

# ESTUDO DAS CONDIÇÕES DE CONCRETAGEM EM ESTACAS DE PEQUENO DIÂMETRO

Wilian Junior de Araujo<sup>1</sup>  
Fabiano Alexandre Nienov<sup>2</sup>

## Resumo

Os elementos de fundação devem ser executados com a máxima segurança e garantir que atendam às especificações de projeto e às recomendações normativas. O problema se agrava principalmente no caso da execução de estacas moldadas no local, pois fica difícil avaliar o seu estado após a execução. A presente pesquisa foi realizada por meio da moldagem em um meio controlado com a utilização de tubos de PVC com diâmetro de 200 mm e comprimento de 3 m, para simular estacas de pequeno diâmetro moldadas no local de sua execução. Os tubos foram concretados com situações que podem ocorrer em uma execução real de fundação, como presença de água, lama e solo fofo em sua ponta, situações essas que comprometem a integridade e resistência das fundações. A pesquisa permitiu avaliar o estado físico e a resistência do concreto dos elementos moldados após 28 dias de cura. Ficou evidente que os elementos moldados com a presença de água e lama na base comprometeram a ponta e todo o fuste, pois o concreto ficou contaminado e, dessa forma, aconteceu a redução da resistência. Os elementos moldados com solo fofo em sua ponta, assim como o elemento que não teve material estranho lançando na base, não tiveram o concreto comprometido apesar de o lançamento ser de 3 m de altura e não vibrado.

Palavras-chave: Fundação profunda. Patologia. Execução. Resistência.

---

<sup>1</sup> Graduando no Curso de Engenharia Civil da Universidade do Oeste de Santa Catarina; wilian.araujo@hotmail.com

<sup>2</sup> Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Professor na Universidade do Oeste de Santa Catarina; fabiano.nienov@unoesc.edu.br

## 1 INTRODUÇÃO

Fundações profundas são elementos estruturais destinados a transmitir ao terreno as cargas da estrutura. Devem ter desempenho adequado para suportar as cargas às quais estão submetidas. O sistema que garante a estabilidade do conjunto é formado pela parcela de resistência do solo, e a outra parcela que garante a estabilidade é formada pelo elemento estrutural. Qualquer das duas parcelas que falhar levará o conjunto a reduzir o desempenho ou mesmo ao rompimento. O presente trabalho tem por finalidade verificar as condições de concretagem de estacas de pequeno diâmetro, na base, no meio e no topo da estaca, simulados em tubos de PVC. Serão verificadas as condições de segregação dos elementos bem como fatores ligados à limpeza de base das estacas, em condições de água, solo fofo e lama, além de aferir a resistência à compressão de amostras extraídas dos elementos moldados e curados após 28 dias.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Fundação é parte da estrutura que transmite ao solo ou à rocha as cargas provenientes da superestrutura e do seu peso próprio. É o elemento de interface que transporta os esforços da estrutura ao solo, mantendo um nível seguro de tensão e limites aceitáveis de recalque da estrutura construída.

O uso da fundação profunda se torna necessário quando a camada de solo superficial

ou imediatamente abaixo da estrutura não é capaz de suportar os carregamentos que podem gerar recalques excessivos ou ruptura por cisalhamento do solo.

De acordo com a NBR6122 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010), classifica-se como fundação profunda todo elemento de fundação que transmite a carga ao terreno ou pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, devendo sua ponta ou base estar assente em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta e, no mínimo, 3 m. Nesse tipo de fundação se incluem as estacas e os tubulões.

### 2.1 ESTACAS DE PEQUENO DIÂMETRO

De acordo com Fleming *et al.* (1992), são consideradas estacas escavadas de pequeno diâmetro quando o diâmetro for de 300 mm. A estaca escavada de pequeno diâmetro é executada com equipamento de percussão, por equipamento de perfuração mecânica ou trado rotativo.

Para Aoki e Cintra (2000), estacas escavadas de pequeno diâmetro são facilmente executadas em solo poroso, coesivo e situado acima do nível de água, já que a abertura do furo não requer revestimento. O processo de execução desse tipo de estaca provoca o desconfinamento do solo nas paredes do fuste, gerando redução da pressão total inicial. A resistência do solo diminui com o

tempo de abertura do furo do fuste, em razão do alívio do estado de tensões.

Segundo a NBR 6122 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010), para estaca escavada a perfuração é feita com trado curto acoplado a uma haste até a profundidade especificada em projeto, devendo-se confirmar as características do solo por meio da comparação com a sondagem mais próxima. Quando especificado em projeto, o fundo da perfuração deve ser apiloado com soquete.

É comum o uso da estaca escavada de pequeno diâmetro em obras de pequeno e médio porte, por apresentar uma execução rápida, simples, livre de vibração de alta produtividade e baixo custo. A execução de estacas de pequeno diâmetro pode ser realizada com equipamentos acoplados a hastes de caminhões ou mesmo com o uso de trados manuais usando motor elétrico ou à combustão. O processo de execução consiste basicamente na perfuração até a cota desejada, limpeza do furo, colocação da armadura (caso necessário) e, posteriormente, o lançamento do concreto com o auxílio do funil de concretagem (tremonha).

Segundo Milititsky, Consoli e Schnaid (2015), o principal causador de mau desempenho em estacas escavadas está relacionado à integridade ou à continuidade do elemento de fundação. Não sendo detectado o defeito, o desempenho será desastroso. A concretagem deve ser executada de forma compatível (material e processo) com o

sistema construtivo, e com supervisão estrita para garantir a qualidade da estaca.

As falhas em decorrência da execução de fundações constituem uma das maiores causas de surgimento de patologias nas fundações. Aplicações e especificações dos materiais utilizados nas fundações, métodos construtivos, equipamentos utilizados para a sua execução e a utilização de pessoal experiente acompanhado por uma equipe que supervisiona os trabalhos de forma rigorosa são garantias de um bom funcionamento das fundações.

Milititsky, Consoli e Schnaid (2015) referem que o sucesso da execução de fundações profundas está relacionado às características de execução de cada tipo de fundação profunda, à adoção do perfil típico do solo e à análise por meio de métodos específicos e cálculos. Os processos e métodos construtivos das fundações profundas têm de ser aplicados de forma que as condições no terreno sejam as mesmas que as previstas no projeto.

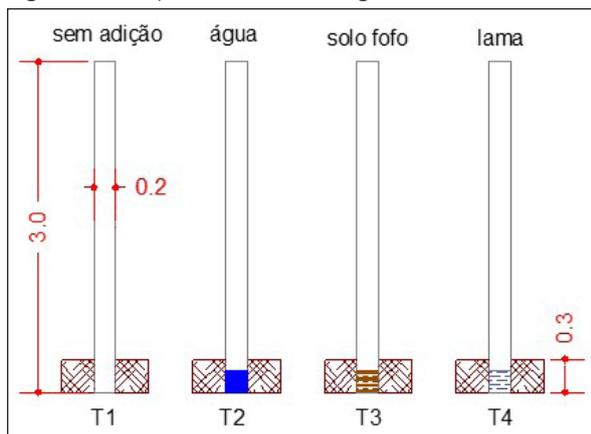
### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

O programa experimental consistiu em moldar quatro elementos com diâmetro de 200 mm em tudo de PVC simulando estacas de pequeno diâmetro: um molde sem adição de material estranho na base, que servirá como elemento padrão, e mais três moldes, um com adição de solo fofo, outro com uma camada de água e outro com uma camada

de lama na ponta do tubo. Essas situações simulam a má limpeza da ponta de estacas.

Com o objetivo de deixar os moldes com as mesmas características e assim poder, ao final do teste, aferir o quanto cada elemento (solo, lama e água) influencia na fundação, estes foram moldados igualmente com o mesmo diâmetro (200 mm) e o mesmo comprimento (3 m), com concreto usinado de 20 MPa. Na Figura 1 apresentam-se as quatro situações confeccionadas.

Figura 1 – Esquema de montagem dos moldes



Fonte: os autores.

Para confecção dos moldes, executou-se uma cava no solo de 30 cm de profundidade por meio de trado helicoidal. Após a abertura da cava procedeu-se com a colocação dos quatro tubos de PVC com 3 m de comprimento no prumo, conforme apresentado na Fotografia 1.

Fotografia 1 – Execução do nivelamento e fixação dos tubos



Fonte: os autores.

Em cada um dos tubos foi adicionada uma situação que compromete o desempenho da ponta dos elementos moldados, água (T2), solo fofo (T3), lama (T4) e um tubo sem nenhum elemento (T1). O material adicionado na ponta teve espessura de 20 cm de altura na base e então os moldes foram concretados. O concreto usinado foi lançado com a utilização de baldes e não teve qualquer tipo de adensamento. Foram moldados testemunhos para aferir a resistência do concreto fornecido.

Para o processo de cura do concreto, os moldes permaneceram isolados sem qualquer tipo de contato ou interferência até os 28 dias. Após 28 dias os moldes foram serrados com uso de serra mármore manual

em três segmentos de 1 m. Desses segmentos foram extraídos CPs para aferição da resistência no topo, no meio e na base dos moldes, conforme mostrado na Fotografia 2.

Além da retirada de amostras, foi realizada a desforma dos moldes para proceder com a análise visual do estado de conservação do concreto curado.

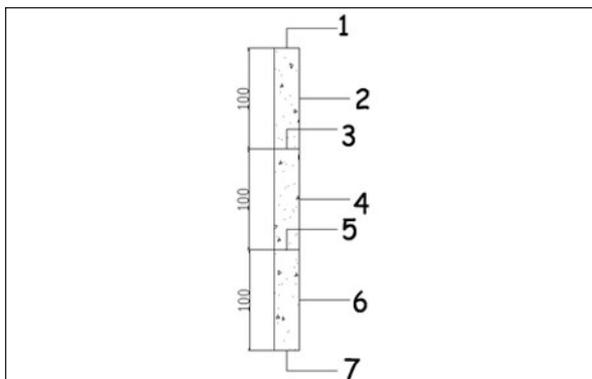
Fotografia 2 – Extração da amostra



Fonte: os autores.

A extração das amostras foi realizada em sete pontos em cada molde. O diâmetro da broca usada para extração foi de 75 mm. A Figura 2 apresenta os pontos de extração em cada molde.

Figura 2 – Locais de extração de amostras nos moldes



Fonte: os autores.

O ponto 1 representa o topo do molde, e o ponto 7 representa a base do molde.

Após a retirada das amostras, foi realizado ensaio de compressão simples. Nem todas as amostras ficaram em tamanho padrão, ou seja, correções precisaram ser realizadas em razão da relação entre o diâmetro e a altura, conforme recomendações da NBR 7680 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015).

Na Fotografia 3 são apresentadas as amostras retiradas dos moldes sem adição de material que comprometa a ponta (T1).

Fotografia 3 – Amostras de concreto extraídas de T1



Fonte: os autores.

## 4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 4.1 ANÁLISE VISUAL DOS ELEMENTOS

A inspeção visual da concretagem após a desforma permitiu uma avaliação visual do estado físico. Pôde-se compreender como uma boa execução dos elementos e os

cuidados durante a concretagem influenciam na integridade da ponta de uma estaca.

O molde T1, que foi moldado sem adição de material para comprometer a ponta, estava com um bom acabamento e com o agregado graúdo coberto pela argamassa em uma condição ideal. O molde T3 também apresentava um bom cobrimento do agregado e um elemento íntegro, apenas a ponta da estaca ficou comprometida, como pode ser visto na Fotografia 4. Esse solo posicionado na ponta de uma estaca acarreta recalques quando a ponta é submetida à solicitação de carga.

Fotografia 4 – Estaca com solo na ponta



Fonte: os autores.

Já os moldes que tinham no seu interior a presença de água (T2) e lama (T4) ficaram com um aspecto poroso, mal-acabado, com falhas e frágeis. Durante a desforma desses moldes no último segmento de 1 m (perto da ponta) o concreto não resistiu e desagregou, como pode ser observado na Fotografia 5. A retirada de amostras com a extratora nesses pontos também foi prejudicada em razão do estado em que o concreto se apresentava.

Os elementos perderam parte do seu comprimento em ambos os casos, cerca de 40 cm da ponta em T4 e 50 cm em T2. O que em uma condição real de obra compromete o elemento de fundação.

Fotografia 5 – Estado do concreto na ponta da T2



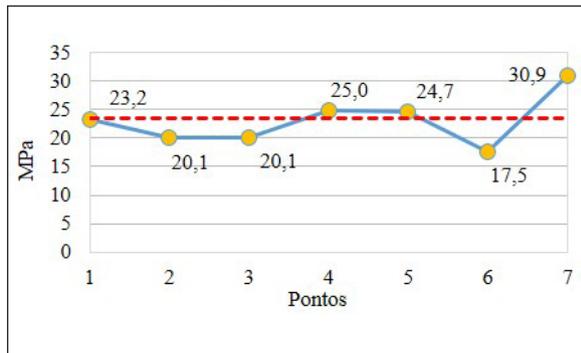
Fonte: os autores.

## 4.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA

O valor de resistência na compressão simples do concreto antes da moldagem dos elementos foi aferido em 23,5 MPa, superior ao solicitado, que era de 20 MPa.

No Gráfico 1 são apresentados os resultados do ensaio de compressão das amostras retiradas em cada ponto do molde T1, conforme a Figura 1. Todos os pontos estão acima dos 20 MPa (concreto solicitado). A linha tracejada serve de orientação para poder comparar a resistência do concreto na moldagem das estacas, que foi de 23,5 MPa.

Gráfico 1 – Resultado da resistência do concreto ao longo do molde T1



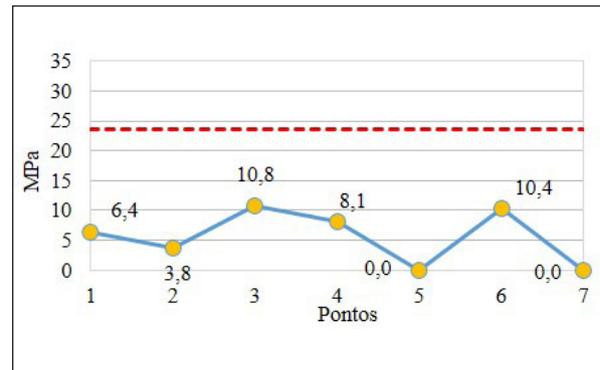
Fonte: os autores.

Observa-se uma variação de resistência ao longo da profundidade do elemento moldado. Valores esses acima e abaixo do obtido da moldagem do concreto de 23,5 MPa. Essas variações podem estar relacionadas ao método usado para concretagem, que foi com o uso de baldes e não foi vibrado. Buscou-se usar os mesmos procedimentos geralmente usados em obras de pequeno porte. Percebe-se que foi na ponta do elemento que o concreto atingiu a maior resistência. Essa resistência está relacionada ao adensamento em decorrência do lançamento do concreto nas camadas superiores.

No Gráfico 2 são apresentados os resultados do ensaio de compressão das amostras retiradas em cada ponto do molde T2. Percebe-se que a presença de 20 cm de água no fundo do molde comprometeu o desempenho do concreto usado. Valores abaixo do previsto – 23,5 MPa – obtido para aferir o concreto enviado. O concreto foi contaminado com a água e dessa forma aumentou o fator água/cimento da mistura.

Nos pontos 5 e 7 não foi possível obter amostra, pois o concreto segregou, não teve cimentação suficiente.

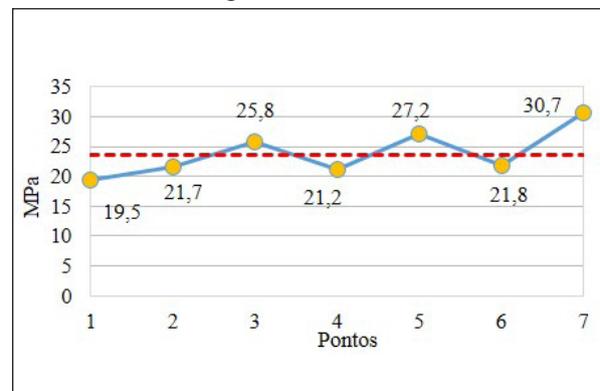
Gráfico 2 – Resultado da resistência do concreto ao longo do molde T2



Fonte: os autores.

O desempenho das amostras extraídas do elemento T3 é apresentado no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Resultado da resistência do concreto ao longo do molde T3



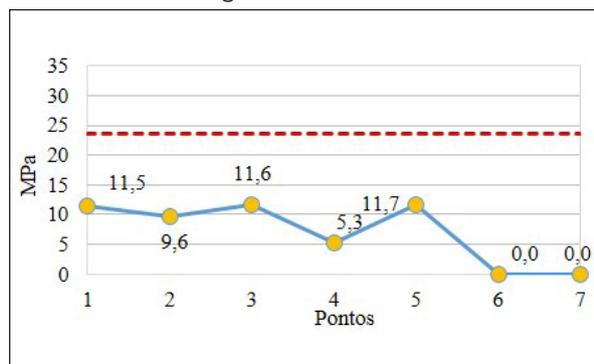
Fonte: os autores.

Da mesma forma que o elemento T1, observa-se uma variação de resistência ao longo da profundidade do elemento moldado. A resistência não foi comprometida em decorrência da posição no fundo de solo fofo, porém, em uma situação real, a ponta da estaca estaria comprometida, gerando recalques.

Assim como no elemento T1 o concreto na ponta do elemento T3 atingiu o maior valor em razão do adensamento e do lançamento do concreto nas camadas superiores.

Da mesma forma que o elemento T2, o elemento T4 também teve seu desempenho comprometido pela contaminação da camada de 20 cm de lama no fundo. O resultado da resistência ao longo da profundidade é apresentado no Gráfico 4.

Gráfico 4 – Resultado da resistência do concreto ao longo do molde T4



Fonte: os autores.

Nos pontos 6 e 7 não foi possível retirar amostra do concreto, pois apresentava segregação e nesse ponto não teve cimentação.

## 5 CONCLUSÃO

Dos resultados obtidos fica evidente o cuidado que se deve ter com a limpeza da ponta das estacas. A presença de água (T2) e lama (T4), além de comprometer a ponta do elemento moldado, comprometeu toda a resistência do fuste. O solo fofo deixado na ponta da moldagem T3 não comprometeu

a resistência do concreto ao longo do fuste do elemento moldado, porém esse fato compromete o desempenho da ponta de uma estaca. Assim como T4, T1 teve variação da resistência do concreto ao longo do fuste; esse fato se deve à heterogeneidade do concreto lançando (lançamento com baldes) e não vibrado. Em relação ao estado físico das estacas, percebeu-se que os elementos T2 e T4 o concreto na ponta desagregava com facilidade, além de que em todo o fuste o agregado não foi totalmente envolvido com a argamassa.

Para os elementos T1 e T3, o agregado estava íntegro e os agregados estavam coberto de argamassa.

Nos elementos T1 e T3, mesmo o concreto sendo lançado da altura de 3 m, manteve-se estável e não houve problemas de segregação ou falhas no elemento.

Espera-se que este trabalho possa contribuir para um maior esclarecimento de como é importante tomar os devidos cuidados na execução das fundações profundas. Um bom desempenho e qualidade das fundações depende de um acompanhamento técnico durante toda a execução, garantindo que esta seja executada da maneira correta.

## REFERÊNCIAS

AOKI, Nelson; CINTRA, José Carlos Angelo. Carga admissível e carga característica de fundações por estacas. **Revista Solos e Rochas**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 137-142, 2000.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7680-1**: Concreto - Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto. Parte 1: Resistência à compressão axial. Rio de Janeiro, 2015.

FLEMING, W. G. K. *et al.* **Piling Engineering**. 2. ed. Glasgow: Blackie and Son, 1992.

MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo Cesar; SCHNAID, Fernando. **Patologia das fundações**. São Paulo: Oficina de textos, 2015.

