar o teste de análise granulométrica é necessário manusear peneiras de diferentes tamanhos, e à medida que os grãos passam pelas peneiras alguns ficam retidos. Existem fatores como o caso da umidade e aglomeração que influenciam neste teste. Portanto, o teste de tamanho de partícula sozinho não é possível

caracterizar o comportamento do solo e detectar índices de consistência, no entanto, mais testes são necessários para caracterizar solos mais finos.

Para determinar o limite de liquidez, é utilizado um aparelho denominado "Casagrande", no qual é colocada uma amostra do solo submetido a um teor de umidade, fazendo um sulco, e analisando quantos golpes são necessários para que esse sulco se feche. 25 limitar os golpes. Por meio desses dados obtidos, é realizada uma interpolação dos resultados e padronizada em conformidade com a norma.

Segundo a ABNT NBR 6484/2020, solos grossos são aqueles em que a fração predominante dos grãos é visível a olho nu, incluindo areia e cascalho. Esses solos espessos são facilmente encontrados, pois são uma matéria-prima muito utilizada na construção civil, e estão presentes em diversos locais.

A matéria-prima dos solos argilosos é encontrada na maioria dos solos brasileiros, principalmente em áreas onde existe afloramento do lençol freático, como: córregos, lagos e rios em nosso município. O lodo é encontrado em locais secos e planos ou cadeias de montanhas, principalmente nas estradas de nossa região. Neste contexto, percebeu-se que "Solos finos: aqueles em que a fração predominante dos grãos não é visível a olho nu; incluindo argilas e sedimentos. A matéria orgânica de cor escura é encontrada em locais onde há alta concentração de vegetação e nutrientes, principalmente em áreas onde existe água.

Solos orgânicos: aqueles que contêm uma quantidade significativa de matéria orgânica, Portanto, o perfil do poço é preparado em uma escala de profundidade vertical, onde são descritos: tipos de solo, níveis de limite do estrato, nível de água, NSPT, profundidade onde o poço foi fechado, tipos de solo e rochas representadas por uma legenda padronizada, número de amostras tomadas, resultados apurados durante o ensaio no local ou no laboratório, quer se trate da classificação ou do tipo de materiais encontrados. No relatório são apresentados os valores dos resultados dos N testes com as respectivas descrições dos solos que devem ser baseadas nas distribuições granulométricas e na plasticidade.

A abreviatura "N" deve sempre constar nos laudos ou laudos de investigação, informações durante a análise, e assim fornecer o número de golpes realizados durante a inserção do amostrador na camada de solo, de onde está sua resistência.

Como o índice de resistência durante o SPT é indicado nos perfis de perfuração conforme a penetração dos impactos no solo, sendo desprezados os 15 cm iniciais de queda do amostrador devido à presença de matéria orgânica, então os 30 cm finais são verificados e anotado na folha de campo do martelo de queda livre.

É importante ressaltar que as características estruturais das classes de solo devem ser descritas nos laudos, pois é necessária a realização de ensaios analíticos em amostras indeformadas ou em solo in situ.

3.3 SONDAGEM MECANIZADA

A sondagem SPT mecanizada foi um aprimoramento através da ideia da sondagem a percussão, criada por Terzagui, onde a sigla SPT tem significado de standard penetration test, onde uma estaca em formato tubular e oca será introduzida no solo com golpes de um peso de aproximadamente sessenta e cinco quilos.

Em um sistema manual, devido à baixa rigidez da haste, aliada ao papel da mola no retorno da ferramenta, o índice de spt tende a se dissipar, aliado à necessidade de água, trará grandes alterações. O índice de resistência traz uma grande desvantagem para a detecção mecanizada do spt. Por outro lado, no processo de furação mecanizada, o equipamento é instalado em carro ou esteira, bem como uma furadeira com motor independente e diversos tipos de brocas, que podem ser espirais, de haste, canos ou mesmo brocas de diamante Para perfurar a rocha. No sistema de perfuração mecanizada SPT, não há necessidade de água, portanto, mesmo que a análise seja realizada em uma profundidade de dezenas de metros, não há risco de comprometimento na aquisição dos dados.

Entretanto, na prática, a execução do ensaio SPT através de processos manuais tende a possuir pouco rigor na determinação da altura de queda do peso padrão, alterando assim a energia / automotivos ou esteiras e uma sonda que possui motor independente com trados de variados modelos, podendo ser eles em formato helicoidal, hastes, barriletes ou até brocas diamantadas para perfurar rochas.



Figura 4 – Sondagem mecanizada (Fonte: Aragon Perfurações e Sondagens)

3.3.1 NORMATIVAS – SONDAGEM MECANIZADA

A ABNT, lançou a nova versão da ABNT NBR 6484:2020 – Solo – Sondagens de simples reconhecimentos com SPT. Dentre as novidades a nova versão, a norma traz um foco mais direcionado para os processos de ensaio mecanizado e altera os critérios de paralisação e classificação da compacidade do solo.

Ao contrário da antiga NBR, a nova norma de sondagem por SPT identifica e aprova a utilização de equipamento mecanizado capaz de aplicar os golpes por queda livre do martelo padrão de 65kg a 75cm de altura.

A utilização de um dispositivo mecanizado é um avanço no controle da energia aplicada na condução de um amostrado padrão, pois embora a aplicação manual seja apoiada pela haste-guia, a velocidade de deslocamento pode causar golpes retardados com queda do martelo em altura maiores ou menores que 75 cm.

A nova norma abre precedentes que estimulam o mercado a pensar em investir em um dispositivo mecanizado capaz de realizar um teste com controle rígido da quantidade de energia aplicada nos golpes.

Uma curiosidade na nova versão da ABNT NBR 6484 em “recomendação de obturação dos furos, pós realização da sondagem” é a recomendação de que os furos de sondagem devem ser obturados pós-realização do ensaio.

A nova exigência é, de todo o modo, louvável. Sobretudo por reduzir os riscos de contaminação do solo e/ou do lençol freático. No entanto, é algo que impacta diretamente no custo final da sondagem posto que a empresa de sondagem deve, agora, dispor de insumos e equipamentos para obturar os furos.

4 RESULTADOS E DISCUSÕES

Em análise a ambas as tipologias verificamos diferentes pontos positivos e negativos no decorrer das análises e execuções dos mesmo. Como por exemplo, o SPT pode não caracterizar completamente o solo em um dado ponto.

A presença de rochas grandes (matacões) pode impedir que se prossiga com o ensaio ainda se estando em profundidade inoportuna, isto é, quando ainda teríamos um bulbo de tensões atingindo a região e o solo não teve ganho de resistência que permita parar.

Por conta dessas disparidades de haver matacões ou a profundidade ser insuficiente é que podem ocorrer sondagens prévias e definitivas. Ou, pode ainda ser necessário complementar com outros ensaios.

No caso da presença de rochas, será útil realizar ensaio de sondagem mecanizada, que extrai testemunhos e verifica o quanto a amostra está intemperizada, descontinuidades e outras características. Há a modalidade de sondagem mista, onde há percussão em solo e rotativa nas rochas.

4.1 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA SONDAGEM POR SPT

As vantagens desse ensaio com relação aos demais são: simplicidade do equipamento, baixo custo (0,2 a 0,5% do custo total da obra) e obtenção de um valor numérico que pode ser obtido de forma não sofisticada, mas diretas, com regras empíricas de projeto.

Uma desvantagem está atrelado a diversidade de procedimentos utilizados para a execução do ensaio (método não padronizado) e pouca racionalidade de alguns métodos de

uso e interpretação. Atualmente existem diferentes normas nacionais com características distintas.

4.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA SONDAGEM MECANIZADA

A sondagem mecânica é caracterizada por não ter vibração durante sua execução, no processo mecânico pode-se cavar em profundidades mais baixas onde um processo manual não se consegue chegar, é um processo bem mais ágil que a sondagem manual, não há desgaste humano e cansaço para quem o executa, sabe-se que com processo mecânico se tem uma precisão maior, qualidade, o que é visado bastante à produtividade.

Enfim, quando um cliente contrata um serviço, ele espera que o mesmo seja entregue com qualidade, tempo ágil, custo/benefício, produtividade e analisando todos os pontos percebe-se que o mecanizado mesmo que tenha um custo maior na locação do método, é o mais eficaz, pois o mecanismo é mais preciso, o tempo de execução é menor, assim obtendo a qualidade e produtividade mais elevadas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No ramo da engenharia seja qual for o projeto que envolva fundações, será sempre fundamental a utilização de investigação do solo.

Após estudos realizados para o desenvolvimento do artigo, concluímos que as metodologias de execução de sondagens exigem conhecimentos específicos e realmente importantes para a elaboração de uma obra na construção civil, apesar de notadas algumas variações e erros nas técnicas dos procedimentos operacionais, notamos que não há grande interferência nos resultados obtidos em cada um deles, sendo assim, a confiabilidade de cada um dos métodos, de maneira geral, é aceitável.

Apesar do custo na sondagem ser considerado baixo, esse investimento ainda é revertido em ganho de tempo na execução e no dimensionamento da obra. Acreditamos ainda, que os métodos citados no artigo, podem evoluir muito com a contribuição dos avanços tecnológicos.

Outro porém, encontrado na análise do artigo que no Brasil ainda existe pouco estudo relacionado a sondagem mecanizada, até mesmo empresas relacionadas na área são escassas, sendo assim a sondagem por SPT mais utilizada na região.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Douglas. **Tipos de fundações: qual a importância em uma obra e como escolher o mais adequado**. Blog Ipog, 20 de agosto de 2021. Disponível em: <https://blog.ipog.edu.br/engenharia-e-arquitetura/tipos-de-fundacoes/>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9603: Sondagem a trado procedimento**. Rio de Janeiro. 2015. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122: Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro. 2009.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502: Rochas e Solos - Amostra Indeformada**. Rio de Janeiro. 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8036. Programação de sondagem de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios**. Rio de Janeiro. 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7250. Identificação e descrição de amostras de solo obtidas em sondagens de simples reconhecimento dos solos**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 1982.

DYNAMIC CAD. **Sondagem SPT mecanizada, como é executada?**. 5 de setembro de 2021. Disponível em: <http://www.archus.com/dynamiccad/site/2021/04/05/sondagem-spt-mecanizada-como-e-executada/>

HUAMAN, Nilton Justo Alvarado. **Análise de solo: estudo bibliográfico e exploratório do solo para uso na construção civil em Manaus-AM**. Manaus, Centro Universitário do Norte – Uninorte, 2019. Disponível em: https://semanaacademica.com.br/system/files/artigos/artigo_do_solo_de_manaus-am.pdf

PEREIRA, Caio. **Sondagem SPT: O que é e como é feito esse ensaio**. Escola Engenharia, 6 de outubro de 2021. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/sondagem-spt/>

PEIXOTO, Anna Silvia Palcheco. **Estudo do ensaio SPT-T e sua aplicação na prática de engenharia de fundações**. Campinas – Unicamp, Julho de 2021. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/257654/1/Peixoto_AnnaSilviaPalc

Votorantim Cimentos. **Sondagem do solo é essencial para conhecer as características do terreno. Mapa da Obra**, 30 de Julho de 2016. Disponível em: <https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/sondagem-do-solo-e-essencial-paraconhecer-as-caracteristicas-doterreno/#:~:text=Primeira%20etapa%20do%20processo%20construtivo,em%20qualq,uer%20tipo%20de%20obra.&text=Com%20a%20sondagem%20do%20solo,do%20le,n%C3%A7o%20fre%C3%A1tico%2C%20caso%20exista>