

FUNDAÇÕES PROFUNDAS APLICAÇÃO DE TUBULÕES PARA GARANTIR A ESTABILIDADE DAS ESTRUTURAS

DEEP FOUNDATIONS APPLICATION OF PIPES TO ENSURE THE STABILITY OF THE STRUCTURES

Leandro Barbosa Gomes¹
Leonardo Peçanha de Oliveira²
Neivaldo Francelino de Souza Junior³
Cláudio Bonfante de Oliveira⁴

RESUMO: Este artigo tem por objetivo apresentar uma das técnicas utilizadas para fazer fundações de construções que não tem um solo muito amigável para receber cargas, especificamente solos cuja resistência segura começa a ser encontrada além de três metros de profundidade ou solos onde o nível das águas subterrâneas está relativamente próximo a superfície. Foi abordado a técnica de tubulão a céu aberto pontuando as vantagens e desvantagens, riscos e os avanços tecnológicos desenvolvido no decurso do tempo que trouxe maior agilidade e segurança durante o trabalho, para melhorar o entendimento, foi produzido uma maquete com o foco de melhorar o entendimento de um leigo sobre como eram feitas tais fundações.

1668

Palavras-chaves: Aplicação. Estabilidade. Estruturas. Fundações. Tubulões.

ABSTRACT: This article aims to present one of the techniques used to make foundations for buildings that do not have very friendly soil to receive loads, specifically soils whose safe resistance begins to be found beyond three meters deep or soils where the groundwater level is relatively close to the surface. The open-air tubing technique was discussed, highlighting the advantages and disadvantages, risks and technological advances developed over time that brought greater agility and safety during work. To improve understanding, a model was produced with the focus of improving the layman's understanding of how such foundations were made.

Keywords: Application. Stability. Structures. Foundations. Pipes.

INTRODUÇÃO

Este artigo, aborda as fundações do tipo tubulão, que atualmente tem a aceitação no mercado devido a relação custo x benefício. Para ilustrar os dados foi desenvolvido um projeto de fundação em escala reduzida e unitário, que representa como tal modelo age no

¹Graduando em Engenharia Civil Universidade de Vassouras.

²Graduando em Engenharia Civil Universidade de Vassouras.

³Graduando em Engenharia Civil Universidade de Vassouras.

⁴ Mestrado Profissional em Gestão de Sistemas de Engenharias Universidade de Vassouras.

solo. Com o papel de transmitir todas as cargas passadas através dos pilares das construções para o solo, as fundações garantem a estabilidade e segurança de uma estrutura, claro, elas não trabalham sozinhas, existem outros elementos como, pilares e vigas, dos quais este artigo não pautará, que também estão presentes nos empreendimentos.

Os tubulões são utilizados em fundações mais profundas, muitas das vezes para solos com maiores resistências nos horizontes mais distantes da superfície, sendo possível tal perfuração por meios de escavações mecanizadas ou até manuais.

Possui formas cilíndricas, caracterizada pelo diâmetro do fuste menor que o da base. Não havendo solo saturado, são denominados como “Tubulão a céu aberto”, caso contrário, poderá ser necessário o uso de campânula no topo do tubulão e encamisamento de aço ou concreto para auxiliar na abertura do fuste, por esta característica dar-se-á o nome de “Tubulão a ar comprimido”.

O objetivo geral deste artigo foi construir uma maquete que representa as etapas de execução para construção de fundações profundas utilizando a técnica de tubulão a céu aberto. Essa maquete evidenciará as etapas passo a passo segundo a norma NBR 6122:2019. A construção desta maquete visa também deixar um legado didático para o ensino da disciplina de fundações e talude que poderá ser empregado para a visualização dessas etapas e procedimentos construtivos como suporte didático para a disciplina.

Execução a céu aberto

Sabendo o posicionamento das perfurações, escava-se à distância de todo o fuste conforme o projeto, em seguida, alarga-se a base, retira a terra, introduz a armadura e por fim, utilizando uma tremonha, é feito a concretagem.

No sistema de escavação manual, a terra é retirada de balde em balde, já nos sistemas mecanizados, assim que o uso da broca de perfuração é iniciado, a mesma escava e já remove a terra, não necessitando de baldes em trabalhos braçais.

Para proteger as encostas perfuradas e evitar desmoronamento, são utilizados anéis de concreto ou metal. Em ambientes sem a presença de água, a base da sapata precisa estar apoiada em horizontes de solos resistentes e quando utilizado escavação manual é necessário a adoção de rigorosos procedimentos de segurança.

Vantagens x Desvantagens os tubulões

Vantagens:

- Permite analisar e inspecionar o solo durante a obra
- Custo x benefício favorável de mobilização e desmobilização dos equipamentos
- Baixa vibração e ruído ao longo da escavação
- Possibilidade de alteração das dimensões case seja necessário
- A escavação pode transpor diversos tipos de materiais

Desvantagens:

- Alto risco de desprendimento de terras da parede do fuste
- Risco de envenenamento do ar, afetando diretamente o profissional dentro do tubulão
- Necessário maior rigor nas verificações de pressão
- Existe limitações para o dimensionamento devido ao tipo de solo e a presença de água subterrânea, que devem ser previstos ainda na etapa de projeto.

1670

Execução a ar comprimido

Neste caso, são inseridos anéis metálicos ou de concreto na escavação até que atinja o lençol freático, em seguida é colocado uma campânula, na qual é encontrada uma abertura para derramar o concreto, uma saída para retirada de terra, ao aplicar pressão dentro do fuste a água é eliminada, quando atinge a profundidade prevista é feito encapsulamento da base até o fuste e em seguida, realiza-se a concretagem de toda fundação.

A mecanização do processo

Tomando como partida que uma das características mais marcante na execução dos tubulões é a etapa manual, atualmente existem equipamentos que tornam as perfurações menos trabalhosas. Perfuratrizes versáteis, brocas de diferentes medidas que funcionam inclusive como alargador de base e reduz a necessidade de decida de um operário, aumentando a segurança e minimizando os riscos a vida do profissional. Esta brocha possui duas hastes que ficam dobradas, assim que a perfuratriz chega na profundidade requerida, é

iniciado o movimento de rotação que aos poucos a abertura das hastes é realizada até que seja alcançado as medidas de projeto. Ao término, retira-se a perfuratriz e um operador remove toda terra despendida da base.

Figura 1-Processo de escavação e alargamento de base do fuste



1671

Fonte: <https://www.persolo.com.br/2019/07/25/tubuloes-mecanizados-fuste-e-base>

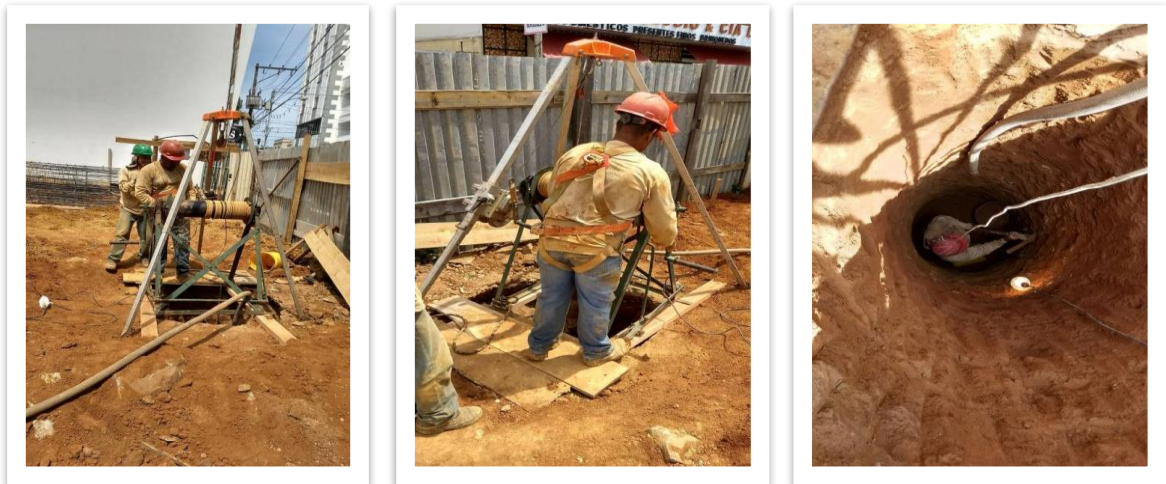
Conceito

De acordo com a norma técnica NBR 6122:2019, um tubulão é um tipo de fundação profunda cavada em que, durante a fase final da escavação, indivíduos descem para fazer o alargamento da base, realizar a limpeza no fundo da escavação removendo terras restantes e/ou pedriscos. Tudo zelando pela segurança uma vez que as cargas em tubulões são predominantemente transmitidas pela base.

Aplicando a norma, o nível do apoio deve ser certificado por profissional credenciado antes do despejo de concreto, o fuste deve respeitar pelo menos 70 centímetros de diâmetro e além do mais atender a NR 18, que implica na necessidade de laudo técnico para que possa seguir o diâmetro de 70 centímetros, não havendo o parecer, adota-se 80 centímetros.

Ao referir-se a base, a medida da altura não deve ser superior a 1,80 metro, via de regra, para tubulões a ar comprimido e garantia de estabilidade, é permitida um comprimento perpendicular máximo de 3 metros.

Figura 2 – Execução de tubulão a céu aberto de forma manual com alargamento de base



Fonte: <https://engenharia-construcao.cotanet.com.br/tubuloes-a-ceu-aberto/escavacao-de-tubulao-a-ceu-aberto>

Se atendo a fisiologia da base, se faz preciso considerar 20 centímetros para o rodapé e uma inclinação base x topo menor que 60 graus, seu alargamento feito em seções circulares ou elipse, quando próximas das divisas de terrenos, e não alargar as bases concomitantes situadas a menos de 2,5 vezes o diâmetro da maior base.

Após o alargamento, uma inspeção técnica precisa ser feita para garantir que o piso do tubulão esteja em conformidade com as normas e com o projeto, após realiza-se a limpeza do fundo, em seguida é feito uma avaliação para então ser autorizada ou não a concretagem. Essa ação precisa ser realizada utilizando uma tremonha, um tipo de funil, com pelo menos 1,5 metro de comprimento, uma vez que não é utilizado vibradores para retirada do ar, o traço do concreto precisa ser fluido o bastante para cobrir todo o espaço sem que formem bolha de ar.

Levemente diferente, mas com um grau de periculosidade consideravelmente maior, o tubulão a ar comprimido é utilizado bastante em fundações de pontes e viadutos dos quais há presença de água no solo e é necessário que essa ela não esteja presente, sempre executado com uma blindagem de concreto ou metal que podem ou não ser recuperado após o

lançamento do concreto. Por ter seu fuste encamisado, eles são armados ao longo de toda a profundidade do poço.

Vale salientar que:

- O profissional precisar estar apto a realizar trabalhos dentro de tubulões a ar comprimido
- A pressão interna não deve ser maior que 0,15 MPa.
 - Acima é necessário ter equipe médica à disposição para socorro.
 - Câmara de descompressão
 - Equipamentos de ar reservas tais como compressores
 - Garantia de renovação de ar no interior para a realização do trabalho

Processo executivo

Com o poço primário feito e a camisa utilizada for de concreto, faz-se necessário um diâmetro maior para que a estrutura valha de apoio aos moldes, ou que sirva de esteio. Utilizando encamisamento metálico, ao realizar escavação mecânica ou manual, e o preenchimento das camisas conforme planejado em projeto, respeitando o tempo de hidratação do concreto, mantendo os processos de escavar e encher as camisas, repetindo até atingir o solo saturado.

Após atingir o nível hídrico, é feito a instalação no topo da camisa de uma campânula de ar comprimido, possibilitando assim a execução das atividades em condições secas dentro da abertura. Nesse momento, as escavações são realizadas em seções com altura de 1,5 metro.

A sequência de escavação, concretagem e novamente escavação é repetida até que a medida planejada seja atingida, quando então se procede a expansão da base. Em seguida, um profissional capacitado é responsável por descer o fundo e realizar uma inspeção.

Similaridade ao modelo a “céu aberto”, concluída a inspeção, o concreto é adicionado na camisa através do tudo de concretagem, até que o preenchimento do tubulão esteja completo.

Acidentes e Riscos, todo cuidado é pouco

Como em qualquer atividade, ninguém está isento de sofrer algum acidente ou ter sua vida posta em risco, ao se trabalhar em fundações com elevadas profundidades muitos cuidados devem ser tomados. Dentre os riscos que podem ser fatais, existe a possibilidade do desprendimento de terra das laterais do fuste sobre o operário, a baixa oxigenação que pode ocasionar embolia no trabalhador.

Credenciamento e treinamento

Tempos passados, apenas engenheiros poderiam assumir a responsabilidade pela execução das fundações citadas neste artigo, atualmente no mercado têm profissionais capacitados a executarem sem que possuam títulos de engenheiro.

Desenvolvimento do processo representado em maquete

Para a confecção da maquete, optou-se por utilizar um caixote de madeira com um visor de vidro em um dos lados, operários impressos em 3d e barracão de obras com palitos de picolé a fim de ilustrar os passos de escavação do tubulão desde a abertura do fuste, alargamento da base e concretagem.

Figura 3-Caixote base da maquete



Fonte: Produzido pelos autores. (2023)

Figura 4-Preparo das áreas de representação do tubulão já com a base alargada



Fonte: Produzido pelos autores. (2023)

Esta maquete se baseia na escavação manual a céu aberto sem utilização de brocas, tal metodologia era aplicada antes da modernização do processo e ainda encontrada na atualizada em uma escala menor.

1675

Separados em seis fases, o processo começa com a limpeza e marcação de onde serão feitas as perfurações.

Figura 5-Vista ilustrando a escavação, o alargamento da base e o preenchimento com concreto



Fonte: Produzido pelos autores. (2023)

Em seguida, começam as escavações do fuste até a profundidade de projeto e sempre garantindo que não haja desprendimento de terras das paredes do tubo.

Passado este momento, é necessário que a base do fuste seja alargada, vistoriada ao término e preparada para a próxima etapa onde serão tratadas a inserção da armadura e a concretagem.

Figura 06-Representação em tamanho reduzido do canteiro de obras onde adotou-se a execução de fundação profunda.



Fonte: Produzido pelos autores. (2023)

Após a cura do concreto, a construtora poderá iniciar os trabalhos acima da superfície dos tubulões.

CONCLUSÃO

Como foi mostrado, os tubulões atendem com maestria a função de transferências de cargas para o solo de forma que o processo atualmente tornou-se mais rápido e seguro com o avanço das brocas de perfuração. Embora ainda existam operários que escavem e alargue a base dos tubulões utilizando ferramentas manuais a quantidade desses trabalhadores reduziu consideravelmente.

Foi construída a maquete segundo a norma NBR 6122:2019 evidenciando as etapas de construção para orientação das pessoas que tem interesse neste tipo de assunto passo a passo conforme a norma supracitada.

Os objetivos específicos é o emprego deste material nas aulas de fundação. A partir deste momento, as próximas turmas terá acesso a este material tendo em vista que o mesmo será doado para a instituição para compor o material didático disponibilizado aos alunos e professores afim de facilitar o entendimento do processo em uma visão próxima do que seria em um canteiro de obras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

VANEZA Magalhães - 04/06/2021, <https://carluc.com.br/fundacao/tubulao> acesso em 27 de março de 2023

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. Brasil: LTC, v. 2, 1973.

VARGAS, Milton. **Introdução a mecânica dos solos**. Brasil: McGRAW-Hill do Brasil, 1977.

PFEIL, Walter. **Pontes em concreto armado**. 2. ed. Brasil: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1980.

TSCHEBOTARIOFF, Gregory P.. **Fundações, estruturas de arrimo e obras de terra: A arte de projetar e construir e suas bases científicas na mecânica dos solos**. Tradução: Eda Freitas de Quadros. Brasil: McGRAW - HILL do Brasil, 1978.