



REFORÇO DE FUNDAÇÕES COM UTILIZAÇÃO DE ESTACAS COMO FORMA DE CORRIGIR E PREVENIR PATOLOGIAS NAS EDIFICAÇÕES

BOUSADO, Jaqueline Teixeira (1); MIRANDA, Suymara Toledo (2)

(1) Faculdade Presidente Antônio Carlos, jaquelinetbousado@hotmail.com

(2) Faculdade Presidente Antônio Carlos, suymara-miranda@hotmail.com

RESUMO

As características dos materiais geológicos presentes no terreno têm grande influência nas construções, mas, por vezes, sua importância é subestimada, resultando na transmissão inadequada de cargas ao terreno e provocando movimentos excessivos do solo e da fundação. Como resultado, a estrutura pode sofrer danos arquitetônicos, funcionais ou estruturais, cada qual dependendo da magnitude do problema. Através de uma revisão bibliográfica tem-se o propósito de conhecer algumas das causas da desestabilização das fundações e apresentar métodos para reforçá-las utilizando estacas de forma a reabilitar as estruturas após terem sofrido movimentações excessivas ou aumentando a capacidade das que têm a possibilidade de sofrer. As estacas em análise são: microestaca, constituída de um tubo de revestimento inserido no solo por perfuração rotativa, armada e preenchida com injeção de calda de cimento ou argamassa; estaca raiz, executada através de perfuração rotativa, moldada no local, armada e preenchida com argamassa; estaca mega, formada por elementos de concreto pré-moldados ou metálicos e cravada com auxílio de macaco hidráulico; e estaca helicoidal, inserida no solo com a aplicação de um torque, composta por tubo metálico e hélices formadas por chapas de aço. A partir desse estudo, pode-se observar que a microestaca e a estaca raiz possuem a vantagem de transposição de camadas de solos resistentes e camadas rochosas, podendo ser executadas em qualquer tipo de solo ou rocha, enquanto que a estaca mega e a estaca helicoidal podem simplesmente se apoiarem em camadas com essas características. O diferencial da estaca mega e da estaca helicoidal é que estão aptas a suportarem o carregamento da estrutura imediatamente após sua instalação, não precisam esperar o tempo de cura do concreto para adquirir resistência, além de permitirem uma obra mais limpa.

Palavras-chave: Movimentação de fundação. Fundações profundas. Reabilitação de estrutura.

ABSTRACT

The characteristics of geological materials present on the ground have great influence in the constructions, but sometimes, its importance is underestimated, resulting in improper transmission of loads to the ground and causing excessive movement of the soil and the foundation. As a result, the architectural structure can suffer damage, functional or structural, each depending on the magnitude of the problem. Through a literature review has the purpose of knowing some of the causes of the destabilisation of foundations and present methods to strengthen them using piles in order to rehabilitate the structures after having undergone excessive movements or by increasing the capacity of that have the possibility of suffering. The piles in analysis are: micropile, consisting of a coating tube inserted into the soil by rotary drilling, armed and filled with injection of cement grout or mortar; root pile, implemented by means of rotary drilling, molded on site, armed and filled with mortar; mega pile, formed by elements of pre-cast concrete or metal crimped and with the aid of a hydraulic jack; and helical pile, inserted in the soil with the application of a torque, composed by the metal tube and propellers formed by steel plates. From this study, it can be observed that the micropile and root pile have the advantage of

transposition of resistant layers of soil and rock layers, which may be implemented in any type of soil or rock, while the mega pile and the helical pile can simply support in layers with these characteristics. The differential of the mega pile and helical pile opinion is that they are able to withstand the loading of the structure immediately after its installation, do not need to wait for the curing time of the concrete to acquire resistance, in addition to permitting a work more cleanly.

Keywords: *Movement of foundation. Deep foundations. Rehabilitation of structure.*

1 INTRODUÇÃO

As estruturas da construção civil são constituídas de infraestrutura, definida como a parte inferior ou fundação. A infraestrutura é responsável por conectar toda estrutura ao terreno e, juntamente a ele, permitir a estabilidade do sistema terreno-estrutura. De acordo com Quaresma et al. (2019), para isso ocorrer de forma aceitável, deve-se identificar e classificar suas camadas e verificar as propriedades, a fim de conhecer o terreno no qual a obra estará apoiada. Cada obra de engenharia tem suas particularidades, dificilmente uma obra será igual a outra, por este motivo é necessário considerar sua individualidade para obter um bom resultado.

Quando essa transmissão de cargas das estruturas para o terreno é feita de forma inadequada, podem ocorrer movimentações excessivas do terreno e, conseqüentemente da fundação e da estrutura. Como solução para o problema citado, é realizado o reforço da fundação, antes de sua ocorrência como prevenção ou depois de ocorrido como correção, para tornar a estrutura estável e aumentar a capacidade de carga da fundação.

Dessa forma, realiza-se o presente trabalho através de uma revisão bibliográfica, motivado pelas ocorrências das movimentações excessivas da fundação e pelos problemas por elas causados. O objetivo primário é apresentar os principais tipos de estacas utilizadas para o reforço de fundações de modo a corrigir e evitar problemas que comprometam a estética, a utilização e a segurança das estruturas. Como objetivo secundário tem-se a intenção de mostrar os fatores que desestabilizam as fundações.

2 PATOLOGIAS NAS FUNDAÇÕES E SUAS CAUSAS

Sabe-se que em toda fundação ocorrem deslocamentos verticais descendentes, conhecidos como recalques, horizontais e rotacionais provocados pelas ações das cargas atuantes. Os deslocamentos são resultados diretos da interação solo-estrutura e se atingirem valores maiores que os limitantes para os quais a estrutura foi dimensionada, surgem esforços que perturbam a estabilidade e a funcionalidade da edificação, podendo levá-la ao colapso (VELLOSO; LOPES, 2010). Os deslocamentos excessivos são patológicos às fundações, tendo diferentes causas.

A movimentação das partículas do solo, podendo ser provocada, principalmente, por seu adensamento ou pela ruptura do elemento de fundação ou do próprio solo. O adensamento consiste na expulsão dos vazios, água e ar, do solo e sua compactação ao ser carregado e a ruptura é a perda de sua resistência após receber uma tensão maior que tensão admissível e se romper (PINTO, 2019).

Ambas as ocorrências têm vários agentes, podendo ser encontrados na fase de investigação do subsolo, na análise errônea dos dados do terreno e da construção, nas etapas de projeto e de execução, nos eventos após a conclusão da obra e na degradação dos materiais (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2015). Gotlieb (2019) ressalta que os danos podem ser resultados de um agente ou pela combinação de alguns deles.

Frequentemente, a investigação do subsolo é a maior causa dos problemas nas fundações, seja por sua ausência, insuficiência, má qualidade ou mesmo pela má interpretação dos resultados (PILZ *et al.*, 2010). “Ao contrário da maioria das atividades da construção civil, no caso da geotecnia e, em especial, das fundações, a atividade produtiva desenvolve-se sobre um material preexistente, não escolhido e, inclusive, não passível de adequada identificação” (PILZ *et al.*, 2010, p. 71). Se as informações recebidas para elaboração do projeto não forem suficientes, deve-se solicitar ensaios complementares a fim de evitar imprevistos durante e após a execução (PILZ *et al.*, 2010, p. 71).

Dentre esses imprevistos é relevante destacar a possibilidade de existir camadas compressíveis de aterros que podem ser causa de recalque ao se compactar com a carga da estrutura (PINTO, 2019); camadas de solos colapsíveis, os quais possuem elevada porosidade e têm suas partículas cimentadas entre si, quando entram em contato com a água perdem essa cimentação ocorrendo o colapso repentino da sua estrutura (TEIXEIRA; GODOY, 2019) e solos expansivos que sofrem grandes variações de volume devido à variação no teor de umidade. Além disso, podem-se encontrar em meio ao maciço matacões, gerando problemas na interpretação da sondagem, por ser confundido com uma camada rochosa (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2015).

Outra causa de recalque é o encontro de bulbos de tensão que consiste na sobreposição de esforços de diferentes elementos de fundação superficial, decorrente da ausência de análise prévia da capacidade de suporte do solo (FERREIRA, 2016). Em acréscimo, pode-se destacar também a avaliação equivocada das solicitações da superestrutura que se transferem aos elementos de fundação, a atribuição incorreta da capacidade de suporte do solo e da cota de assentamento da fundação, a escolha de modelos de cálculo que não atendem às necessidades e a falta de conhecimento e até mesmo erros conscientes na etapa de execução da infraestrutura e no emprego dos materiais.

Além desses, existem os fatores externos como a agressividade do meio, as enchentes e as obras vizinhas (GOTLIEB, 2019).

Teixeira e Godoy (2019) destacam outros fatores externos: as escavações em áreas próximas à fundação, provocando movimento do solo e alterando sua tensão de suporte e de confinamento e as “vibrações oriundas da operação de equipamentos (bate-estacas, rolos compactadores vibratórios etc.), de desmonte de rocha não controlado, e mesmo do tráfego viário, podem causar recalques de fundações com consequentes danos das edificações” (TEIXEIRA; GODOY, 2019).

Um fator causador de problema em estacas é a existência de sobrecargas assimétricas, chamado efeito *Tschebotarioff*. Consiste na aplicação de carga no entorno dos elementos de fundação, provocando tensões horizontais e verticais no maciço de solo e possibilitando sua movimentação. As estacas sofrem danos por impedirem esse deslocamento e absorverem essas tensões (VELLOSO; LOPES, 2010).

Milititsky, Consoli e Schnaid (2015) mencionam que a alteração no uso da edificação e as ampliações e modificações não previstas no projeto inicial, tornam-se solicitações que provavelmente levarão a fundação à instabilidade. Pode-se apontar, como exemplo do primeiro caso, as mudanças de atividades em prédios comerciais ou industriais e, no segundo caso, as ampliações verticais.

Diferentemente das causas anteriores, o rebaixamento do nível freático não advém do acréscimo de carga no terreno. Sua ocorrência se deve ao bombeamento da água existente no interior do solo para fins de engenharia, como na execução de obras em subsolos e até mesmo de certos tipos de fundação (REBELLO, 2008).

3 DANOS PROVOCADOS PELAS PATOLOGIAS NAS FUNDAÇÕES

Em função das patologias nas fundações, originam diferentes danos agrupados em três tipos, como apontado por Teixeira e Godoy (2019) e Gotlieb (2019):

- Danos arquitetônicos: interferem na estética da construção, visíveis a qualquer observador e diante de sua existência o reforço de fundação é opcional, uma vez que não apresentam riscos à estabilidade da estrutura. Exemplos deles são as trincas nas paredes e acabamentos, os recalques de pisos, o desaprumo de edificações e o rompimento de painéis de vidro ou de mármore.
- Danos funcionais: comprometem a utilização da edificação e, dependendo de seu estágio será necessário o reforço, pois podem resultar em dificuldades de utilização da estrutura. Alguns desses problemas são: o refluxo ou o rompimento de rede de esgoto e águas pluviais, a inversão de declividades, o desgaste excessivo dos trilhos-guia de elevadores e o empenamento de portas e janelas.

- Danos estruturais: compreendem os danos causados nos elementos estruturais tais como pilares, vigas e lajes, ou seja, nas partes responsáveis por suportar e transferir as cargas da edificação e, por implicar na instabilidade da construção, o reforço torna-se indispensável.

Se todos os elementos de fundação recalcarem uniformemente, ou seja, ocorrer o recalque total, e, portanto sem distorção angular, não serão provocadas fissuras na estrutura, todavia, se o rebaixamento for elevado, podem surgir danos funcionais como os ressaltos entre o logradouro e a entrada da obra. Portanto, percebe-se a necessidade de limitar os recalques totais e diferenciais ao se elaborar o projeto de fundação (ALONSO, 1991).

4 REFORÇO DE FUNDAÇÃO

“Os reforços de fundações representam uma intervenção no sistema solo-fundação existente, visando modificar seu desempenho” (PILZ *et al.*, 2010, p. 72), tornando-se necessários pelo acréscimo de área em estruturas prontas, por alteração na funcionalidade de sua ocupação, ou por insuficiência da capacidade da fundação primitiva (GOTLIEB, 2019). Pode ser realizado como forma de reabilitação da estrutura após a ocorrência de recalque ou antes da mesma sofrer recalque, como forma preventiva.

De acordo com Gotlieb (2019), para se direcionar à solução do problema, deve-se realizar um diagnóstico com o qual será possível conhecer o mecanismo e o motivo dos danos encontrados, podendo, a partir desses dados, definir o tipo de reforço, a técnica e o dimensionamento mais adequados àquela situação. Para se obter um bom diagnóstico, aconselha-se realizar três procedimentos. O primeiro deles é listar os danos presentes para a quantificação e interpretação do direcionamento dos movimentos; o segundo é a execução de novas investigações do terreno e o terceiro é a instrumentação da obra para acompanhar a amplitude e a velocidade das deformações.

Poder-se-á definir a melhor solução a partir dos resultados do diagnóstico, da experiência e da análise dos profissionais responsáveis pelo trabalho e da consideração de algumas condicionantes, sendo elas técnicas, econômicas, de exequibilidade e de segurança. Respectivamente, essas condicionantes se explicam pela necessidade de compatibilização das condições do solo, da estrutura e do reforço; pela análise do custo/benefício do reforço considerando o valor de mercado da edificação, sendo que para monumentos históricos é indispensável o reforço pelo valor que possuem; pelas condições de acesso e movimentação dos trabalhadores e dos equipamentos, uma vez que os espaços geralmente são reduzidos e, por ser um tipo de trabalho perigoso e delicado, como em situações nas quais a estrutura está em processo de recalque (GOTLIEB, 2019).

Os trabalhos de reforço, geralmente muito especializados, constituem-se comumente de três fases (CAPUTO, P.; CAPUTO, N., 2015, p. 416):

- A. Escoramento da estrutura existente;
- B. Escoramento das escavações que necessariamente terão que ser feitas durante o serviço;
- C. Execução propriamente dita da nova fundação.

Existem vários tipos de soluções para reforços de fundações. Cabe ressaltar que para cada situação existe um método mais adequado. Neste trabalho, serão apresentadas a microestaca, a estaca raiz, a estaca mega e a estaca helicoidal, comumente utilizadas para este fim.

4.1 Estacas injetadas

As estacas injetadas dividem-se em microestaca e estaca raiz. Ambas têm a capacidade de transferir grandes cargas ao terreno e, por seu alto custo, são geralmente utilizadas em situações especiais nas quais não são adequados outros tipos (REBELLO, 2008).

Alonso (2019) relata que essas estacas utilizavam diâmetros de até 20 cm no início de sua comercialização, mas com o passar do tempo houve uma propensão de utilizarem diâmetros maiores, chegando-se a 45 cm atualmente. Suas cargas de trabalho à tração e à compressão podem ser consideradas equivalentes.

Conforme Gotlieb (2019), essas duas estacas podem ser executadas inclinadas ou verticalmente ao lado dos elementos da fundação existente ou perfurando fundações existentes, como as de sapatas e os blocos de coroamento, incorporando-se nessas peças.

4.1.1 Microestaca

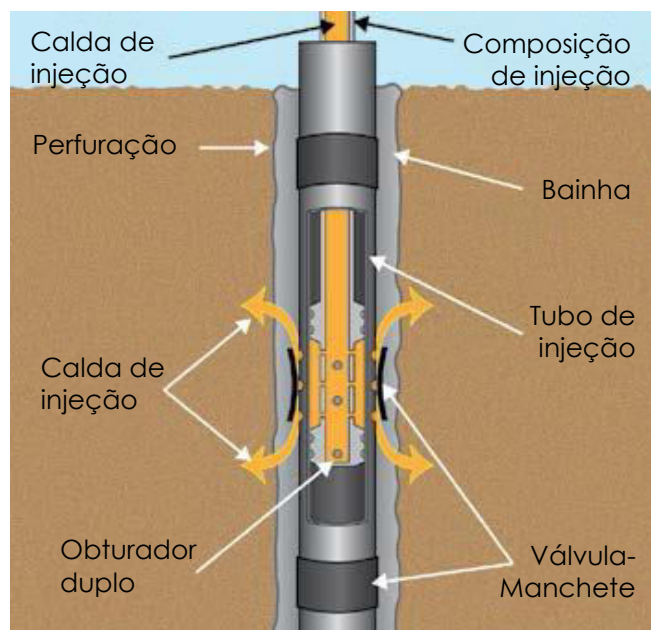
A microestaca, apresentada na Figura 1, é muito utilizada como solução de reforço de fundações, por sua execução ser possível em espaços limitados, possuir diâmetro reduzido, ser isenta de vibrações, permitir a execução de furos inclinados e não precisar de câmara de trabalho abaixo das fundações. Pode ser empregada em todos os tipos de solo e rocha (AZEVEDO; RICHTER, s.d.).

Alonso (2019) expõe que esse tipo de estaca é armado com tubo metálico, cuja finalidade é, além de armar a estaca, possuir válvulas denominadas manchete para o processo de injeção. Em alguns casos, utiliza-se armadura complementar. Visando a diminuir os custos, pode-se utilizar tubo de PVC rígido como substituto do tubo de aço, contudo, deve-se inserir armadura, visto que o PVC não oferece suporte estrutural. A armadura geralmente é de barras de aço em formato de gaiola (ABNT NBR 6122, 2019). Rebello (2008) especifica que o tubo manchete apresenta rasgos laterais, com distância aproximada de 1 m entre eles e vedados provisoriamente por fitas de borracha.

Seja com tubo metálico ou com barras de aço, as microestacas são armadas em todo seu comprimento, fator favorável à melhor absorção de esforços horizontais e à resistência à flexão (AZEVEDO; RICHTER, s.d.).

A estaca é envolvida por argamassa ou calda de cimento (ALONSO, 2019). Segundo a NBR 6122 (ABNT, 2019), a calda de cimento deve ter f_{ck} maior ou igual a 20 MPa, com consumo de cimento maior ou igual a 600 kg/m³ e fator água/cimento no intervalo de 0,5 a 0,6. A execução é realizada através de perfuratriz rotativa, quando ocorre em solo, e com martelo de fundo ou sonda rotativa, quando é necessário transpor matacões ou fazer embutimento em rocha.

Figura 1 – Microestaca instalada no solo



Fonte: Solotrat (2018). Adaptada pelos autores.

4.1.2 Estaca raiz

A estaca raiz apresenta características específicas que viabilizam sua aplicação em casos nos quais outros tipos de estacas não são adequados. Como vantagens, pode-se utilizar ferramentas que possibilitam sua execução através de obstáculos como blocos de rocha ou peças de concreto; possibilidade de trabalhar em locais restritos e de ser executada na direção vertical ou em qualquer inclinação (VELLOSO; LOPES, 2010).

Colatino *et al.* (2018) destacam também como outras vantagens a ausência de vibrações durante a execução e o pequeno porte da maioria dos equipamentos. Esses aspectos são apropriados aos casos especiais de fundações, em que as fundações vizinhas possam ser sensíveis à vibração e ao ruído, bem como em reforços de fundações,

uma vez que não se pode desestabilizar ainda mais a fundação defeituosa e geralmente são serviços realizados em espaços reduzidos.

A estaca raiz é composta por armadura e argamassa de cimento e areia e, para sua execução, em todo trecho em solo utiliza-se revestimento com tubos metálicos recuperáveis (ALONSO, 2019). Conforme NBR 6122 (ABNT, 2019), a armadura pode ser montada em feixe ou em forma de gaiola e os tubos possuem comprimento de 1,0 m a 1,5 m.

A argamassa que a compõe deve apresentar f_{ck} igual ou superior a 20 MPa e tendo consumo de cimento maior ou igual a 600 kg/m³, fator água/cimento variando de 0,5 a 0,6 e utilizando a areia como agregado. A perfuração, em solo, observada na Figura 2, ocorre utilizando-se perfuratriz rotativa ou rotopercussiva e também é possível em matacões e maciços rochosos utilizando equipamentos adequados. (ABNT NBR 6122, 2019).

Figura 2 – Perfuração com o tubo de revestimento



Fonte: Laister (2012).

4.2 Estaca mega

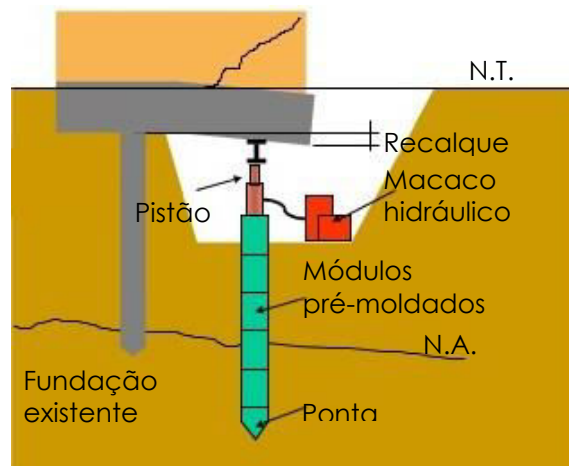
A estaca mega, também conhecida como estaca de reação, é frequentemente utilizada como reforço de fundação (REBELLO, 2008). Gotlieb (2019) afirma que a referida estaca é conveniente para tal aplicação, visto que pode ser executada em locais com dimensões limitadas e de difícil acesso para pessoas e equipamentos, bem como sua cravação ser isenta de vibrações, o que diminui os riscos de uma possível instabilidade de fundações já deficientes. Além disso, aumenta a segurança da obra imediatamente após sua instalação.

Esse tipo de estaca é constituído por elementos cilíndricos sobrepostos, podendo ser em concreto armado vazados ou perfis metálicos, com

comprimento variável de 0,50 a 1,00 m, dependendo das condições do local onde serão inseridos (GOTLIEB, 2019). Quando em concreto pré-moldado, deve-se considerar f_{ck} mínimo de 25 MPa para o dimensionamento estrutural e quando em metal, é necessário considerar f_{yk} mínimo de 200 MPa (ABNT NBR 6122, 2019).

Realiza-se a cravação dos elementos cilíndricos vazados empregando macaco hidráulico acionado por bomba elétrica ou manual dispondo de manômetro, conforme a Figura 3 (ABNT NBR 6122, 2019). De acordo com Rebello (2008), após inserida a estaca no solo, realiza-se o encunhamento definitivo conectando a estaca à estrutura por meio de bloco de coroamento pré-moldado, tijolos resistentes ou argamassa.

Figura 3 – Execução de estaca mega



Fonte: SlideShare (2015). Adaptada pelos autores.

4.3 Estaca helicoidal

A estaca helicoidal assemelha-se a um parafuso, por possuir placas circulares de aço fixadas em um tubo também de aço (CARVALHO *et al.*, 2016). Essas estacas são formadas por duas partes, sendo uma denominada seção guia ou principal, constituída de um tubo no qual estão soldadas chapas de aço em formato de hélice e a outra denominada extensão, composta por tubos lisos de mesmo diâmetro do tubo da seção guia (REBELLO, 2008). Carvalho *et al.* (2016) explicam que se utiliza o fuste dos dois tipos de seção para transmitir a rotação de escavação, transferir a carga da superestrutura às hélices e resistir às cargas laterais.

No Brasil, o diâmetro das placas circulares varia de duas vezes e meia a seis vezes o diâmetro da haste. A estaca pode conter hélices com mesmo diâmetro ou com diâmetros diferentes, neste caso com medida crescente a partir da ponta da estaca. As hélices devem estar dispostas no tubo em distâncias equivalentes umas das outras para percorrerem apenas uma

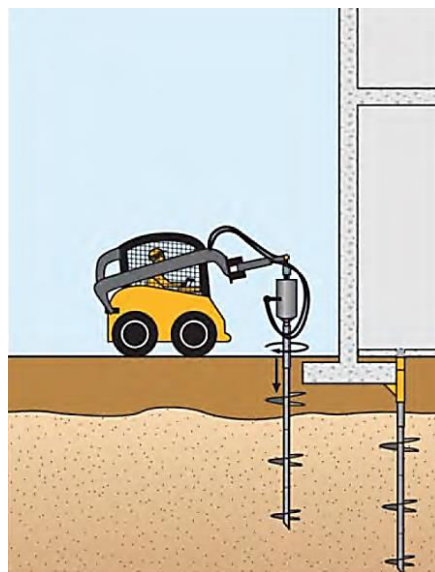
trajetória durante a inserção no terreno. O número de hélices será determinado conforme a capacidade de carga exigida da estaca e das condições geotécnicas (SCHIAVON; TSUHA; THOREL, 2018).

Várias vantagens podem ser citadas sobre as estacas helicoidais. Spohr (2016) destaca algumas delas: seu processo executivo apresenta pouca vibração e ruído; por não ser de concreto armado, possui menor custo de mobilização e equipamentos; é possível sua industrialização, por não ser necessário serviço de solda no local, por já chegarem prontas da fábrica, conferindo maior rapidez e menor custo. Além disso, há a possibilidade de serem removidas e reinstaladas em local diferente, possuem boa capacidade resistente à tração e à compressão e podem ser instaladas em diferentes angulações.

Além dessas vantagens, na execução desse tipo de estaca resulta em um pequeno volume de solo escavado, sendo considerada uma execução mais limpa. Entretanto, é válido ressaltar que com esse tipo de fundação não é possível atravessar rochas e solos com alta resistência (REBELLO, 2008).

Para a execução é necessário um motor hidráulico para aplicar um torque, ou momento torsor, de forma a rotacionar a estaca e inseri-la no solo, como se verifica na Figura 4 (CARLOS, 2013). Conforme é descrito no catálogo Reforço de Fundação da Geotechnical (2018), em seguida é realizada a solidarização da estrutura existente à estaca helicoidal, podendo ser feita acoplando um suporte em formato de L para conectar a parte superior da estaca à base da fundação.

Figura 4 – Execução de estacas helicoidais como reforço de fundação



Fonte: Geotechnical – Geotecnia e Engenharia (2018).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio do presente trabalho observou-se que diferentes fatores podem causar a instabilidade das fundações e das estruturas. Além disso, verificou-se que várias condições influenciam na determinação do tipo de reforço de fundação a ser executado, tornando evidente que não existe o melhor método, mas sim o mais adequado para determinada situação.

As estacas apresentadas promovem mais agilidade à execução, para a qual utiliza equipamentos de menor porte, possibilitando-a em locais com espaços limitados e geram vibrações insignificantes, provocando menos impactos negativos nas adjacências da obra, na própria fundação em processo de reforço, na estrutura e menos riscos à segurança daqueles que a utilizam.

A microestaca e a estaca raiz possuem a vantagem de transposição de camadas de solos resistentes e camadas rochosas, podendo ser executadas em qualquer tipo de solo ou rocha, enquanto que a estaca mega e a estaca helicoidal podem simplesmente se apoiarem em camadas com essas características. Isso é possível por sua execução ser realizada com equipamentos que perfuram esse tipo de camada permitindo atingirem grandes profundidades e, dessa forma, possibilitando a transferência de grande quantidade de carga ao solo por atrito lateral.

O diferencial da estaca mega e da estaca helicoidal é que ambas estão aptas a suportarem o carregamento da estrutura imediatamente após sua instalação, uma vez que esses elementos de fundação são pré-moldados ou metálicos na estaca mega, ou de aço na estaca helicoidal, não precisando esperar o tempo de cura do concreto para adquirir resistência. Além disso, permitem uma obra mais limpa por não ser necessária utilização de água para a instalação no terreno e gerarem pequeno volume de solo escavado.

REFERÊNCIAS

- ALONSO, U. R. Estacas pré-moldadas. In: FALCONI, F. et al. **Fundações: teoria e prática**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019. Cap. 9, p. 372-403.
- ALONSO, U. R. **Previsão e controle das fundações: uma introdução ao controle da qualidade em fundações**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 1991. 152 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**. Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2019.
- AZEVEDO, C. P. B.; RICHTER, C. M. B. Microestacas injetadas. **Fundações & Obras Geotécnicas**, p. 64-69. Disponível em: <<https://brasecol.com.br/wp-content/uploads/2015/06/Em-Foco.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2019.
- CAPUTO, H. P.; CAPUTO, A. N. **Mecânica dos solos e suas aplicações: mecânica das rochas, fundações e obras de terra**. 7. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2015. 556 p. v. 2.

- CARLOS, G. D. L. **Dimensionamento de Estacas Helicoidais**. 2013. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2013.
- CARVALHO, I. P. G. de *et al.* Estaca metálica helicoidal. **Fundações & Obras Geotécnicas**, n. 72, p. 60-64, set. 2016.
- COLATINO, A. da C. *et al.* Análise Comparativa de Resultados de Provas de Carga Estática e Dinâmica em Estacas Escavadas Raiz com Pressão de Injeção Zero Executadas em Camada de Solo Mole da Cidade de Maceió – AL. *In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica*, n. 19, 2018, Salvador. **Congresso...** Salvador.
- FERREIRA, J. S. S. **Patologias em edificações devido ao recalque diferencial em fundações**. 2016. 51 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia da UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.
- GEOTECHNICAL – GEOTECNIA E ENGENHARIA. **Catálogo Estacas Helicoidais: Dimensionamento**. 2018. 14 p. Disponível em: <http://www.geotechnical.com.br/catalogos/dim_estaca_helic.pdf>. Acesso em: 8 out. 2019.
- _____. **Catálogo Reforço de Fundações: Apresentação Técnica**. 2018. 5 p. Disponível em: <http://www.geotechnical.com.br/catalogos/refor_fundacao.pdf>. Acesso em: 7 out. 2019.
- GOTLIEB, M.; GUSMÃO FILHO, J. de A. Reforço de fundações. *In: FALCONI, F. et al. Fundações: teoria e prática*. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019. Cap. 12, p. 477-498.
- LAISTER, E. **Influência do consumo de cimento e da relação água/cimento em argamassas para a execução de estaca raiz**. 2012. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.
- MILITITSKY, J.; CONSOLI, N. C.; SCHNAID, F. **Patologia das Fundações**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 256 p.
- PILZ, S. E. *et al.* Recuperação de problemas estruturais gerados no projeto de fundações em um edifício de 14 pavimentos. *Concreto e Construções*, São Paulo, p. 71-79, jan. / mar. 2010. Disponível em: <http://ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/pdf/Revisita_Concreto_57.pdf>. Acesso em: 19 set. 2019.
- PINTO, C. de S. Propriedades dos solos. *In: FALCONI, F. et al. Fundações: teoria e prática*. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019. Cap. 2, p. 55-120.
- QUARESMA, A. R. *et al.* Investigações geotécnicas. *In: FALCONI, F. et al. Fundações: teoria e prática*. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019. Cap. 3, p. 121-166.
- REBELLO, Y. C. P. **Fundações: guia prático de projeto, execução e dimensionamento**. 3. ed. São Paulo: Zigurate Editora, 2008. 238 p.
- SCHIAVON, J. A.; TSUHA; C. de H. C.; THOREL, L. Estudo de caso de fundações por estacas helicoidais instaladas em solo tropical residual. *In: Congresso Brasileiro*

de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, n. 19, 2018, Salvador.
Congresso... Salvador.

SLIDESHARE. **Apostila de Fundações.** 2018. Disponível em:
<<https://pt.slideshare.net/nailltonsantos980/apostila-ufg-fundacoes-43184710>>.
Acesso em 12 jan. 2020.

SOLOTRAT. **Manual de Serviços Geotécnicos Solotrat.** 2018. 118 p. Disponível em:
<<http://www.solotrat.com.br/assets/pdf/manual-completo.pdf>>. Acesso em:
12 jan. 2020.

SPOHR, M. N. **Dimensionamento e previsão de carga para estacas parafusos ou helicoidais.** 2016. 174 f. Monografia (Especialização em Estruturas de Concreto e Fundações) – Universidade Cidade de São Paulo, Porto Alegre, 2016.

TEIXEIRA, A. H.; GODOY, N. S. de. Análise, projeto e execução de fundações rasas.
In: FALCONI, F. *et al.* **Fundações:** teoria e prática. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019. Cap. 7, p. 225-261.

VELLOSO, D. de A.; LOPES, F. de R. **Fundações:** Critérios de Projeto, Investigação do Subsolo, Fundações Superficiais, Fundações Profundas. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 568 p.